

# MÜHENDİSLİK VE TEKNOLOJİ YÖNETİMİ ZİRVESİ

“AKILLI ÇAĞDA MÜHENDİSLİK VE TEKNOLOJİ YÖNETİMİ”

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ve BAĞÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

<http://etms2018.itu.edu.tr/>

## 4-5 EKİM 2018



# BİLDİRİLER KİTABI



### EDİTÖRLER

Ferhan ÇEBİ

F. Tunç BOZBURA

Sıtkı GÖZLÜ

### YAYIN EDİTÖRÜ

Hür Bersam BOLAT



**MÜHENDİSLİK VE TEKNOLOJİ YÖNETİMİ ZİRVESİ  
2018**

**BİLDİRİ KİTABI**

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
&  
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**04-05 EKİM 2018  
İSTANBUL**

**ISBN: 978-975-561-497-7**

## ÖNSÖZ

MÜHENDİSLİK VE TEKNOLOJİ YÖNETİMİ ZİRVESİ bu yıl ilk defa alanda çalışan değerli hocamız Prof. Dr. Sıtkı Gözlü'nün önerisi ve öncülüğünde **04-05 Ekim 2018** tarihleri arasında İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) İşletme Fakültesine Bahçeşehir Üniversitesi (BAÜ) Doğa ve Mühendislik Bilimleri Fakültesi tarafından İTÜ Maçka Kampüsü ve BAÜ Beşiktaş Kampüsünde düzenlenmiştir.

Mühendislik uygulamalarında ve teknoloji kullanımında ortaya çıkan işletmecilik sorunlarının giderilmesi için çözümler sunma gereksinimiyle ortaya çıkan **Mühendislik Ve Teknoloji Yönetimi** yirminci yüzyılın ortalarından itibaren sanayileşmenin gelişmesi ve hizmetler sektöründe teknoloji kullanımının artması sonucunda tüm dünyada yaygınlaşmıştır. Bu konudaki ilk eğitim faaliyeti yirminci yüzyılın başlarında A.B.D’de başlayan Mühendislik ve Teknoloji yönetimi günümüzde lisans, yüksek lisans ve doktora düzeyinde programlarla yürütülen bir alan haline gelmiştir. İçinde bulunduğumuz çağda mühendislik ve teknoloji alanında yaşanan hızlı değişimler ve gelişmeler dikkate alındığında mühendislik sistemleri ile işletmecilik sistemlerinin entegrasyonunu sağlamayı amaçlayan bu alanın da mevcut ve gelecekteki durumunu analiz etmek, tartışmak için gerekli ortamların oluşturulması, artırılması ve çeşitlendirilmesi gereksinimi de öne çıkmıştır. **Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Zirvesi (ETMS2018)** bu tür bir gereksinimden yola çıkılarak oluşturulmuş, alanın mevcut durumunu belirleyerek gelecekteki yönüne ve gelişmesine ışık tutmak amacıyla bu alanda çalışmalar yapan akademisyenleri, meslek uzmanlarını ve öğrencileri bir araya getirmeyi amaçlamıştır.

*Değişim kaçınılmazsa onu iyi yönlendirecek şekilde anlamak ve yönetmek gerekir* anlayışından yola çıkarak günümüzde iş dünyasından akademik dünyaya ve sosyal yaşama kadar her alanda etkisini gösteren dijitalleşme sürecinde önemli ve kritik bir yeri olan mühendislik ve teknoloji yönetimine ilişkin gelişmeleri tartışmak üzere Zirvenin 2018 yılı teması **“AKILLI ÇAĞDA MÜHENDİSLİK VE TEKNOLOJİ YÖNETİMİ”** olarak belirlenmiştir.

Bu zirve kapsamında mühendislik ve teknoloji yönetimi alanında çalışan akademisyen, öğrenci ve uygulayıcıların araştırmalarını ve deneyimlerini paylaştığı çeşitli oturumlar, paneller ve özel konuşmalara yer verilmektedir. Bu zirve ile Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi alanında günümüzde yaşanan değişimleri akademik ve iş dünyası perspektifinden verecek, gereksinimlerini hakkında görüş alışverişinde bulunma olanağını sağlayacak, meslek uzmanları ve bilim insanları ile bilgi paylaşma ve işbirlikleri geliştirme fırsatları yaratacak bir ortam oluşturmak amaçlanmaktadır.

Bu amacın gerçekleşmesinde şüphesiz ki pek çok emek, çaba ve destek gerekti. Katılımcılara akademik gelişim, profesyonellerle tanışma ve görüş alışverişinde bulunma, bilgi paylaşma ve işbirlikleri geliştirme fırsatları yaratan zirvemizin yapılmasına destek veren ve katkıda bulunan İstanbul Teknik Üniversitesi Rektörü Sayın Prof. Dr. Mehmet Karaca ve Bahçeşehir Üniversitesi Rektörü Sayın Prof. Dr. Şenay Yalçın başta olmak üzere zirvemize katkıda bulunan herkese teşekkür ederiz. Özellikle, bu zirvenin Onursal Başkanı ve fikir önderi olan Prof. Dr. Sıtkı Gözlü'ye önderliği için minnettarlığımızı ifade etmek isteriz. Sektördeki uzun yılların birikimini, bilgi, deneyim ve tecrübelerini açılış konuşmaları özel konuşmalar, paneller yardımıyla bizlerle paylaşan uzmanlarımıza, akademisyenlerimize, bildirimlerini göndererek araştırmalarını ve çalışmalarını paylaşan değerli öğretim üyeleri, araştırma görevlileri ve öğrenci arkadaşlarımıza, çalışmaların planlı bir süreç içerisinde değerlendirilmesine katkıda bulunan bilimsel kurul üyelerine ve tüm organizasyon komitesi üyelerine, bildirim hakemlik sürecine katılan tüm akademisyenlere, endüstriyel ve akademik alandaki deneyimlerini bizlerle paylaşan tüm yetkililere ve gönüllü olarak görev alan tüm öğrenci arkadaşlarımıza teşekkür ederiz. Ayrıca, her aşamasında olduğu gibi zirvede sunulan bildirimleri bir arada toplayan bu bildirim kitabının

hazırlanmasındaki katkılarından dolayı sevgili araştırma görevlilerimiz Tuğçe Beldek, Elif İdemem ve Aziz Kemal Konyalıoğlu'na da teşekkür ederiz.

Akıllı çağdaki gelişimlere hem akademik hem de sektörel anlamda yakinen tanıklık ettiğimiz bugünlerde; kamuya, üniversitelere ve firmalara farklı bakış açıları kazandırabilme ve stratejik öngörüler elde edilmesine destek olabilme arzusuyla hepinize güzel bir zirve deneyimi yaşamamanızı dileriz.

Saygılarımızla,

Prof. Dr. Ferhan Çebi

İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Faik Tunç Bozbura

Bahçeşehir Üniversitesi

## **ONURSAL BAŞKAN'DAN...**

Mühendislik Ve Teknoloji Yönetimi Zirvesi Türkiye’de ilk defa gerçekleştirilmektedir. İstanbul Teknik Üniversitesi İşletme Fakültesi ve Bahçeşehir Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi’ne mensup olup bu alanda çalışan öğretim üyeleri bir araya gelerek örnek bir takım çalışması ortaya koymuşlar ve yarattıkları sinerji ile bu etkinliği yaratmışlardır.

Mühendislik Ve Teknoloji Yönetimi alanında ilk eğitim programı 20. Yüzyılın başlarında A.B.D.’nde Massachusetts Institute of Technology isimli yükseköğrenim kurumunda hayata geçmiştir. Sonraki yıllarda A.B.D.’nde ve diğer birçok ülkede yaygınlaşmıştır. Türkiye’de ilk defa 1977 yılında İ.T.Ü.’nde lisans programı olarak başlamıştır. Lisans, yüksek lisans ve doktora programı olarak gerek dünyada ve gerekse Türkiye’de çeşitli üniversiteler tarafından yürütülmektedir.

Üretim yapabilmek için mühendisler teknoloji kullanırlar. Mal ve hizmet üretiminde teknoloji kullanırken fayda yaratırlar ve aynı zamanda maliyetlere yol açarlar. Mühendislikte başarı, maksimum fayda elde ederken minimum maliyetlere yol açmaktır. Kendi meslek alanındaki teknik bilgilerine ilaveten işletmecilik bilgileriyle donanımlı mühendisler bu türden sorunların üstesinden gelebilmektedirler.

Bilimsel gelişmeler teknolojik gelişmelere yol açmaktadır. Bunun sonucunda emek, sermaye ile ikame edilmektedir. Bir başka ifade ile makine ve teçhizat, insan gücünün yerini almaktadır. Birinci Sanayi Devriminin buhar makinesinden, İkinci Sanayi Devriminin elektrik ve içten yanmalı motorlarına ve nihayet Üçüncü Sanayi Devriminin bilgisayarlarına kadar son üç yüzyıl içinde çok önemli gelişmeler yaşanmıştır. Yakın gelecekte bugüne kadar insanlık âleminin gördüğü ve yaşadığı gelişmelerden çok daha önemli olanlarına tanık olunması beklenmektedir.

Endüstri 4.0, Akıllı Çağ, Dijital Dönüşüm ve Toplum 5.0 olarak isimlendirilen bu yeni çağ; yapay zeka, akıllı robotlar, nesnelerin interneti, büyük veri analizi gibi unsurlar ile tanımlanmaktadır. Buluşların hayata geçirilerek inovasyon haline gelebilmesi, yeni teknolojilerin rasyonel olarak uygulanması ile mümkün olabilir. Bunun için mühendislik uygulamalarında ve teknolojinin üretiminden, transferine, uygulanmasına ve özümsemesine kadar tüm faaliyetlerde İktisat ve İşletmecilik Bilimlerinin esaslarına uyum sağlanması temel koşuldur. Mühendislik Ve Teknoloji Yönetimi bu hedeflerin sağlanmasında kritik ve stratejik bir öneme sahiptir.

Düzenlenen bu Zirve’de “Akıllı Çağda Mühendislik Ve Teknoloji Yönetiminin Rolü” teması ele alınmaktadır. A.B.D.’den davet edilen konuşmacılar yanında Türkiye’den de değerli uzmanların konuşmaları, paneller ve akademik dünyadan sunulan bildiriler ile konu bütün yönleriyle ele alınmaktadır.

Bu Zirve’nin gerçekleştirilmesi için destek olan İTÜ ve Bahçeşehir Üniversitesinin sayın yöneticilerine, öncelikle Zirve’nin eş başkanları Prof. Dr. Ferhan Çebi ve Prof. Dr. Tunç F. Bozbura olmak üzere emeği geçen Düzenleme Kurulu üyelerine ve bildirimleri değerlendiren Bilim Kurulu üyelerine teşekkürü bir borç bilirim.

Umarım ki Mühendislik Ve Teknoloji Yönetimi Zirvesi 2018 yılı toplantısı “Akıllı Çağda Mühendislik Ve Teknoloji Yönetiminin Rolü” nün anlaşılmasında önemli katkılar yapar ve bundan sonra yapılacak zirvelerin başlangıcı olur.

Prof. Dr. Sıtkı Gözlü  
Mühendislik Ve Teknoloji Yönetimi Zirvesi 2018 Onursal Başkanı

## Toplantı Onursal Başkanı

Prof. Dr. Sıtkı GÖZLÜ

İstanbul Teknik Üniversitesi &  
Bahçeşehir Üniversitesi

## Toplantı Eş Başkanları

Prof. Dr. Ferhan ÇEBİ

Prof. Dr. F. Tunç BOZBURA

İstanbul Teknik Üniversitesi  
Bahçeşehir Üniversitesi

## Düzenleme Kurulu

Ahmet BEŞKESE

Tuğçe BELDEK

Bersam BOLAT

F. Tunç BOZBURA

Alper CAMCI

Ethem ÇANAKOĞLU

Ferhan ÇEBİ

Dilay ÇELEBİ

Adnan ÇORUM

Yaman Ömer ERZURUMLU

Sıtkı GÖZLÜ

Elif İDEMEN

Aziz Kemal KONYALIOĞLU

Çağrı SİVRİ

Gül T. TEMUR

K. Selçuk TUZCUOĞLU

Nihan YILDIRIM

Didem YILDIZ

Bahçeşehir Üniversitesi

İstanbul Teknik Üniversitesi

İstanbul Teknik Üniversitesi

Bahçeşehir Üniversitesi

Bahçeşehir Üniversitesi

Bahçeşehir Üniversitesi

İstanbul Teknik Üniversitesi

İstanbul Teknik Üniversitesi

Bahçeşehir Üniversitesi

Bahçeşehir Üniversitesi

İstanbul Teknik Üniversitesi &

Bahçeşehir Üniversitesi

İstanbul Teknik Üniversitesi

İstanbul Teknik Üniversitesi

Bahçeşehir Üniversitesi

Bahçeşehir Üniversitesi

Bahçeşehir Üniversitesi

İstanbul Teknik Üniversitesi

Bahçeşehir Üniversitesi

## Bilim Kurulu

Hatice CAMGÖZ-AKDAĞ

Hacer ANSAL

İlker Murat AR

Birdoğan BAKİ

Alp BARAY

Nuri BAŞOĞLU

Erkan BAYRAKTAR

Ahmet BEŞKESE

Berna BEYHAN

Bersam BOLAT

Gülin Idil S. Bolatan

F. Tunç BOZBURA

Alper CAMCI

Fethi ÇALIŞIR

Ferhan ÇEBİ

Ethem ÇANAKOĞLU

İstanbul Teknik Üniversitesi

Işık Üniversitesi

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Karadeniz Teknik Üniversitesi

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

İzmir İleri teknoloji Enstitüsü

The American University of the Middle East

Bahçeşehir Üniversitesi

Sabancı Üniversitesi

İstanbul Teknik Üniversitesi

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi

Bahçeşehir Üniversitesi

Bahçeşehir Üniversitesi

İstanbul Teknik Üniversitesi

İstanbul Teknik Üniversitesi

Bahçeşehir Üniversitesi

Dilay ÇELEBİ	İstanbul Teknik Üniversitesi
Dilek ÇETİNDAMAR	Sabancı Üniversitesi & University of Technology Sydney
Adnan ÇORUM	Bahçeşehir Üniversitesi
Tugrul DAİM	Portland State University
Şakir ESNAF	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Alptekin ERKOLLAR	Sakarya Üniversitesi
Yaman Ömer ERZURUMLU	Bahçeşehir Üniversitesi
Sinan ERZURUMLU	Babson College
Sıtkı GÖZLÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi & Bahçeşehir Üniversitesi
Dilek ÖZDEMİR GÜNGÖR	İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi
Seung HUN HAN	KAIST
Okşan İMAMOĞLU	Beykoz Üniversitesi
Roya JAVADPOUR	Cal Poly University
Arzu KARAMAN	Yıldız Teknik Üniversitesi
Elif KARAOSMANOĞLU	İstanbul Teknik Üniversitesi
Gülgün KAYAKUTLU	İstanbul Teknik Üniversitesi
Dündar KOCAOĞLU	Portland State University
Tufan Vehbi KOÇ	İstanbul Teknik Üniversitesi
Timothy KOTNOUR	University of Central Florida
Yıldırım OMURTAG	Robert Morris University
Lerzan ÖZKALE	İstanbul Teknik Üniversitesi
Seçkin POLAT	İstanbul Teknik Üniversitesi
Çağlar SİVRİ	Bahçeşehir Üniversitesi
Mahmut TEKİN	Selçuk Üniversitesi
Berna TEKTAŞ SİVRİKAYA	İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi
Gül T. TEMUR	Bahçeşehir Üniversitesi
Murat TİRYAKİOĞLU	University of North Florida
Ayhan TORAMAN	İstanbul Teknik Üniversitesi
K. Selçuk TUZCUOĞLU	Bahçeşehir Üniversitesi
Alp ÜSTÜNDAĞ	İstanbul Teknik Üniversitesi
Özalp VAYVAY	Marmara Üniversitesi
John WANG	Montclair State University
Weishen WANG	College of Charleston
Nihan YILDIRIM	İstanbul Teknik Üniversitesi
Didem YILDIZ	Bahçeşehir Üniversitesi



# İÇİNDEKİLER

## **Tam Metinler**

<b>Çalışma Adı</b>	<b>Sayfa No</b>
CMMI ile Yazılım Süreçlerinin İyileştirilmesi ve Yazılım Şirketlerini CMMI 3. Seviyede Değerlendirilmesi Uygulaması	12
<b>Alparslan Mollaoğlu, S. A., Sönmeztürk Bolatan, G. İ.</b> Teknoloji Evriminin Ürün İnovasyonu Üzerindeki Etkileri	22
<b>Bodur, G., Yavuzcan, H. G.</b> Evaluation of Stores' Performances via Fuzzy AHP and Grey Relational Analysis Integrated Balance Scorecard Method in the Retail Sector	30
<b>Büyüksaatçi Kiriş, S., Özcan, T.</b> Türkiye'de Hazır Giyim ve Konfeksiyon Sektörü için Endüstri 4.0 Dönüşümü	41
<b>Camcı, A., Temur, G. T., Beşkese, A., Çorum, A., Sivri, Ç., Cevahiroğlu, H.</b> Management of Cost and Value Losses Due to Oven Restriction When Testing Prototypes in Ceramic Plants	47
<b>Camgöz-Akdağ, H., Tabak, E., Sönmezışık, B., Konyalıoğlu, A. K., Beldek, T.</b> B2B Elektronik Ticarete E-Tedarik Sisteminde Satın Alma Davranışının Teknoloji Kabul Modeli ile İncelenmesi: Anket Çalışması	56
<b>Cem, E., Yüregir, O. H.</b> The Effect of Product Portfolio on Purchase Intention in E-Commerce Web Sites	64
<b>Civelek, M. E., Ertemel, A. V.</b> Effects of Decision Levels for Management of the Operating Theatre Scheduling Problem	71
<b>Çalış Uslu, B., Perera, T.</b> Optimal Control of Agents in an Autonomous Mobility-on-Demand (AMoD) System	83
<b>Çelebi, D., Evcı, D.</b> Pisagor Bulanık Akıllı Çok Ölçütlü Yasal Takip Avukatlık Ofisi Performans Değerlendirme Modeli	88
<b>Çevik Onar, S., Öztürk, E., Öztayşi, B., Yüksel, M., Kahraman, C.</b> Sürdürülebilirlik ve Yazılım Performansı İlişkisinin Analizi	98
<b>Çırak, K., Bolat, H. B.</b> Bileşik Makine Öğrenme Algoritmaları ile Öğrenci Takım Çalışmaları Başarısının Tahminlenmesi ve Değerlendirilmesi	109
<b>Erdoğan, Z., Akalın, H., Bozoklar, E.</b> Kamu Sektöründe Bütünleşik Proje Yönetimi Uygulamalarının İncelemesi	119
<b>Erduran, M. A., Bulu, G., Orhan, B. F.</b> Design for Logistics	129
<b>Güleş, H. K., Çağlıyan, V., Paralı, A., Gelmez, E.</b> Depo İçerisinde Sipariş Temelli Toplamada Durma Noktalarının Belirlenmesi için Matematiksel Model Önerisi	141
<b>İmre, Ş., Kaya, A., Yorulmuş, H., Çelebi, D.</b> Technological Forecasting in Mobile Telecommunication Industry: A Literature Review	149
<b>Kalem, G., Vayvay, Ö., Sennaroglu, B., Tozan, H.</b> Structural Analysis for Industry 4.0 Adoption Challenges	157
<b>Karadayi Usta, S.</b> Evaluation of Operational Performance: Experiences of Turkish Manufacturing Companies	167
<b>Karaman Akgul, A., Gozlu, S.</b> The Importance of Introducing Set-Up Time Reduction to Industry 4.0	180
<b>Kucuk, E., Aldemir, G.</b>	

Reflections of the Industry 4.0 on the Logistics Industry: Scenario Analyses and the Strategic Importance of Human Capital	185
<b>Kucukaltan, B., Saatcioglu, O. Y., Tuna, O.</b>	
Nurse Scheduling Problem With Random Number of Inmates	192
<b>Onan, K., Çekin, A. K., Çetin, E. B., Yıldız, B., Karataş, M., Özman, Ş.</b>	
Dengeli-Dengesiz Veri Seti Dağılımının Aşırı Öğrenme Makinesi Yöntemi Performansına Etkisi	201
<b>Önay Koçoğlu, F., Özcan, T.</b>	
Evaluation of Social Sustainability in Industry 4.0	210
<b>Özkan-Özen, Y. D., Kazançoğlu, Y.</b>	
Integrated Approach for Selecting of Electricity Generation Sources for an Electric Company	221
<b>Öztürk, M. C., Aydoğan, F., Aldemir, G., Çebi, F.</b>	
The Content Analysis for Discussion of Industry 4.0 Studies	230
<b>Sarı, E. B., Yüksel, H.</b>	
Yüksek Doğruluklu Zaman Farkı Tahmini	239
<b>Songül, G., Büyüksahin, U.</b>	
Modelling the Relationship Between Strategic Planning and the Success of Total Quality Management	248
<b>Sonmezturk Bolatan, G. I., Karaman Akgul, A.</b>	
Teknoloji Transfer Performansının Toplam Kalite Yönetim Ölçütlerine Etkisi	262
<b>Sönmeztürk, G. İ., Gözlü, S., İmamoğlu, O.</b>	
Industry 4.0: Literature Review and Thematic Analysis	272
<b>Şimşek Demirbağ, K., Yıldırım, N.</b>	
Analysis of Adaptation and Attitudes of Healthcare Industry Professionals in Various Healthcare Organizations Towards the Process of Innovation	282
<b>Tamer, G.</b>	
Turkish Automotive Industry and Preparation for Industry 4.0	293
<b>Tekin, A. T., Ayhan, G., Özkale, L.</b>	
Değer Akışı Haritalamasının Büyük Ölçekli Bir İşletmede Uygulanması	300
<b>Tekin, M., Arslandere, M., Etlilioğlu, M., Koyuncuoğlu, Ö., Tekin, E.</b>	
Kaizen Ve Bireysel Öneri Sistemi	312
<b>Tekin, M., Arslandere, M., Etlilioğlu, M., Koyuncuoğlu, Ö., Tekin, E.</b>	
İşletmelerin E-Ticarete Yönelik Algı ve Beklentileri: Kahramanmaraş İli Örneği	322
<b>Tekin, M., İnce, H., Etlilioğlu, M., Koyuncuoğlu, Ö., Tekin, E.</b>	
Sosyal Medyanın Blockchain Tabanlı Dönüşümü ve Alternatif Sosyal Medya Araçları	332
<b>Tuzcuoğlu, K. S., Sarı, S. E.</b>	
Rekabet Senaryoları Geliştirme: Bulaşık Makinesi Sektörü Örneği	341
<b>Ünlü, B., Polat, S., Asan, U.</b>	
A Study of Swedish Eyewear Retailer's Smartphone-Based Augmented Reality Application	350
<b>Wakim, R. S., Al Sebai, L. D., Miladinovic, M., Ozturkcan, S.</b>	
How Will Industry 4.0 Technologies Transform Lean Manufacturing?	356
<b>Yüksel, H.</b>	

**Özet Metinler**

**Çalışma Adı**

**Sayfa No**

Developing a Theoretical Relational EV Diffusion Model: Lessons Learned and Implications for Sustainable Mobility After Dieselgate Scandal

362

**Turan, F. K.**

## **TAM METİNLER**

## CMMI İLE YAZILIM SÜREÇLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ VE YAZILIM ŞİRKETLERİNİ CMMI 3. SEVİYEDE DEĞERLENDİRİLMESİ UYGULAMASI

S. Ayça Alparslan Mollaoğlu  
Türkiye Bilimsel ve Teknolojik  
Araştırma Kurumu

Gülin İdil Sönmeztürk Bolatan  
Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi

### ÖZET

Globalleşen dünya ve gelişen teknolojiyle bilgiye erişim hızlanmıştır. Hızla elde edilen her değer de hızla tükenmeye mahkûm duruma gelmiştir. Bu kısır döngüde büyük şirketlerden bireysel kullanıcılara kadar tüm tüketiciler satın aldıkları ürünlerden daha fazla fayda sağlama beklentisine girmiştir. Çoğu sektörde olduğu gibi yazılım sektöründe de artan müşteri beklentileriyle daha kapsamlı ve büyük yazılımların geliştirilmesi durumu ortaya çıkmış, bu büyüme 20. yüzyılın son çeyreğinde yazılım krizi boyutuna varacak biçimde kalite sorununu doğurmuştur. Olumsuz koşullara direnç kazanmak ve avantaj elde etmek adına kalite kavramı yazılım sektöründe de önem kazanmıştır. Yazılımda kalite sertifikasyon süreci çalışmalarıyla yüksek verimde ve beklenen kalitede yazılım geliştirilerek değeri yüksek ürün üretimi sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu çalışmada yazılım; kalite ve süreç bakış açısıyla incelenmiş, yazılım sektöründe faaliyet gösteren firmalara kalite odaklı ürün geliştirmede yardımcı olacak yöntemlerden CMMI (Capability Maturity Model Integration) yetenek olgunluk modeli detaylı olarak anlatılmış, CMMI 3. olgunluk seviyesinde yetkinliği ölçecek bir envanter hazırlanmış ve sektörde faaliyet gösteren firmalara uygulanarak geçerliliği sınanmıştır.

**Keywords:** *CMMI, yazılımda kalite, yazılımda süreç iyileştirme*

### ABSTRACT

Access to information is accelerated by the globalizing world and developing technology. Everything that is quickly achieved is also condemned to extinction. In this vicious circle all consumers, from big companies to individual users, have begun to expect to benefit more from the products they buy. As in most sectors, the software industry has seen the development of more comprehensive and larger software with increased customer expectations, which led to a quality problem in the last quarter of the 20th century as it reached the software crisis. The concept of quality has gained importance in the software sector in order to gain resistance and gain advantages in adverse conditions. Through software quality certification process studies, high product and high quality software is developed and high value production is tried to be provided. In this study, software was examined via quality and process approach and CMMI skill maturity model was explained in detail from the methods that helped to develop the quality oriented product to firms. In addition a survey about CMMI 3. Maturity level was developed and validity of survey was tested by applying the firms operating in the sector.

**Keywords:** *CMMI, quality in software, process improvement in software*

## 1. GİRİŞ

Günümüz artan rekabet koşullarında çoğu sektörde olduğu gibi yazılım sektöründe de firmalar; rakiplerine karşı avantaj yaratabilmek, hata oranını asgari düzeyde tutarak planlanan bütçede üretim yapıp daha fazla müşteri kitlesine hitap etmek ve müşteri sadakatini üst seviyede tutabilmek adına sadece ürün üretmek yerine kaliteli ürün üretme ihtiyacı duymaktadırlar. Hatta ürün özellikleri çok mesnetli bir sac gibi düşünülürse; zaman, maliyet gibi nicel unsurlar arasında kalite nitel olmasına rağmen ürünün diğer özelliklerine eşdeğer hatta rekabet şartlarında fark yaratacak şekilde dengeyi sağlayan denge unsuru konumuna gelmiştir. Bu sebeple teknoloji firmaları da yazılımda kalite, süreç yönetimi kavramlarına önem vererek kaliteli yazılım geliştirme çabasına girmişlerdir. Ayrıca her ne kadar firmalar için istenmeyen bir durum dahi olsa yazılım sektörü iş gören devir oranının yüksek olduğu sektörlerden biri durumundadır. İnsan ömrüyle veya çalışma süresiyle sınırlı olmayan ürün yaşam döngüsü de insandan bağımsız olmak durumundadır. Yazılımda kalite ve süreç yönetimi bu duruma da çözüm sunabilecek önemli proje yönetim alanlarıdır.

### 1.1. Kalite Kavramı

Kalite geçmişten günümüze farklı şekillerde tanımlanmıştır. Genel anlamda kabul görmüş kalite tanımlarının bir kısmı aşağıda sıralanmıştır:

- Kalite; en ekonomik ve en kullanışlı biçimde tüketiciyi sürekli tatmin eden kaliteli ürünü geliştirmek, tasarımı yapmak, üretmek, kalite kontrolü uygulamak ve satış sonrası hizmetleri vermektir (Ishikawa,1985).
- Kalite; ortaya çıkarılan ürünün gerekenleri yeterli ölçüde karşılamasıdır (Crosby, 1989).
- Kalite; amaca ve kullanıma uygunluktur (Juran, 1989).
- Kalite, kusursuzluk arayışına sistemli bir yaklaşımdır.(Peker,1996)

ISO Kalite sözlüğünde ise, "kalite; bir mal ya da hizmetin belirlenen veya olabilecek gereksinimleri karşılama yeteneğine dayanan özelliklerin toplamı" şeklinde tanımlanmaktadır. Burada ilerdeki gereksinimlerin doğru bir şekilde tahmin edilmesi ve bu doğrultuda tüketici ile dinamik bir iletişimin kurulması gerekecektir. Bu sebeple gerçek anlamda kaliteyi yakalayabilmek müşterilerin açıkça ifade etmedikleri ihtiyaçlarına da cevap verebilecek bir sistem oluşturulması ile mümkündür.

### 1.2. Yazılımda Kalite

Kalite kavramının üretim sektöründe, üretilmiş ürünün kontrol edilmesinden üretim aşamasına ve tasarımına doğru yöneldiği, hizmet sektörüne de birçok yönden dâhil olduğu görülmektedir. Bu halde bünyesinde ürün olma özelliği, süreç olma özelliği ve yaratım sürecinde aslında birbiriyle ilişkili disiplinleri (teknoloji yönetimi, proje yönetimi, süreç yönetimi, kalite yönetimi, insan kaynakları yönetimi vb.) kullanan yazılım sektöründe de kalite ihtiyacının olması aşikârdır (Ijaz vd.2016).

Yazılım kalite güvencesi, yapılan yazılımın ömrü boyunca tüm süreçlerde zaman, hizmet ya da ürünün tanımlanmış teknik kurallara ve gerekliliklere uyumlaştırılmasını güvenilir bir biçimde sağlamak için uygulanılması gereken planlı ve sistematik faaliyetlerin tümüdür. Yazılımda kalite güvencesinin sağlanmasına vurgu yapan çoğu yayında kalite tanımı yapılırken esas konu müşteri ihtiyaçları ile yazılımın sunduğu özellikler arasındaki uyum, kullanıma uygunluk şeklinde ele alınmıştır.

Ticari beklentisi olsun veya olmasın tüm sektörlerde olduğu gibi yazılım sektöründe de esas hedef maliyetleri<sup>1</sup> düşürerek en yüksek verimi sağlamaktır. Bu doğrultuda yazılım sektöründe yüksek kaliteli yazılım üretmek temel amaç olmuştur. Yazılımın kalitesini oluşturan bazı öncüller şu şekilde ifade edilebilir:

- Yazılımın hangi amaçla kullanılacağına göre açık bir şekilde tanımlanmış işlev ve başarımlar ihtiyacına uyum
- Kullanıcıların beklentilerine cevap verebilme
- Açık bir şekilde belgelendirilmiş yazılım geliştirme standartlarına uygun olma
- Olabilecek en üst düzeyde güvenlik sağlama
- Yapılan yazılımın gerekli teknik yeterliliklere sahip olması(performans, kapasite, doğruluk, bütünlük, test edilebilirlik, sorgulama yetenekleri, grafik yetenekleri vb.)
- Kodun anlaşılır, esnek ve tekrar kullanılabilir olması
- Yazılım teslim edildikten sonra gerekli desteğin sağlanması (Saridoğan 2011).

Verilen öncüllerden hareketle; ihtiyaçlar veya müşteri istekleri yazılımda kalitenin oluşturulmasında temeldir. Müşteri beklentilerinden yoksun salt standartlara yönelik hazırlanmış bir yazılım sadece teknik boyutta kalite sağlamakla kalacaktır bu da yazılımı işlevsellikten uzaklaştıracaktır. Aksi durum olduğu

<sup>1</sup> Burada maliyet, ticari beklenti olmaması durumunda dahi iş gücü ve zamanın maliyetidir.

zaman yani sadece müşteri beklentileri esas alınarak ve yazılım geliştirme standartlarını geri planda tutarak hazırlanmış bir yazılım da teknik boyutta kaliteden mahrum kalmış olacaktır. Yazılımın sahip olması gereken doğruluk, sağlamlık, modülerlik, anlaşılabilirlik, bakım kolaylığı gibi özelliklerin eksikliği, işlevsel olarak çok iyi olan bir yazılımın kalitesinin de eksikliği anlamına gelecektir (Yücalar 2006).

Bu özelliklerden performans ve kapasitenin birbiriyle çakışmaması önemli bir husustur. Tekrar kullanılabilirlik de diğer bir dikkat edilmesi gereken özelliktir. Burada kodun tekrardan kullanımı değil yazılımın tasarımının, test ortamının, dokümanların kısacası yazılımın tüm unsurlarının tekrardan kullanılabilmesi esastır. Yazılımın esnek olması özelliğini dikkate alarak üretilen yazılım ömrünü doldurduğunda başka bir ihtiyaca göre tekrardan düzenlenip işlevselleştirilebilir. Bir başka önemli nokta ise oldukça soyut olan ve ihtiyaçlara göre değişebilen müşteri tatmininin sağlanmasıdır. Bu gereksinimi gerçekçi bir biçimde çözümlenebilmek için müşteriye yazılım ve yazılımın kalitesi konularında açık bir şekilde bilgi verilmesi gerekmektedir.

### 1.3. Süreç ve Yazılım için Süreç Kavramı

Süreç genel bir ifade ile başı ve sonu önceden belirlenip aradaki işlemler net bir şekilde planlanmış işlemler dizisi şeklinde tanımlanabilir. Sürecin temel amacı yapılan iş için değişkenlikleri ve sapmaları azaltarak bir standart oluşturmak ve sürekli iyileştirmelere fırsat tanımaktır (İnce vd.,2013)

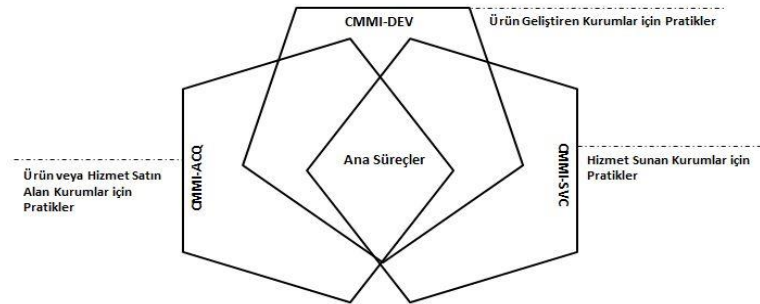
Yazılımın ve yazılım geliştirilmesi için gerekli tüm unsurların oluşturulması ve düzenlenmesi amacıyla gerçekleştirilen tüm uygulamaların, dönüşümlerin ve yöntemlerin meydana getirdiği kapsamlı faaliyet kümesini yazılım sektöründeki süreci tanımlamak için kullanabiliriz. Teknolojinin gelişmesi ile oldukça karmaşıklaşan yazılım ürünlerinde her ihtimalin denemesi veya bir işi birbirinden bağımsız çalışan kişilerin yapması gibi bir durum söz konusu değildir. Bu durumda yazılımın kalitesi oldukça büyük önem arz etmektedir. Yazılımda kaliteyi sağlamak için de bir standart oluşturarak değişkenliği azaltıp, her türlü iyileştirmeye fırsat verecek bir yazılım tasarım ve gerçekleştirme sürecine ihtiyaç vardır (Mapuring vd., 2009).

### 1.4. Yazılım Süreç İyileştirme Modelleri

#### 1.4.1. CMMI

“Capability Maturity Model Integration” kelimelerinin baş harflerinin kısaltmasından oluşan CMMI, Bütünleşik Yetenek Olgunluk Modeli anlamına gelmektedir. CMMI, kurumların süreçlerini iyileştirmek ve olgunlaştırmasına yardımcı olmak amacı ile en iyi uygulamaların bir araya getirildiği süreç modelidir. Bu model SEI(Software Engineering Institute), endüstri ve kamu kurumlarından oluşmuş katılımcılar tarafından geliştirilmiştir.

CMMI, kurumların geliştirdikleri ürünlerin ve verdiği hizmetlerin müşteri beklentilerini en iyi şekilde karşılaması amacı ile aktivitelere odaklanmaları için yol haritası sunar. CMMI bir süreç veya standard değildir, kurumların süreçlerinin olgunluk seviyesini belirleyen bir modeldir(CMMI Product Team, 2010). Bu model yıldız kümeleri adı verilen üç alana bölünmüştür. Bunlar;



Şekil 1. CMMI Takım Yıldızı(Reifer, 2007)

CMMI süreç modeli bir ürünün geliştirilmesinde veya hizmetin sunumunda tüm yaşam dönemi boyunca ihtiyaç duyulan süreçleri kapsayan 16 ana süreç, 1 ortak kullanılan süreç ve 5 ilgili yıldız kümesine özgü süreçlerden oluşmaktadır. Bu kapsamda yazılım geliştirmenin yapıldığı şirketler için CMMI-DEV(Capability Maturity Model Integration for Development) modeli toplam 22 süreç alanından oluşmaktadır. Kurumlar ve kurumların süreçleri SCAMPI(The Standard CMMI Appaisal Method for Process Improvement) adı verilen denetimlerde değerlendirilir ve bir olgunluk seviyesi tespit edilir (CMMI Product Team, 2010). Bu yöntemle göre üç çeşit sınıf mevcuttur. Bunlar; SCAMPI A, SCAMPI B, SCAMPI C şeklindedir ve alfabetik olarak değerlilikleri değişir. Yani C sınıfı bir denetim sadece iyileştirme planları üzerinden daha yüzeysel yapılırken, B sınıfı denetim yaygın olarak A sınıfı denetime hazırlık olması

açısından ve C sınıfına göre daha kapsamlı süreç doküman kaydına bakılarak yapılır. Resmi olarak CMMI sertifikasına sahip olmak isteyen firmaların A sınıfı denetimi başarıyla geçmesi beklenir (Kalaycı, 2007). Aşağıdaki tabloda alfabetik sıraya göre bu süreç alanları verilmiştir.

**Tablo 1. CMMI Development Süreç Alanları**

Kısaltma	Süreç Alanı	Kısaltma(İng)	Süreç Alanı (İng)
BPY	Bütünleşik Proje Yönetimi	IPM	Integrated Project Management
DO	Doğrulama	VAL	Validation
GE	Geçerleme	VER	Verification
GG	Gereksinim Geliştirme	RD	Requirements Development
GY	Gereksinim Yönetimi	RM	Requirements Management
KAÇ	Karar Analiz ve Çözümleme	DAR	Decision Analysis and Resolution
KE	Kurumsal Eğitim	OT	Organizational Training
KM	Konfigürasyon Yönetimi	CM	Configuration Management
KPY	Kurumsal Performans Yönetimi	OPM	Organizational Performance Management
KSO	Kurumsal Süreç Odaklanması	OPF	Organizational Process Focus
KSP	Kurumsal Süreç Performansı	OPP	Organizational Process Performance
KST	Kurumsal Süreç Tanımı	OPD	Organizational Process Definitions
ÖA	Ölçme ve Analiz	MA	Measurement and Analysis
PİK	Proje İzleme ve Kontrol	PMC	Project Monitoring and Control
PP	Proje Planlama	PP	Project Planning
RY	Risk Yönetimi	RSKM	Risk Management
SAÇ	Sebeplere Analiz ve Çözüm	CAR	Causal Analysis and Resolution
SPY	Sayısal Proje Yönetimi	QPM	Quantitative Project Management
SÜKG	Süreç ve Ürün Kalite Güvencesi	PPQA	Process and Product Quality Assurance
TÇ	Teknik Çözümleme	TS	Technical Solution
TY	Tedarikçi Yönetimi	SAM	Supplier Agreement Management
ÜE	Ürün Entegrasyonu	PI	Product Integration

Tablodaki süreç alanları “Gerekli”, “Beklenen” ve “Bilgilendirici” şeklinde üç alt bileşenden oluşmaktadır. Gerekli bileşenler mutlaka karşılanmalıdır. Beklenen bileşenler birebir karşılanabilir veya alternatif bir çözüm de uygulanabilir. Bilgilendirici bileşen tipinin ise karşılanmasına gerek yoktur sadece ilgili süreç alanının uygulanmasında referans olarak kullanılır. Örnek olarak Konfigürasyon yönetim süreci ele alınacak olursa “Gerekli Bileşen” olarak “Konfigürasyon Yönetim Faaliyetlerinin Planlanması”, “Beklenen Bileşen” için “Konfigürasyon Yönetim Planı” veya alternatif olarak herhangi bir konfigürasyon yönetim aracı (Jira, IBM Jazz vb) üzerinden yapılan planlama, “Bilgilendirici Bileşen” olarak da “Konfigürasyon Yönetimi Süreç Tanımlama Dokümanı” gösterilebilir. Diğer süreçler için de benzer uygulama ve dokümanlar oluşturulmalıdır.

CMMI Modelinin *Kesikli* ve *Sürekli* şeklinde iki farklı gösterimi vardır. Bu iki gösterimde içerik ve kullanılan model bileşenleri aynıdır farklı yanları sadece farklı şekilde organize edilmeleridir.

Sürekli gösterim süreçleri iyileştirmede daha esnek bir bakış açısı sunar. Kurumlar hedefleri çerçevesinde belirledikleri süreçlere odaklanarak iyileştirmeler yapılmasına izin verir. Sürekli gösterimin diğer bir özelliği de farklı süreçleri farklı oranlarda iyileştirmeye imkân vermesidir. Diğer bir bakış açısıyla sürekli gösterim iyileştirilmesi istenen süreçleri tek tek seçilmesine izin vermektedir. Aşağıdaki tabloda süreç alanlarının kategorilere göre ayrılmış hali görülmektedir (CMMI Product Team, 2010).

**Tablo 2. Kategorilere Göre Süreç Alanları**

Grup	Süreç Alanı
Süreç Yönetimi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kurumsal Süreç Tanımı</li> <li>Kurumsal Süreç Odaklanması</li> <li>Kurumsal Performans Yönetimi</li> <li>Kurumsal Süreç Performansı</li> <li>Kurumsal Eğitim</li> </ul>
Proje Yönetimi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entegre Proje Yönetimi</li> <li>Proje İzleme ve Kontrol</li> <li>Proje Planlama</li> <li>Sayısal Proje Yönetimi</li> <li>Gereksinim Yönetimi</li> <li>Risk Yönetimi</li> <li>Tedarikçi Yönetimi</li> </ul>
Mühendislik	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ürün Entegrasyonu</li> <li>Gereksinim Geliştirme</li> <li>Doğrulama</li> <li>Geçerleme</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teknik Çözüm</li> </ul>
Destek	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sebep Analiz ve Çözüm</li> <li>• Konfigürasyon Yönetimi</li> <li>• Karar Analiz ve Çözümleme</li> <li>• Ölçme ve Analiz</li> <li>• Süreç ve Ürün Kalite Güvence</li> </ul>

Sürekli gösterimde yetenek seviyeleri 0-3 arasındadır ve genel amaçlar karşılandığı takdirde ilgili yetenek seviyesine ulaşılmıştır. Yetenek seviyeleri:

**Yetenek Seviyesi 0:** Bu seviyede süreçler uygulanmamış veya eksik olarak uygulanmış demektir. Bir veya daha fazla süreç alanı uygulanmamış ve herhangi bir genel amaç karşılanmamıştır.

**Yetenek Seviyesi 1:** Burada uygulanan süreç vardır. Bir ürün veya işi yerine getirmek için süreç uygulanmıştır. Uygulanan sürece ait özel amaç karşılanmıştır.

**Yetenek Seviyesi 2:** Bu seviye yönetilebilen süreçler olarak isimlendirilmiştir. Yönetilebilen süreç; kurallara uygun, yetkin çalışanlar tarafından uygun kaynaklar kullanılarak ürün veya hizmet oluşturmak üzere sürecin planlanması, gerçekleşmesi, izlemesi ve kontrol edilmesini ifade etmektedir.

**Yetenek Seviyesi 3:** Bu seviye tanımlanmış süreçler olarak ifade edilmektedir. Tanımlanmış süreçler; yönetilen sürecin kurumda tanımlı standart süreç setinden uyarılma kılavuz ve yöntemlerine uygun olarak uyarlanmasıdır. Seviye 2 ile seviye 3 arasındaki en kritik fark standartlar, kılavuzlar ve süreç tanımlarının kapsamıdır. 2. Yetenek seviyesinde standartlar, kılavuzlar ve süreç tanımları her bir proje veya süreç uygulamasında farklılık gösterebilir. Seviye 3'te ise proje ihtiyaçlarına göre kurumun standart süreç setinde var olan süreç tanımı, kılavuz ve standartlar uyarlanmaktadır. Seviye 3'teki diğer bir fark da tanımlı süreçlerde amaç, girdi, çıktı, roller, aktiviteler, ölçümler, başlangıç ve bitiş kriterleri açık bir şekilde tanımlanmıştır (Chrissis vd., 2011).

Kesikli gösterim süreç iyileştirme bakış açısı daha sistematik ve yapısalıdır. Kesikli gösterimde kurum hedeflediği olgunluk seviyesinin gerektirdiği süreçleri uygulamak ve iyileştirmek zorundadır. Süreç alanları olgunluk seviyelerine göre gruplanmıştır. Literatürde basamaklı model olarak da adlandırılmaktadır. Olgunluk seviyeleri başlangıç seviye ve sürekli iyileştirilebilir seviye arasında 5'e ayrılmıştır. Aşağıda kesikli gösterime ait olgunluk seviyeleri ve her bir olgunluk seviyesi için karşılanması gereken süreç alanları gösterilmiştir (Değerli ve Özkan, 2013).

**Tablo 3. Kesikli Gösterim Göre Süreç Alanları**

Seviye	Odak	Süreç Alanı
5. Sürekli İyileştirilebilen (Optimizing)	Sürekli Süreç İyileştirme	Sebep Analiz ve Çözüm Kurumsal Performans Yönetimi
4. Sayılarla Yönetilebilen (Quantitatively Managed)	Sayısal Yönetim	Kurumsal Süreç Performansı Sayısal Proje Yönetimi
3. Tanımlanmış (Defined)	Süreç Standartlaştırma	Karar Analiz ve Çözümleme Entegre Proje Yönetimi Kurumsal Süreç Tanımı Kurumsal Süreç Odaklanması Kurumsal Eğitim Ürün Entegrasyonu Gereksinim Geliştirme Risk Yönetimi Teknik Çözüm Doğrulama Geçerleme
2. Yönetilebilen (Managed)	Temel Proje Yönetimi	Konfigürasyon Yönetimi Ölçme ve Analiz Proje İzleme ve Kontrol Proje Planlama Süreç ve Ürün Kalite Güvence Gereksinim Yönetimi Tedarikçi Yönetimi
1. Başlangıç (Initial)		

Kesikli gösterimde süreç alanları ve olgunluk seviyelerine göre gruplama yapılmıştır. 1. Olgunluk seviyesinde kaotik ve yüksek riskli bir ortam bulunurken olgunluk seviyesi arttıkça kalite ve verimlilikte artış görülecektir.

Olgunluk seviyeleri kurumların genel performansını iyileştirmek için süreç alanlarına ait özel ve genel pratiklerden oluşmaktadır. Bir organizasyonun olgunluk seviyesi o organizasyonun performansını

karakterize etmektedir. Her bir olgunluk seviyesi bir sonraki olgunluk seviyesine ulaşmak için kurumun süreçlerini olgunlaştırmaktadır. 1-5 arasında toplam 5 adet olgunluk seviyesi bulunmaktadır. Olgunluk seviyesi 2 ve 3, yetenek seviyesi 2 ve 3 ile aynı kavramları kullanmaktadır. Olgunluk seviyeleri aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

#### ***Olgunluk Seviyesi 1: Başlangıç***

Bu seviyede süreçler geçici ve dağınıktır. Organizasyonlar genellikle düzenli süreç desteği vermezler. Bu kurumlarda başarı, tanımlanmış süreçleri uygulamaktan ziyade bireysel başarılarından gelmektedir dolayısıyla geçmiş başarılar her zaman tekrarlanamaz. Bu tür organizasyonlarda hizmet veya ürün başarıları olabilir fakat genellikle süre aşımı veya bütçe aşımı da söz konusudur.

#### ***Olgunluk Seviyesi 2: Yönetilebilen***

Bu seviyede kurallara uygun, yetkin çalışanlar tarafından uygun kaynaklar kullanılarak ürün veya hizmet oluşturmak üzere süreç planlanabilmekte, gerçekleştirilmekte, izlenebilmekte ve kontrol edilebilmektedir. 2. Olgunluk seviyesinde iş ürünlerinin durumu belirli bir anda yönetim tarafından görülebilir. İlgili iş süreçleri projeden projeye değişkenlik gösterebilir.

#### ***Olgunluk Seviyesi 3: Tanımlı Süreçler***

Bu seviyede süreçler iyi organize edilmiş, anlaşılır ve araç, yöntem, kılavuz ve standartları ile birlikte tanımlanmıştır. Organizasyonun standart süreç seti 3. olgunluk seviyesi için temel oluşturmaktadır. Projeler bu standart süreç setinden uyarılma kılavuzlarına uygun olarak ihtiyacı olan süreçleri uyarlayarak kullanmaktadır. Olgunluk seviyesi 3 ile 2 arasındaki farklar yukarıda yetenek seviyelerinde belirtilen farklar ile aynıdır. Genel amaç ile ilişkili genel pratikler mutlaka karşılanmalıdır. 2. olgunluk seviyesinde bu aranmamaktadır. Ayrıca bu düzeydeki iş süreçleri gerekli yetkinlikteki mekanizmalarla sağlanarak projeden projeye yüksek oranda farklılık göstermediklerinden organizasyon genelinde farklı süreç iyileştirme çabalarına da katkı sağlayacak ve yol gösterecek düzeydedir.

#### ***Olgunluk Seviyesi 4: Sayılarla Yönetim***

Bu olgunluk seviyesinde organizasyonlar ve projeler kalite ve süreç performansı için sayısal hedefler belirlemekte ve bunu proje yönetirken bir kriter olarak kullanmaktadır. Sayısal hedefler müşteriler, son kullanıcılar, organizasyon, ve süreç tasarımcılarının ihtiyaçlarına göre oluşturulmaktadır. Seçilen alt süreçler için süreç performans ölçümleri toplanmakta ve istatistiksel olarak analiz edilmektedir. 3. ve 4. Olgunluk seviyeleri arasındaki temel fark; 4. Olgunluk seviyesinde süreç performanslarının tahmin edilebilmesidir. 4. Olgunluk seviyesinde proje ve seçilen alt süreç performansları istatistiksel ve sayısal yöntemler kullanılarak ve tahminleme temelinde süreç verilerinin kullanılması ile kontrol edilir. Bu şekilde maliyet ve proje tamamlanma süresi tahmini kolaylaşır ayrıca proje başarımı yüksek oranda sağlanabilir. Bu seviye organizasyondaki iş süreçlerinin “yüksek olgun” karakterde olduğunu gösterir.

#### ***Olgunluk Seviyesi 5: Optimize Edilebilir***

Bu seviyede, organizasyon hedeflerine uygun olarak süreçlerini sayısal yöntemler kullanarak sürekli olarak iyileştirebilir. Organizasyon sayısal bakış açısı ile süreçteki ve süreç çıktılarındaki farklılaşmaların sebeplerini anlayabilir. 5. olgunluk seviyesi süreç performansını sürekli bir şekilde iyileştirmeye odaklanmıştır. 4. ve 5. olgunluk seviyeleri arasındaki temel fark organizasyonel performansın iyileştirilmesidir. 4. olgunluk seviyesinde organizasyon ve projeler alt süreçlerin kontrol edilmesi ve anlaşılmasına odaklanmıştır. Fakat 5. olgunluk seviyesinde organizasyonun genel performansı üzerine odaklanılmıştır. Bunu yaparken birçok projeden gelen veriler değerlendirilmekte ve yapılan analizlerle performanslar arasındaki farklar çıkarılarak organizasyonel olarak performansın iyileştirilmesi sağlanmaktadır.

## **2. UYGULAMA**

Bu çalışmada yazılım sektöründe faaliyet gösteren firmaların CMMI v1.3 3. olgunluk düzeyinde değerlendirilmesini, resmi bir denetim gerçekleştirilmeden kendi içlerinde de yapabilmelerine yönelik geliştirilen bir değerlendirme yönteminden ve uygulamasından bahsedilmiştir.

Araştırmada süreçlerini CMMI 3. olgunluk düzeyine uyumlaştırarak denetime girip bunu belgelemeyi planlayan veya daha önce bu süreçten geçmiş ve CMMI 3. olgunluk düzeyi sertifikaya sahip olup durumunu korumayı amaçlayan firmalara kendilerini denetleyebilecekleri hatta B sınıfı bir denetimi kendi içlerinde yaparak resmi anlamda A sınıfı bir denetime hazırlanabilecekleri bir envanter hazırlanmıştır. Envanter yazılım sektöründe faaliyet gösteren üç firmaya uygulanmıştır bunlardan ikisi CMMI 3. olgunluk düzeyi sertifikasına sahip diğeri sürekli iyileştirmeyi temel alan bir kalite anlayışında olan fakat henüz CMMI’ da kendini belgelememiş firmalardır. Ayrıca CMMI 3. olgunluk düzeyinde olan firmalardan biri ile derinlemesine mülakat gerçekleştirilmiştir. Envanterin uygulandığı ve derinlemesine mülakat yapılan firmaların isimleri bilgi güvenliği ve firmalar arası rekabet politikası gereği firmaların isteği üzerine gizli olacak bir şekilde anlatılacaktır.

Dört hissedar grubundan oluşan yüzde yüz Türk sermayeli 2006 yılında kurulmuş ve 2008 yılında ticari unvan değişikliği ile bugünkü ismiyle faaliyetlerine devam eden A firması bankacılık sektöründe faaliyet gösteren Türkiye'nin en büyük yazılım firmalarından biridir. Derinlemesine mülakatın yapıldığı ve envanterin uygulandığı ilk firma olan A firması sektörde kısa bir geçmişe sahip olmasına rağmen gerçekleştirdiği bankacılık, kredi kartı uygulamaları, liman lokasyonu, gayrimenkul yatırım ortaklığı yazılımı, CRM, akıllı kart uygulamaları, akıllı kalem uygulamaları, doküman, yazışma ve süreç yönetimi gibi büyük projelerle marka değerini ve bilinirliğini artırmıştır.

Envanterin uygulandığı ikinci firma olan B firması 2006 yılının Mart ayında üniversite sanayi işbirliği olarak ODTÜ Teknokent bölgesi içinde bilgisayar oyunları ve simülasyon oyunları konularında faaliyet göstermek amacıyla kurulmuş daha sonra bilgisayar bilişim sistemleri, farklı yazılım projeleri, insan bilgisayar etkileşimi, multimedya içerik geliştirme ve elektronik öğrenme konularında da faaliyet alanını genişletmiş bir şirkettir.

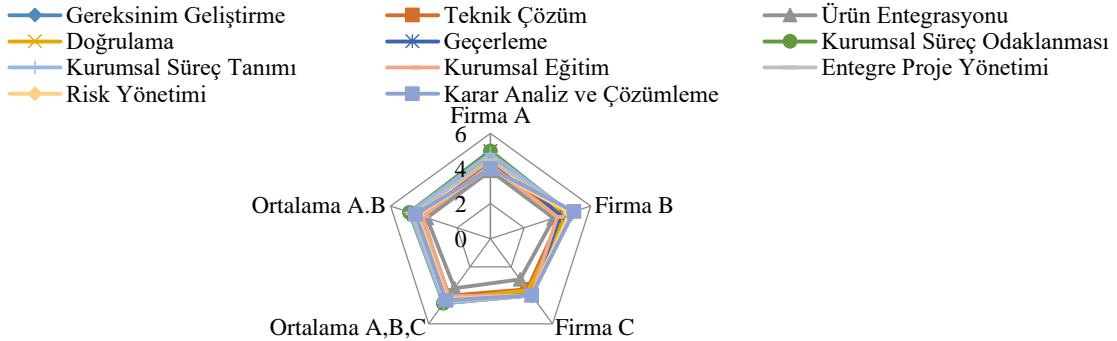
C firması ise 1967'de Türk Kanada ortaklığıyla kurulmuş iletişim ve haberleşme sektöründe faaliyet gösteren bir firmadır. Ocak 2009'da ortaklık yapısının Kanada ayağında ki sorunlar sebebiyle % 53,13'ü girişim sermayesi yatırım ortaklığı uluslararası konsorsiyumuna satılmış geri kalan %31,87'si İMKB'de işlem görürken %15'i TSK güçlendirme vakfındadır. Firma ülke içinde servis sağlayıcılar ve önemli devlet kurumları için ağ ve iletişim çözümleri ve altyapıları oluşturmaktadır. Ülke dışında ise iletişim şebekesi tasarımları, işletimi ve pazarlaması hakkında teknik alt yapı desteği sunmaktadır.

Envanter CMMI 3. olgunluk düzeyi gereklilikleri kapsamında 11 bölümden ve 126 ifadeden meydana gelmektedir. Envanterde yer alan ifadeler modelin her bir süreç alanı için aynı oranda önem taşıdığı için eşit olarak ağırlıklandırılmış olup değerlendirme 5'li likert ölçeğine göre derecelendirilmiştir.

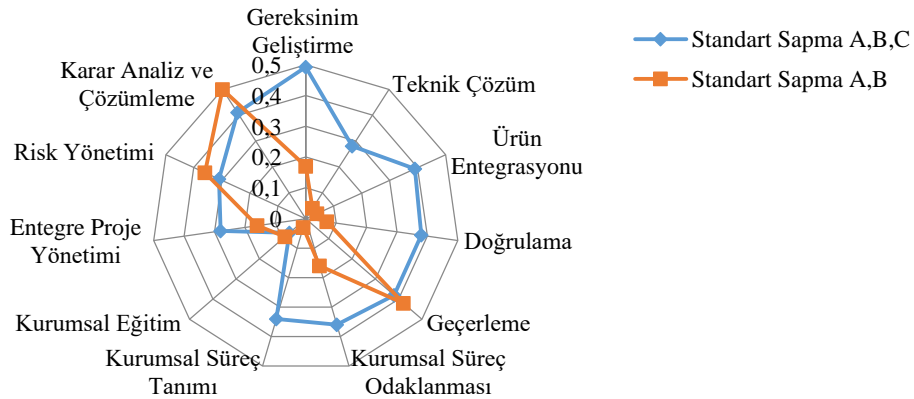
Envanterin 2. bölümünün 9. ve 14. ifadelerinde, 3. bölümün 4, 5 ve 6. ifadelerinde, 4. bölümün 4. ifadesinde ve 9. bölümün 10. ifadesinde ters puanlama uygulanmıştır. İfadelerin ve puanlandırmanın neticesinde yüksek puan almak olgunluk düzeyine uygunluğun göstergesidir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

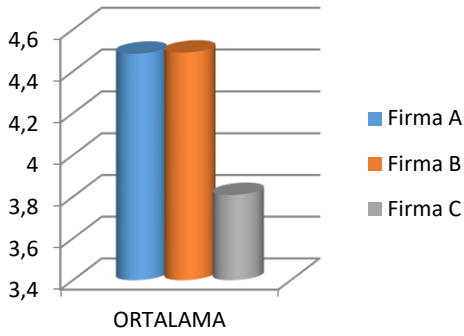
Firmalar CMMI-DEV yapısında kesikli gösterim 3. olgunluk düzeyinde yer alan süreç alanlarına göre hazırlanan ifadeler kapsamında değerlendirilmiştir. Değerlendirmeyi firmada çalışan Kalite Yöneticileri ve Proje Yöneticileri yapmıştır. Değerlendirme sonuçları analiz edildiğinde aşağıdaki grafikler oluşturulmuştur.



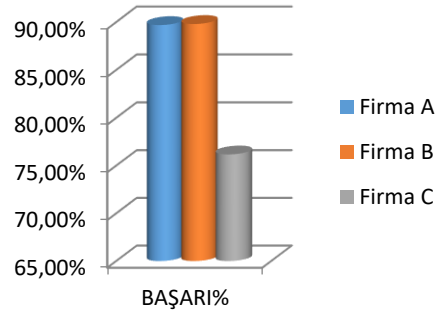
Grafik 1. Firmaların Süreç Bazında Ortalama Puanları



Grafik 2. CMMI Süreçlerine Karşılık Firmaların Standart Sapmaları



Grafik 3. Firmaların Ortalama CMMI Puanları



Grafik 4. Firmaların CMMI Başarı Yüzdeleri

Grafik 1’de ortalamaya bakıldığında envanterin uygulandığı firmalarda kurumsal süreç odaklanması sürecin alanı diğer süreç alanlarına göre daha yüksek puan almıştır yine kurumsal süreç odaklanması süreci CMMI 3. olgunluk düzeyinde kendini belgelemiş A ve B firmalarında diğer süreç alanlarına kıyasla daha yüksek çıkmıştır. Buradan firmaların kaliteli yazılım üretme bilincini oluşturduğu çıkarılmaktadır.

Ürün entegrasyonu sürecin alanı envanterin uygulandığı üç firmada da en düşük puanı almıştır. Benzer şekilde CMMI 3. olgunluk düzeyinde kendini belgelemiş A ve B firmalarında da ürün entegrasyonu süreci diğer süreç alanlarına kıyasla en düşük puanı almıştır. Bu süreç alanındaki ifadeler tek tek ele alındığında entegrasyon ortamı ve gereksinimlerde oluşan değişikliklerin bu alanı etkilediği görülmüştür.

Ayrıca Grafik 2’de görüldüğü üzere CMMI 3. olgunluk düzeyi süreç alanlarında ki başarımlar Kurumsal Eğitim sürecin alanında en düşük oranda sapma göstermiştir. Bu da her üç firmada da kaliteye, benzer oranda ve yine ortalamaya da bakıldığında dikkate alınır seviyede önem verildiğini göstermektedir.

Gereksinim Geliştirme ve Kurumsal Süreç Tanımlama süreç alanlarında A ve B firmasına kıyasla C firmasında radikal bir sapma görülmüştür. Bu durum da gösteriyor ki C firması her ne kadar toplam kalite yönetimine önem veriyorsa da bu süreç alanlarındaki eksiklikler CMMI 3. olgunluk düzeyi için gerekli olan süreçlerin standartlaştırılması gerekliliğindeki eksikliği açıkça gösterir niteliktedir.

Envanter çalışmasına ek olarak A firması ile CMMI 3. olgunluk düzeyi sertifikası edinim sürecinde tecrübe ettikleri deneyimleri öğrenmek ve sonuçlarını gözlemek adına derinlemesine mülakat görüşmesi yapılmıştır. Bu bağlamda firmanın CMMI sürecinde yaşadığı zorluklar gözlemlenmiş sonucunda ne gibi kazanımlar sağladıkları tartışılmıştır. Yetkili ile yapılan görüşme neticesinde CMMI ile süreç iyileştirme çalışmasında karşılaştıkları problemler aşağıdaki başlıklarda toplanmıştır:

- Üst yönetim desteğinin yetersizliği
- Zaman kısıtı
- Yeter düzeyde bütçe ayıramaması
- İnsan kaynağı yetersizliği
- Yetkin, deneyim sahibi ve süreçlerle yönetim bilincine sahip çalışan eksikliği
- Mevcut işlerin yoğunluğu
- Kurum kültürü
- Alt yapı ve bilgi eksikliği
- Mühendislik yaklaşımı eksikliği
- Mevcut süreçlerin ölçüm yapmaya uygun olmaması
- Süreç iyileştirme anlayışının yaygınlaştırılmaması
- Operasyonel süreçlerle entegrasyon
- Tüm süreçlerin gözden geçirilmesinin vakit alması
- Tüm dokümanların güncellenmesinin vakit alması
- Ekip çalışmasına yatkın olmayan personel

CMMI ile süreç iyileştirme çalışmasında karşılaşılan sorunlar yukarıdaki başlıklardan anlaşılacağı üzere temelde CMMI sertifikasyonunun bir proje olarak nitelendirilmemesinden kaynaklanmaktadır. Görüşmenin gerçekleştirildiği firma çalışanlarında da literatürdeki diğer çalışmalarda da ve genel olarak yazılım sektöründe faaliyet gösteren firmalarda süreç yönetimi, kalite standartları vb. kayıt tutulması gereken tüm faaliyetlerde olduğu gibi CMMI çalışmaları da teknik ekip tarafından zaman kaybettirici bir faaliyet olarak algılanmaktadır. Bu sebeple eğer bir firma ürün kalitesini süreçlere uyumlu bir şekilde iyileşebileceğine inanıyorsa ve süreçlerini CMMI’ya uyumlu hale getirip uluslararası geçerliliğe sahip bir

belgeye sahip olmak istiyorsa bir CMMI Ar-Ge ekibi kurmalı ve ekip üyelerini de yazılımda kalite, yazılım standartları ve yazılımda prensipler gibi kavramlara uzak olmayan ve alanında yeterli düzeyde deneyime sahip kişilerden seçerek oluşturmalı eğer gerekiyorsa bu yönde eğitimler verebilmelidir. Ayrıca CMMI'nın farklı versiyonlarında ve düzeylerinde farklı alanlarda uzmanlık gereklidir buna göre firma hangi düzeyde sertifika almak istiyorsa ona uygun birimlerden üyeler bulunduracak biçimde Ar-Ge ekibini oluşturmalıdır. CMMI Ar-Ge ekibi oluşturulurken her ne kadar konuyla ilgili kişiler seçilmiş olsa da ekip üyeleri bu etapta direkt SEI'nin web sitesinden, konu hakkında hazırlanmış kitaplar, makaleler ve benzer güvenilir kaynaklardan CMMI hakkında bilgi edinmelidir. Eğer gerekiyorsa şirket içi eğitimler hazırlanmalıdır. Ayrıca özellikle büyük ölçekli firmalarda Ar-Ge ekibi üyeleri sürece başlanmadan önce tanışma toplantıları yapmalı bu sayede hem birbirlerini tanımalı hem de ne ölçüde yetkinlik sahibi olduğunu ve nelere ihtiyaç duyulduğu önceden anlama fırsatı yaratmalıdır.

Ar-Ge ekibinin konu hakkındaki farkındalığının artması en azından CMMI terminolojisine hâkim olunması yönünden büyük önem arz etmektedir. Farkındalığın artırılması için ekip içi iletişimin sağlam tutulması da önemlidir. Bunun için her ne kadar toplantılar düzenlense de olayın sıcaklığının korunması açısından bir iletişim ağı sağlanması, bir mail grubu kurulması gibi iletişim yöntemleri avantaj sağlayacaktır. Hatta bu konuda uluslar arası güncel bilgileri takip edebilecekleri bir sosyal iletişim ağından yararlanmak da oldukça faydalı olacaktır bu sayede konu hakkında deneyim sahibi kişilerden de fikir alınabilecek, modeli kullananlardan örnekler görülüp bir yol haritası çizilebilecektir.

Bir firmada her süreçte olduğu gibi CMMI sertifikasyon sürecine hazırlanılması aşamasında da üst yönetimin desteği hem moral açısından hem de maddi destek açısından, CMMI sertifikasyon süreci masraflı bir süreçtir, oldukça önem taşımaktadır. Üst yönetimin konuya hâkim olabilmesi ve yeterli desteği sağlaması açısından düzenli aralıklarla toplantılar düzenlenip durum analizi yapılmalı ve raporlanmalıdır. Bu sayede aynı zamanda konu dâhilinde olmayan çalışanlara da üst yönetim sayesinde bilgi aktarımı sağlanacaktır ve gerekli durumlarda diğer personelin katkısının sağlanması kolaylaşacaktır.

A firması ile yapılan derinlemesine mülakat sonucunda CMMI sertifikasyon süreci sonrasında çeşitli kazanımlar elde ettikleri görülmüştür. Bu çalışma sayesinde CMMI'nın detaylı yapısı gereği süreçler derinlemesine incelenmiş ve bu kapsamda iyileştirmeler gerçekleştirilmiştir. Firma CMMI sertifikasyon süreci boyunca yapıyı bir kılavuz gibi kullanarak geleneksel olarak ayrılan organizasyon işlevlerini birleştirip süreç iyileştirmelerini önceliklendirerek organizasyonun bağımsız kısımlarında bulunan engelleri ve sorunları ortadan kaldırmışlardır. İyileştirme çalışmaları sonucunda sürece dahil olan projelerin ürettiği ürünlerin entegrasyonun sağlam yapılandığı model seti içerisinde faydalı bilgiler kullanılarak müşteri gereksinimleri ile daha uyumlu ve beklenen düzeyde kaliteye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Firma iyileştirme çalışmaları neticesinde yüksek maliyet, zamanlama sorunu, verimsizlik, düşük kalite, müşteri memnuniyeti sağlanamaması gibi kritik sorunlarında belirgin boyutta iyileşme sağladığını gözlemlemiştir. Ayrıca firma CMMI sertifikası sayesinde benzer yazılım firmalarına kıyasla reklam açısından kendini uluslararası boyutta gösterme fırsatı yakalamıştır.

#### 4. SONUÇ

Hızla ilerleyen teknoloji ile tüketici ihtiyaçlarının ve beklentilerinin artması firmaların klasik yöntemlerle benzerlerine göre öne geçerek devamlılığını sağlamasını zorlaştırmıştır. Günümüz koşullarında dış pazarda hatta iç pazarda bile kârlı iş yapmak isteyen çoğu işletme kaliteyi araç olarak kullanmayı bir kenara bırakıp amaç haline getirmek durumunda kalmışlardır. Bu sayede ortaya çıkardıkları her türlü ürün veya hizmetten emin olarak müşteriye her daim geçerliliğini kanıtladıkları çıktıyı sunmanın rahatlığını yaşamaktadırlar.

Globalleşen dünyada değişen ve gelişen beklentilere en doğru ve yeterli karşılığı vermek için fark yaratmak yazılım sektöründe faaliyet gösteren firmalar için de bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu amaçla birçok yazılım firması uluslararası geçerliliği olan ve ömrü insan ömrüyle sınırlanmayacak kaliteli ürün geliştirebilmek için yazılım süreç modellerini kullanmaya başlamıştır. Yazılım geliştirme süreçlerinde karşılaşılan yetenek ölçme sorununa cevap vermek amacıyla hazırlanan CMMI modeli yazılım sektöründe faaliyet gösteren firmalara sorunlarını çözebilmesi yolunda önemli bir yol gösterici olmuştur. CMMI esnek ve kesikli yapısı sayesinde her boyuttaki firma için uygun rehber olabilecek niteliktedir.

Yazılım firmalarının sundukları ürünleri daha sonra ihtiyaçlar dâhilinde geliştirmelerini kolaylaştırmak, ürünlerini uluslararası platformda geçerli kılmak ve müşteriye daha güvenilir ürün sunduğunu tescillemek için yardımcı olacak CMMI modeline süreçlerini uyarlayarak resmi anlamda bunu belgeleyebilmeleri için ülkemizde faaliyet gösteren çeşitli danışmanlar ve danışmanlık şirketleri mevcuttur. CMMI değerlendirmesi sadece ABD Savunma Bakanlığı (SEI) tarafından belirlenen denetçiler veya onların çalışmayı seçtikleri firmalar tarafından yapılmaktadır. SEI tarafından onaylı kişiler veya firmalarca yapılan denetim oldukça maliyetli olmaktadır ve bu değerlendirmeyi yaptırmak isteyen firmalar için ilk değerlendirmede istenilen şartları sağlamak büyük bir avantaj sağlayacaktır.

Bu çalışmada yazılım sektöründe faaliyet gösteren firmalara süreç odaklı ürün geliştirmede kalitenin önemi, hangi yollarla bunu sağlayabilecekleri, bunun için geçerli bir olan CMMI modeli özel olarak detaylı incelenmiş ve firmaların yüksek bütçeler ayırarak yaptıracakları değerlendirmelere katılmadan önce kendi öz değerlendirmelerini yapabilecekleri bir yöntem sunulmuştur. Bu sayede ayrıca bir danışmanlık ücreti ödemeyerek ek bir maliyetten kurtulmaları kendi bünyelerinde eksikliklerini görerek yazılım geliştirme faaliyetlerini standartlar, yöntemler ve diğer yol gösterici dokümanlardan oluşan bir kalite güvence sistemi içerisinde daha kaliteli yazılım üretmelerini sağlamaya yardımcı olmak amaçlanmıştır.

Türkiye’ de CMMI’ nin çeşitli olgunluk düzeylerinde belgelerine sahip firmalar vardır. Bunlardan 3. olgunluk düzeyinde olan firmaların sayısı 2015 yılında 4, 2016 yılında 14, 2017 yılında 9 ve 2018 yılında 3 tanedir. Son dört yılda ülkemizde toplam 30 adet firma CMMI 3. düzey olgunlukta olduğunu belgelendirmiştir(CMMI Institute, Published Appraisal Result). Türkiye’de daha çok CMMI 3. olgunluk düzeyinin tercih edilmesi sebebiyle bu çalışmada CMMI 3. olgunluk düzeyini ölçmeyi hedefleyen bir envanter oluşturulmuştur. Eğer firmalar burada yer alan süreç alanlarındaki ifadelere yeterli düzeyde cevap verebilir ve bunu belgeleyebilirse ki CMMI için belgelemek en önemli husustur, bu düzeyde bir denetime hazır olabileceklerdir. Bu bağlamda çalışmada envanteri uygulayarak değerlendirmeye katılan iki firma CMMI 3. olgunluk düzeyinde yeterliliklerini hali hazırda belgelemiş, üçüncü firma da kalite odaklı süreç yönetimine sahip bir firma olarak yüksek düzeyde envantere katılım göstermiştir. Sonuçlardan da anlaşıldığı üzere belgeye sahip firmaların envanter puanları üçüncü firmaya kıyasla anlamlı düzeyde fark göstermiştir bunun neticesinde uygulamanın sonuçları çalışmanın amaçlarını doğrular niteliktedir.

Yazılım sektöründe faaliyet gösteren firmalar, yazılım geliştirme süreçlerini daha iyi şekilde anlayıp geliştirmelerine yardımcı olmak için bu çalışma kapsamında hazırlanan CMMI 3. olgunluk düzeyinde değerlendirme yöntemini kullanarak isterlerse resmi bir CMMI denetimine hazırlık yapabilir, isterlerse sadece süreçlerini iyileştirerek daha kaliteli ve geçerli ürünler oluşturabilir veya eğer zaten böyle bir sertifikaya sahiplerse bunun devamlılığını sağlamak için istedikleri zaman kendilerini denetleyebilirler.

#### **KAYNAKÇA**

- ALPARSLAN A. “CMMI ile Yazılım Süreçlerinin İyileştirilmesi ve Yazılım Şirketlerinin CMMI 3. Seviyesine Göre Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 90s. 2017.
- CHRISISS, M.B. KONRAD, M. and SHRUM, S. CMMI for Development Guidelines for Process Integration and Product Improvement. Addison-Wesley Professional, Boston- ABD, 688 p. 2011.
- CMMI Product Team, CMMI for Development, Version 1.3, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, November 2010.
- CMMI Institute. <https://sas.cmmiinstitute.com/pars/pars.aspx> [Son erişim tarihi: 03.08.2018]
- DEĞERLİ, M. ÖZKAN, S. Yazılım veya Yazılım-Yoğun Sistem Mühendisliği İş Süreçleri Açısından Yüksek Olgunluk Seviyesinde Olan veya Yüksek Olgunluk Seviyesine Ulaşmak İsteyen Organizasyonlar için Bazı Tespitler ve Öneriler. 7. Ulusal Yazılım Mühendisliği Sempozyumu, ss. 20-36, 25-28 Eylül, Ege Üniversitesi, İzmir, 2013.
- CROSBY, P.B. Let’s Talk About Quality, New York: McGraw-Hill, 1989.
- ISHIKAWA, K. What is Total Quality Control: The Japanese Way, NJ: Prentice-Hall, 1985.
- JURAN, J.M. Juran on Leadership for Quality, New York: Free Press, 1989.
- KALAYCI, O. 2007. Yöneticiler için Doğru Sorular CMMI. Shamrock Süreç İyileştirme ve Yenilikçilik, Kanada, 88 s.
- MAPURING L., Zhang X., Venkatesh V., “Role of Collective Ownership and Coding Standards in Coordinating Expertise in Software Project Teams”, European Journal of Information System, p. 355-37, Haziran 2009.
- Ömer PEKER, “Toplam Kalite Yönetimi ve Kamu Hizmetlerinde Toplam Kalite”, Çağdaş Yerel Yönetimler Dergisi, Cilt:5, Sayı:2, s.15, Mart 1996.
- Profiles of Level 5 CMMI Organizations, Donald J.Reifer, The journal of Defence Software Engineering, January 2007
- SCAMPI Class A Appraisal Results 2012 Mid-Year Update, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, September 2012

## TEKNOLOJİ EVRİMİNİN ÜRÜN İNOVASYONU ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Gizem Bodur  
Park Cam Sanayi ve Tic. A.Ş.

H. Güçlü Yavuzcan  
Gazi Üniversitesi

### ÖZET

Etkisini anlık olarak gösteren ticari yönelimler, bulunduğu bölgeyi ve küresel ekonomiyi derinden etkileyen buluşlar ve farklı teknikler üzerinden çoğalan inovasyonlarla teknoloji küresel olarak gelişmektedir. Endüstriyel devrimlerin sınıflandırılmasını sağlayan atılımların giderek sıklaşması teknolojinin aslında evrimsel bir süreç geçirdiğinin kanıtıdır. Zaman, mekân, sistem ve daha pek çok değişkeni kontrol edilebilir hale getiren teknoloji inovasyon faaliyetlerini de çeşitlendirmektedir. Farklı kaynaklardan beslenen gelecekçi ürün ve sistemler yeni teknolojilerin doğmasına aracılık etmektedir. Bu çalışmada teknolojinin inovatif ürün geliştirme sürecindeki etkileri tartışılmıştır. Ürün döngüsünde yer alan uzmanlık alanlarının teknoloji aracılığıyla ortak bir inovasyon sürecinde bulunabilmeleri için ön çalışma niteliğinde olması amaçlanmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** *evrimsel teknoloji, inovatif ürün, teknoloji işbirlikleri*

### ABSTRACT

*Technology is developing globally with commercial trends that show its impact momentarily, inventions that deeply affecting it's region and global economy and innovations increasing through different techniques. The gradual shortening of the intervals of the emergence of industrial revolutions is evidence that technology has an evolutionary process. Technology that make time, space, system and many more things controllable, also diversified innovation activities. Future products and systems fed from different sources also mediate the emergence of new technologies. In this study, effects of the technology on the innovative product development process are discussed. It is aimed to be a preliminary study so that the experts within the product cycle can be found in a common innovation process thanks to technology.*

**Keywords:** *evolutionary technology, innovative product, technology collaboration*

## 1. Giriş

Dönemsel olarak teknolojinin tanımı mevcut durumu iyileştiren, sahip olunan nesnelerin yerini alabilen, zaman, sağlık, iş gücü gibi kavramların değer karşılığında satın alınmasını sağlayan mekanik ya da dijital yenilikler olarak yapılmaktadır. Bugün için bir balta teknolojik gelişmişliği ifade etmeyebilir. Ancak tarih öncesi çağlarda teknolojik bir ilerleme olarak kabul edilmektedir. Günümüzde de hızla ilerleyen araştırma faaliyetleri kapsamında yazılım, mekanik, robotik, malzeme ve sağlık teknolojileri gibi pek çok alanda gelişmeler yaşanmaktadır. Yapılan her buluş insan yaşamını iyileştirmek ve günlük hayatı kolaylaştırmak adına ortaya çıkmaktadır. Bir sorun ya da eksiklik sebebiyle yaşanan sıkıntılar yeniliklerin kaynağını belirlemektedir. Kesmeyen bir bıçak, görüntü kalitesi tatmin etmeyen bir televizyon ya da yakıt miktarı ve türü hem bireyin maddi varlığına hem de çevresel öğelere zarar veren bir otomobil araştırma sürecine konu olmakta, yapılacak çalışmaların ana hatlarını oluşturmaktadır.

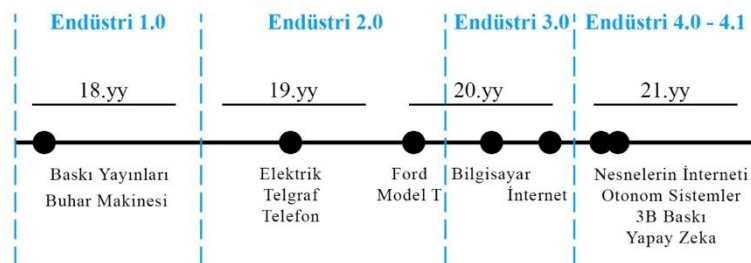
Hızlı, en az hata ve dolayısıyla yüksek verimli bir üretimde Endüstri 4.0 etkileri gözlemlenmektedir. Akıllı nesnelere kendi kendinin otomasyonunu yapmakta, artırılmış gerçeklik araçları ve 3B tarayıcı ile yazıcılar üretim süreçlerinin yeniden kurgulanmasına neden olmaktadır. Siber fiziksel sistemler üretim sistemini çözümleyen uzmanlık alan bilgilerini devamlı olarak işlemekte böylece üretim sürecinde ve nihai üründen en iyi sonuçlar elde edilmektedir. Bu durum özellikle küçük ve orta ölçekteki fabrikaların çok daha hızlı büyümelerini sağlamaktadır. Küresel rekabet alanları değişerek sadece üretim verimliliği değil nesnelerin interneti, büyük veri, robot ve otomasyon sistemleri ve akıllı fabrikalarda akıllı nesnelere üretme potansiyelleri tartışılmaktadır. Endüstri 4.0 trendini aşarak sıfır hata ile üretim sistemlerinin kurulması endüstri 4.1 öngörülerinin doğmasını sağlamıştır. Siber fiziksel sistemler ve nesnelerin internetiyle buluşan otomatik sanal ölçüm birimleri geleceği şekillendirecektir (Chang ve Hao, 2016).

İşletmeler sahip oldukları pazarda daha geniş yer tutabilmek için ya da yeni pazarlara açılabilen için teknolojiye ileri adımler atarak aralıksız takip etmek durumundadır. Üretim, bilişim, sistem ve malzeme tekniklerinde gerçekleşen yenilikler firmaların değer kayıplarını önlemek ve alanlarındaki ürün ve hizmet kalitesini artırmak için son derece önemlidir. Endüstrilerin gelişimi de kullanılan teknoloji seviyesine bağlıdır. Yüzyıllar içerisinde toplumu üst seviye yaşam kalitesine ulaştıran buluşlar ve yapılan inovasyonlar endüstriyel devrimleri ortaya çıkarmıştır.

## 2. Teknolojinin Evrimi

Endüstriyel devrimler dünyaya yayılırken farklı zaman aralıklarında etki uyandırsa da neredeyse her bölgede son derece önemli ilerlemeler sağlanmıştır. İlk buhar makinesinden kendi kendinin otomasyonunu yapabilen sistemlere gelinmesi bireyin zekâ ve yaratıcılık ikilisiyle neleri başarabileceğinin göstergesidir. Teknolojinin amacı “bir şeylerin” yerini almaktır. Bu şeyler ürün, sistem ve hizmet olabilirken zaman ya da mekân da olabilmektedir. Zaman, iş gücü, maliyet ve yaşam kalitesi açısından günlük hayatı tamamen değiştiren buluş ve yenilikler insan sıhhatini iyileştirme ön görüşü dışında insanı ve ülkeyi koruma, ülke topraklarını savunma hatta tehditleri yok etme amaçlarıyla da geliştirilmiştir. Yine de her teknoloji basamağı amacı ne olursa olsun gelecek çalışmaların alt yapısını oluşturmaktadır. Geliştirilen teknikler ve bilgi birikimi ise her geçen gün artmaktadır. Bu artış yapılan başarılı ve yüksek katma değerli çalışmaların sayısını birim zamanda oldukça yoğun hale getirmektedir. Endüstriyel devrimlerin ve toplumu etkileyen gelişmelerin tarihsel dizilimine bakıldığında tarih aralıklarının giderek daraldığı fark edilmektedir (Tablo 1). Çünkü teknoloji alt yapısı giderek gelişmekte, her geçen saniye yeni bir çalışma için ilk adım atılmaktadır.

Tablo 1. Endüstriyel Devrim Süreçleri (Troxler, 2013) (URL 3)



Geçen yüzyıllara bağlı olarak gelişen teknolojiler buluşun yapıldığı bölgelerde kalmayıp önce coğrafi keşifler ve ticaretle yüz yüze daha sonra da iletişim araçları ile uzaktan aktarımla yayılmaya başlamıştır. Yazı, barut, baskı ve tedavi yöntemlerine ait bilgiler diğer ülkelere ulaşarak oradaki tekniklerle birleştirilmiştir. Bu ortaklaşma sonucu tarihsel çağlar kendi içeriğini oluşturarak tüm dünyayı etkilemiştir. Buhar makinesiyle başlayan endüstriyel yolculuk mekanik sistemlerin yüzyıllar içerisinde gelişmesiyle ilk



üretim bandına sahip ürün olan Henry Ford'un T isimli modeline dayanak sağlamıştır. II. Dünya savaşında iletişim araçlarının geliştirilmesi, matematik ve mühendislik bilgilerinin şifreli mesaj çözümünde kullanılmasıyla dijital dünyaya ilk adım atılmıştır.

Teknolojik gelişmeler 1970'lerden sonra bilgi toplumunu meydana getirmiştir. Bunun temeli II. Dünya Savaşı sonrasında küresel olarak meydana gelen değişimlerin enformasyon, bilgi ve iletişim teknolojileri ile kontrol altına alınmasına dayanmaktadır. Bilgisayar teknolojilerinde olduğu gibi internet de savaş şartları nedeniyle geliştirilmiştir. ABD tarafından savunma sistemi amacıyla kurulan ARPANET internet ağı, bağlantıların kontrol merkezi bulunmadan iletilebilen bir ağıdır. 1969 yılında devreye giren internet sadece ABD Savunma Bakanlığı tarafından değil özelleştirme ve çeşitli kurumlar kapsamında 1994 yılından itibaren dünyaya yayılmıştır (Castells, 2008). Makine sistemleri, matematik ve yazılım uzmanlıklarının ortaya çıkardığı savunma sistemi olan internet aracılığıyla küresel iletişim ağı kurulmuştur. Endüstri 4.0'ın temel gerekliliği de iletişim sistemindeki köklü değişiklikler olarak görülmektedir. İletişim türleri ise teknik ve ekonomik sayısal basitliklerin karmaşık ağlarla sayısallaştırılması, ürün ve hizmetlerin dijitalleşmesi, yeni piyasa ve pazar modelleri üzerinde etkili olmaktadır (Zezulka vd., 2016). Mekanik, somut ve fiziksel donanım araçlarından buluş ve inovasyon faaliyetleri ile dijital, soyut ve arayüz yazılım araçlarına geçiş yapılmaktadır. Artık her araç kendi yeterliliklerini kavrayabilmekte, iş sınırlılıklarını ve küresel sınırsızlıkları saptayabilmektedir.

### 2.1 Teknoloji Gelişiminde İşbirlikleri

Teknoloji farklı uzmanlık alanlarını bir araya getirerek bilgi transferine olanak vermektedir. Mühendislik ve tasarım deneyimleri birleşerek yenilikçi ürün ve hizmetler ortaya çıkmaktadır. Mesleki yeterliliklerin dışına çıkıldığında proje çözümlenemiyor ise farklı uzmanlardan danışmanlık alınabilmektedir. Bu durum sıkça bir arada düşünülmeyen tıp bilimleri ve tasarım ya da mühendislik ve sanat çalışmalarını bile gerektirebilmektedir. Örnek olarak medikal alanda kullanılan aletlerden yeni doku ve organ yapılarının oluşturulmasına kadar mühendislik ve tasarımın dijital araçları sürdürülebilir bir işbirliği gerçekleştirmektedir.

Teknoloji işbirlikleri;

- Şirket içi işbirlikleri,
- Şirketler arası işbirlikleri,
- Eğitim kurumları ile sanayi arası işbirlikleri,
- Bağımsız işbirlikleri olarak sınıflandırılabilir.

Şirket içi işbirliklerinde mekanik, üretim, elektronik, inşaat ve tasarım alanlarında çalışan mühendisler, teknik destek elemanları, mimarlar ve tasarımcılar işletmenin üretim fonksiyonlarını geliştirerek kâr payını arttırmayı amaçlamaktadır. Bu çalışmalar teknoloji aracılığıyla ortak proje süreçleri yürütülerek gerçekleştirilmektedir. Bireyler arası işbirliği günümüzde robotların insanlarla entegrasyonuna ve robotların kendi arasındaki sistematik yapılanmasına bırakılmaktadır. Kişilerin zekâ ve yaratıcılığıyla programladığı robotik sistemler işbirliği ile insan ve robotlar arasındaki boşluk doldurulmaktadır. Robot arayüzlerinin geliştirilmesi robot-insan arası iletişimi arttırarak kontrollü bir sistem elde edilmesini sağlamaktadır (Gustavsson vd., 2018). Ancak Endüstri 4.0'ın ileri boyutunda nesnelere arası iletişimle insan faktörü de ortadan kaldırılarak robotlar üretim bandında kendi aralarında otomatik olarak görevlendirilecektir.

İşbirlikleri şirket içerisinde olduğu gibi farklı yatırımlardan doğan teknolojik kapasiteler arasında da gerçekleşebilmektedir. Ürün hattında gerekli olan teknolojiler sanayi içerisinde farklı üretim tesislerinden hatta uluslararası şirketlerden karşılanabilmektedir. Ancak kurulan ortaklıklarda diğer firmaya ait teknoloji bilgisini almak için yeterli kapasiteye sahip olmayan firmaların başarısız olması muhtemeldir. İşbirlikleri, ortak bir temel bilgi, yenilikleri özümseme gücünün yüksek olması ve farklı uzmanlık bilgileri olduğunda en etkili sonuca ulaştırmaktadır. Şirketler yeterli özümseme kapasitesine, teknolojik ve inovatif şirket kültürüne sahip olduklarında diğer şirketlerin teknoloji tabanına başarılı bir şekilde girebilirler (Sadowski ve Duysters, 2008).

Üniversite-Sanayi işbirliği olarak tanınan eğitimsel işbirlikleri mühendis, teknik eleman ve tasarımcı adaylarını üretim sistemi içerisine alarak yeterliliklerini geliştirmekte, aynı zamanda ülke ekonomisinin genç yaratıcı gücünü kullanmaktadır. Bu işbirlikleri sanayi firmalarının bilimsel bilgiye ve uzmanlık alanına erişimini sağlamaktadır. Gelecekte Ar-Ge faaliyetlerinin şekillenmesinde akademik bilgi ve deneyimlerin rolü oldukça büyüktür. Öğrenciler ise akademik performanslarına ek olarak disiplinler arası çalışma prensibi edinerek nitelikli sektör çalışanı haline gelmektedir. Hem sanayi hem de eğitim kültüründe meydana gelen değişimlerle eğitim ve Ar-Ge desteği veren finansal kaynak sayısı artacaktır (Kiper, 2010). Yüz yüze gerçekleşen bağımsız işbirlikleri internet ağı üzerinden açık kaynak kodlu dosya erişimi ile de sürdürülebilmektedir. Bulut bilişim sistemlerinde olduğu gibi bireyler buldukları zaman dilimi ve mekândan bağımsız olarak internet ağı üzerinden diğer kullanıcılara erişerek veri işleyebilme imkanına sahiptir. Ağ sisteminde yer alan kullanıcılar verileri işleyerek kendi ekonomilerini oluşturmaktadır. Burada

bulunan kişiler son teknolojik yenilikleri yakından takip etmek zorunda olup sürekli olarak kullanmaları ve katkıda bulunmaları da gerekmektedir. Böylece bireyler dijital ortama dahil oldukları andan itibaren ağ çemberi içinde yaşamlarını sürdürmektedir (Castells, 2008).

Endüstriyel atılımlar KOBİ (Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeler) için de yeni iş alanları sunmaktadır. Sadece Endüstriyel gelişmeler değil işletme içi işbirliği anlayışı ve diğer işletmelerden alınan destekler de KOBİ'lerin tasarım ve üretim anlayışını etkilemektedir. Büyük şirketlerin siber fiziksel sistemlere, nesnelerin internetine ve daha birçok gelişmenin yaşandığı Endüstri 4.0 trendine bakış açısı uygulanan iş modellerinin ritmini belirlemektedir. İş modeli konsepti, kuruluşların, müşterilerine uygun değer teklifleri ve fiyatlandırma modelleri sağlamak için Endüstri 4.0'ı nasıl kullanabilecekleri konusunda bir anlayış yaratmaktadır (Müller vd., 2018).

### 3. İnovasyonun Doğası

Neri Oxman (2015) farklı dallarda hızla gelişen çalışmaların son yıllarda bir araya gelerek yeni fikirleri beslediğini belirtmiştir. Dijital tasarım, 3 boyutlu tarayıcı ve yazıcılar, malzeme yaratıcılığı ve sentetik biyoloji çalışmaları geleceği mühendislik ve tasarım sistemlerinin geliştirilmesini sağlamaktadır. Bu durum Charles Darwin'in ve Henry Ford'un liderlik ettiği zihinleri geliştirmektedir (URL 1). Bir bina inşaatında o bölgenin jeolojisi analiz edilerek en doğru mimari ve yapı projesi çizilirken, protez tasarımlarında ise organın tamamlanacak bölgesiyle bütünleşik hatta işlevsel yeteneklere sahip bir araç ortaya çıkarılmaktadır. Her iki örnekte de insan doğaya ve doğal olana uyum sağlayabilmek için teknolojiyi kullanmaktadır. Doğa izlenimli araştırma ve geliştirme faaliyetleri yeni teknolojilerin geliştirilmesine büyük katkı sağlamaktadır. Yapı sistemleri, sensörler, malzeme ve üretim teknikleri doğada kendiliğinden işleyen sistemden ilham alınarak geliştirilmektedir. Böylece doğal yaşamın içinden gelen birey günlük hayatını daha kaliteli hale getirebilmek için yine doğaya dönmektedir.

Ürün ve sistem bazlı yaklaşımlar ortaya çıkan atıkları ve yan ürünleri dögüsel olarak yeniden kullanılabilir kılmayı amaçlamaktadır. Doğada atık madde kavramı yoktur. Çünkü her döngünün kullanım dışı ürünleri bir diğer yaşam alanının ana maddesi olabilmektedir. Bu döngüyü sistematik bir şekilde ele alan yaklaşımlardan biri de Cradle to Cradle (Beşikten Beşiğe) olup küresel ekonomi, teknoloji gelişimi ve girişimcilik faaliyetlerinde etkin bir konu haline gelmiştir. McDonough ürünlerin üretim aşamalarında ortaya çıkan yan ürünlerin, artıkların ve kullanım ömrünü dolduran ürünlerin bir başka üretim alanında ham madde olarak kullanılabilir şekilde tasarlanması gerektiğini vurgulamaktadır. Mühendislik tasarımları ve ürün tasarımlarında inovatif etkiler uyandıran bu tür yaklaşımlar hem ekolojik hem de ekonomik açıdan etkili sonuçlar vermektedir (URL 2). McDonough'ya katılan Braungard ve Bollinger de (2007) beşikten beşiğe tasarım anlayışını, ekonomik yönden pozitif, çevresel ve sosyal hedeflerin sinerjik yapısı tarafından yönlendirilen ve tamamen faydalı endüstriyel sistemlerin yaratılmasını sağlayan bir araç olarak tanımlamışlardır. Bu tür yaklaşımlar doğada yer alan metabolizmayı teknik metabolizma haline getirerek her türlü malzeme, ürün, bilgi ve sistem fazlalığını başka bir döngüde kullanılmak üzere yönlendirmektedir.

#### 3.1 İnovasyon Yönetimi ve Faaliyet Sonuçları

Yeni teknolojiler zaman içinde eski teknolojiye dayanan iş modellerine sahip şirketleri ciddi ve olumsuz bir biçimde etkilemektedir. Yıkıcı nitelikte ortaya çıkan teknolojiler ve iş yönetim sistemleri özellikle küçük işletmelerin hızlı yükselişini sağlasa da orta büyüklükte ya da uluslararası şirketlerin de rekabet halinde oldukları pazarda paylarını büyük ölçüde arttırabilmektedir. Bir teknolojik gelişmenin yıkıcı niteliğini öngörmek ise o teknolojinin günlük hayata ve iş akışına uygulanabilirliğine bağlıdır. Son kullanıcı, pazar lideri ve alt yapıya yönelik yıkıcı teknolojiler olarak ayrılan türler teknolojinin gerçekleşeceği hizmet, sistem ve ürün grubunu belirlemektedir. Yıkıcı teknoloji olarak öne çıkarılan teknikler uygulama bazında değerlendirildiğinde aslında yıkıcı bir inovasyon olduğu görülmektedir. Çünkü eski sistem yerine uygulanan yenilik tek başına teknoloji değil, teknolojinin yıkıcı olan yeni iş modellerine dahil edilmesidir. (Bilge, 2017) (Combs ve Mesko, 2015).

Bir toplumun kalkınabilmesinde hem ülkeler arası rekabette hem de şirketler arası pazar çekişmesindeki kilit öge inovasyondur. İnovasyon kavramı çok farklı tanımlamalarla topluma sunulmaktadır. Yenilik, katma değer, ticari kaygı hatta buluş öncesi bir basamak olarak görülen bu kavram çeşitli sektörlerde çok farklı amaçlarla kullanılabilir. Ancak inovasyon bir bütün olarak değerlendirmelidir. İnovatif ürün süreç boyunca yenilikler barındırarak ortaya çıkmaktadır. Uygulanan teknolojide yenilik, kullanıcı ürün ilişkisinde yenilik ve ürün bütününde yani tasarımında yenilik halinde bütünsel bir yaklaşım izlenmelidir. Oslo Kılavuzu (2016) firmaların ekonomik sonuçlarını iyileştirme performanslarını ve başarılarını arttırmak amacıyla yaptıkları teknolojik ürün, hizmet, süreç, pazarlama yöntemi ya da organizasyonel bir yöntemdeki değişikliği inovasyon olarak tanımlamıştır. Kılavuza göre kalıcı ve sürdürülebilir yenilikler için bir İnovasyon Birliğinin kurulmasına karar verilmiştir. İnovasyon Birliğinde amaç uluslararası Ar-Ge ve tasarım işbirlikleri sağlanarak AB bütünlüğünü ve ekonomisini desteklemektir. Tasarım ve yaratıcılık etkinliklerinin desteklenerek güçlü yönlerin ortaya çıkması hedeflenmektedir. Böylece AB sanayi

havuzunda rekabet hızlandırılacak araştırma ve inovasyon faaliyetleri için itici güç oluşturulacaktır. AB içerisinde yer alan teknoloji girişimlerinde araştırmacıların işbirlikleri için kolaylıklar sağlanacaktır. İşbirlikleri finansmanlar tarafından desteklenecek olup yapılan teknoloji, tasarım ve sosyal çevrede gerçekleşen inovasyon faaliyetleriyle AB çıkarları da korunmuş olacaktır (Soylu, 2011). Türkiye’de TÜBİTAK aracılığı ile inovasyon kavramı ve kullanım amaçları Oslo Kılavuzuna bağlı kalınarak yerleşmiştir. Her ülke kendi kültürü ve bilgi birikimine bağlı olarak sürdürülebilir planlar oluşturmaktadır. İnovasyon faaliyetlerini ve yeni teknolojik girişimleri içeren planlar evrensel inovatif yaklaşımları analiz ederek düzenlenmelidir. Uluslararası, şirketler arası ya da şirket içi etkinliklerin öngörülen teknolojilerle şekillendirilmesi ve uygulanacak metotların belirlenmesi gerekmektedir. İnovasyon aktivitelerinin yürütülmesinde kullanılan yöntemler, inovasyonun içeriği ve kapsam çeşitleri Tablo 2’de gösterilmiştir. Firmaların ürün, hizmet ya da iş sisteminde iyileştirme dışında yenilik düzeyi yüksek ve yeni bir kategori yaratan inovasyonlar radikal inovasyonlardır. Yaratılan yeni kategorinin içinin doldurulmasında yapılan farklılaştırma işlemleriyle birlikte ortaya çıka iyileştirmeler ise adımsal inovasyonlardır. Bu iki türden inovasyonla giderilemeyen ihtiyaçlar, kaldırılamayan engeller ve çözülemeyen problemler yüksek yaratıcılık ve bilgi birikimiyle sonlandırılabilir. Yıkıcı inovasyon olarak adlandırılan yenilik türü

**Tablo 2. İnovasyon İçerik ve Kapsamları (Ürper,2013)**

<b>Düzeyine Göre</b>	Radikal	Adımsal	Yıkıcı
<b>Yapılış Şekline Göre</b>	Kapalı	Açık	Tersine
<b>Yapıldığı Alana ve Konusuna Göre</b>	Operasyonel	Pazarlama	İş Modeli

ezber bozan bir niteliğe sahiptir. Yalnızca şirket iç kaynakları kullanılarak yapılan kapalı inovasyon ile bilgi çağının başlamasıyla gündeme gelen açık inovasyon şirketlerin inovasyonlara bakış açılarını da belirlemektedir. Şirket içi işbirliğinin yeterli olmadığı noktalarda açık inovasyon uluslararası bilgi ağıyla mesleki bilgilerin geliştirilmesini sağlamaktadır. Sadece dijital değil mekanik yüzeylerde de çeşitli organizasyon işbirlikleri yapılarak yüz yüze yenilikçi fikir etkileşimi sağlanabilmektedir (Ürper, 2013). Vijay Govindarajan tersine inovasyon kavramının yaratıcısıdır. Yerel ihtiyaçların giderilmesi için uluslararası örgüt yapısı oluşturularak inovasyon gerçekleştirilmektedir. Özellikle geri kalmış ülkelerde temel ihtiyaçların ucuz ve basit yollarla karşılanmasını amaçlayan inovasyon türü için Govindarajan inovasyon fikirlerinin ülkeler tarafından kolaylıkla kabul edildiğini ancak uygulama safhalarının aynı basitlikte ilerlemediğini belirtmektedir (Govindarajan ve Trimble, 2012).

Firma içi farklı süreçlerin aynı anda sürdürülebilir iyileştirmeler göstermesi organizasyonel bir inovasyondur. Ürün ve hizmet kalitesini arttırırken kâr marjını korumak, pazar rekabetine katkıda bulunurken kendi iç çatışmalarını dengede tutmak gibi organizasyon şemasında bulunan başlıklardaki yenilikleri içermektedir. Pazar ihtiyaçlarını ve rekabetçi ürün stratejisini önceden tanımlayarak ürün ve hizmet yaratabilmek bir pazarlama inovasyonudur. İşletmenin yapacağı her yatırım pazar öngörülerine bağlı olarak yapılmaktadır. Her işletmenin yatırım yapacağı alan ve uygulayacağı iş yönetim sistemi birbirinden farklıdır. Ancak şirket büyümesini sağlayacak olan değerler, kilit süreçler ve kaynaklar, kâr formülü her ekonomik döngüye sahip yapı için önemlidir (Ürper, 2013).

Ekonomik ve sosyal katma değer yaratılabilmesi için ürün ve sistemlerin daha çok bilgiyle işlenmesi gerekmektedir. Katma değer artışı için tasarım, Ar-Ge, inovasyon ve kurumsallaşma faaliyetleri desteklenmelidir. İş gücü yoğunluğuna ayrılan bütçe bilgi yoğunluğuna ve büyük veri işleme tekniklerine kaydırılmalıdır. Böylece verimli Ar-Ge çalışmalarıyla daha nitelikli ürünler ve daha yüksek fiyata sahip ürünler elde edilerek firma içerisindeki karlılık da arttırılabilecektir (Güneş vd., 2015). Gelişmekte olan ülkeler yükselen ve sürdürülebilir bir ekonomi oluşturabilmek ve gelişmiş ülkelerin kalkınma seviyesine ulaşabilmek için katma değerli, ileri teknoloji ürünleri üretmesi ve ihracat faaliyetlerini arttırması gerekmektedir (Göçer, 2013).

İnovasyonun gerçekleştirildiği firma ve kaynaklarının kullanıldığı ülke aynı oranda büyüme sağlamaktadır. Firma temsil ettiği ülke sayesinde teknolojiye katkı sağlamakta ve adımı uluslararası platformlarda

duyurabilmektedir. İnovasyon firma içinde verimlilik, kalite, pazar payı, bilgi değeri, müşteri tatmini, hızlı talep karşılama, yeni pazarlar ve üretimde kar artışı sağlamaktadır. Aynı şekilde bulunduğu ülkenin yerleşik değerlerinde ve toplum yapısında refah, istihdam, ihracat, girişimcilik, sürdürülebilirlik yaklaşımları ve verimli enerji kaynağı kullanımında artış gözlemlenmektedir. İnovasyon sadece şirketler arası rekabet aracı olmaktan çıkarak küresel ağda yer alan ülkelerde rekabet stratejisinin oluşmasını sağlamıştır. Oluşturulan rekabet stratejileri içerisinde inovasyon tekniklerini yönetmek de başlı başına ayrı bir uzmanlık alanıdır (Uzkurt, 2010).

#### 4. Türkiye’de Teknoloji ve İnovasyon Yönelimleri

Sektörlerde uluslararası işletmelerden KOBİ’lere kadar farklı yapılaşmalar büyüme vizyonlarını koruyabilmek için inovasyon kültürüne sahip üyelerden oluşmalıdır. Devlet destekli girişimler ve yatırım faaliyetleri sonucu büyüme gösteren firmalar sayesinde yine ülkedeki teknoloji değeri artmakta, uluslararası karşılaşmalarda ön plana çıkmaktadır. Ancak Türkiye’de girişim faaliyetlerine verilen destek artış ivmesinde seyretmemekte inovasyon kültürü eksikliği girişimciliğin önündeki engellerden biri olmaya devam etmektedir. Sanayi Bakanlığı verilerine bakıldığında 2018 yılı itibarıyla Türkiye’deki Ar-Ge merkezi sayısının 726’ya ulaştığı, faaliyette olan 128 tasarım merkezinden 15’inin üretim sanayisi içerisinde yer aldığı görülmektedir. Ar-Ge merkezlerinin yoğunlaştığı ilk dört alanda 100’ü makine ve teçhizat üretimi, 85’i otomobil yan sanayi, 67’si yazılım ve 55’i bilişim teknolojileri başlıklarına girmektedir. Endüstriyel üretim sektörü içinse büyük bir atılım yaratacak olan ‘Otomobil Yerli Üretim Ortak Girişim Grubu’ TOBB ve Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı girişimiyle kurulmuştur. 2019’da Türkiye’nin yerli otomobil prototipini oluşturması ve 2021’de de yerli otomobili satışa sunması beklenmektedir (Ölekli, 2018).

Türkiye sanayisinde üretilen ve dışarıdan karşılanan teknolojilerin yoğunluğuna göre 2013-2016 yılları arası ihracat değerindeki minimum değişim yüksek teknolojili ürünlerde olup düşük teknolojili ürünler en yüksek paya sahip olmaktadır. Orta yüksek teknolojili ürünler ithalat payında ön sırada yer almaktadır. Yüksek teknolojili ürünler de ithalat miktarını artırma eğilimini sürdürmektedir. (Türkiye İhracatçılar Meclisi Ekonomi ve Dış Ticaret Raporu 2015, Türkiye İhracatçılar Meclisi Ekonomi ve Dış Ticaret Raporu 2017) . Yüksek teknoloji ürünlerinin tüketilmesinden önce ülke içerisinde girişim ve üretim teşviki sağlanmalıdır. Göçer (2013) çalışmasında 11 Asya ülkesini analiz ederek 1996 ve 200 yılları arasındaki imalat sanayi ihracatı içinde yüksek teknolojili ürün ihracatı payının ve toplam mal ihracatı içinde bilgi-iletişim teknolojileri payının Türkiye, Azerbaycan, Hindistan, Pakistan ve Rusya’da düşük olduğu, Çin’in oranının hızla arttığı, Güney Kore, Malezya, Singapur ve Tayland’da yüksek olduğu görülmüştür. Analizler ileri teknolojili ürün ihracatının, bilgi-iletişim teknolojileri ihracatının ve Ar-Ge harcamalarındaki artışın birbirlerini pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı biçimde etkilediğini göstermiştir.

Dam ve Yıldız (2016) BRICS ülkeleri olarak gruplanan Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika iş gücü potansiyelleri açısından benzer nitelikte olup ekonomik kalkınmaları ise yapılacak doğru yatırımlara ve GSYH’deki payların dağılımına bağlı olduğunu açıklamıştır. Bu ülkelere Türkiye ve Meksika da eklenerek hızla büyüyen ülke ekonomilerinde birbirleri için örnek teşkil etmeleri amaçlanmıştır. Avrupa ülkelerinin stratejileri takip edilerek oluşturulan ülke politikaları özellikle yazılım ve donanım alanında yapılacak girişimleri desteklemektedir. Dünya Bankası verilerine göre 1996 ile 2013 yılları arasında BRICS-TM ülkelerinde Ar-Ge harcamaları için en fazla pay Çin’de ayrılmıştır. Sonrasında Brezilya ve Rusya Ar-Ge ve inovasyon çalışmalarına önemli ölçüde yer veren ülkeler olmuştur. Türkiye hem teknoloji yatırım payında hem de yıllık patent sayılarında 6 ülke içerisinde dördüncü sırada yer almaktadır. Ayrıca Dam ve Yıldız (2016) yaptıkları analizde 2000 ve 2012 yıllarına ait BRICS-TM verileri üzerinden Ar-Ge ve inovasyon çalışmalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini pozitif yönde bulmuşlardır. Bu analizlere bağlı olarak Türkiye’nin ve gelişmekte olan diğer ülkelerin ekonomi politikalarını şekillendirmek için GSYH’da teknoloji, inovasyon ve tasarım faaliyetlerine daha fazla pay ayırmaları zorunlu hale gelmektedir.

#### 5. Sonuç ve Gelecek Dönem Çalışmaları

Disiplinler arası teknoloji tabanlı proje süreçlerinde inovasyon kültürünü benimsemek hem süreci oluşturan ana fikrin hem de ürün çıktılarının inovatif yönlü olmalarını sağlamaktadır. Türkiye’de bulunan teknolojik alt yapı sektörlerinde de ürün süreç yönetimi inovatif yaklaşımla yeniden kurgulanmalıdır. Mühendislik ve tasarım bilgilerinin dijital araçlarla kombinasyonu geçirilen ortak sürecin verimini arttırmaktadır. Mühendislik tasarımı süreçlerinin karmaşıklığı sürekli arttıkça, tasarımın farklı disiplinler arasındaki işbirliğine dayalı çok sayıda uzmanlığı entegre etmesi gerekmektedir. Mühendislik ve tasarım sürecinin kontrol amaçlarından biri de işbirliği ve tasarım hedeflerine bağlı olarak tasarım dönüşümünün gerçekleşeceği sistemi tanımlamak ve organize etmektir. Bu nedenle tasarım kontrolü, gerektiğinde uzmanların çalışmalarını uyarmak için tasarım süreci kavramını anlamayı zorunlu kılmaktadır (Robin vd., 2006).

Asya ve Avrupa ülkelerindeki teknolojik ve inovatif girişimler takip edilmeli, işbirliklerinde yurtiçinde olduğu kadar yurtdışından bilgi desteğiyle de projeler oluşturulmalıdır. Geleceği ve yenilikçi çalışmalar için teknoloji tabanlı üretim yapan firmaların Ar-Ge ve tasarım süreçleri analiz edilmelidir. Uzmanların teknolojik eğilimleri gözlemlenmeli, yenilikçi teknolojilerin kullanımı özendirilmelidir. Çalışma içerisinde de belirtilen inovasyon türlerinden sisteme ve mevcut ürünlere uygulanabilecek inovatif yaklaşımlar oluşturulmalıdır. Böylece firmaların sektör içerisinde sahip oldukları pazar payındaki ve ülke çapında elde edilen katma değerli ürün sayısındaki artış desteklenecektir. Teknoloji alanına yapılan yatırımlar artırılmalı, yeni girişimciler ve teknolojik tasarım ürünlerinin uluslararası platformlarda sergilenmesi desteklenmelidir. Böylece teknoloji ve inovasyon çalışmalarını içeren vizyon hedefleri gerçekleştirilebilecektir.

## BİLGİLENDİRME

Bu bildiri metni Gazi Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Endüstri Ürünleri Tasarımı Anabilim Dalında yapılan “*Teknoloji Tabanlı Projelerde Endüstri Ürünleri Tasarımcısının Süreç Yönetiminin Analizi*” başlıklı yüksek lisans tezi kapsamında ve Prof. Dr. H. Güçlü YAVUZCAN danışmanlığında hazırlanmıştır.

## KAYNAKÇA

- Bilge B., (2017) Yıkıcı Teknolojilerin Belirlenmesi, Savunma Bilimleri Dergisi, 16 (1), ISSN (Basılı) : 1303-6831 ISSN (Online): 2148-1776
- Braungart M., McDonough W. ve Bollinger A. (2007) Cradle-To-Cradle Design: Creating Healthy Emissions - A Strategy For Eco-Effective Product And System Design, Journal of Cleaner Production 15, 1337-1348
- Castells M., (2008) Ağ Toplumunun Yükselişi, Ebru Kılıç (çev.), İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları
- Chang F. ve Hao T., (2016) Industry 4.1 for Wheel Machining Automation, Doi: 10.1109/LRA.2016.2517208
- Dam M. Ve Yıldız B., (2016) BRICS-TM ülkelerinde Ar-Ge ve İnovasyonun Ekonomik Büyüme üzerine Etkisi: Ekonometrik Bir Analiz, Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi, 33, 220-236
- Combs C. D. ve Mesko B., (2015) Disruptive Technologies Affecting Education and Their Implications for Curricular Redesign, The Transformation of Academic Health Centers, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-800762-4.00007-4>
- Gustavsson P., Holm M., Syberfeldt A. ve Wang L., (2018) Human-Robot Collaboration – Towards New Metrics for Selection of Communication Technologies, 51st CIRP Conference on Manufacturing Systems, 72, 123-128
- Göçer İ., (2013) Ar-Ge Harcamalarının Yüksek Teknolojili Ürün İhracatı, Dış Ticaret Dengesi ve Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkileri, Maliye Dergisi, 165, 215-240
- Güneş S., Togay A. ve Güneş Ç., (2015) Katma Değer ve Kalkınma Bağlamında Ürün Tasarımı, Sanat ve Tasarım Dergisi, (16), 97-112, <http://dergipark.gov.tr/sanatvetasarim/issue/20667/220477>
- Kiper M., (2010) Dünyada ve Türkiye’de Üniversite-Sanayi İşbirliği ve Bu Kapsamda Üniversite-Sanayi Ortak Araştırma Merkezleri Programı (ÜSAMP), Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı
- Müller J. M., Buliga O. ve Voigt K., (2018) Fortune Favors The Prepared: How Smes Approach Business Model Innovations in Industry 4.0, Technological Forecasting & Social Change 132, 2–17
- Oslo Kılavuzu, Yenilik Verilerinin Toplanması ve Yorumlanması İçin İlkeler, (2016) OECD ve Eurostat Ortak Yayımları, TÜBİTAK, 3. Baskı
- Ölekli H., (2018) Endüstriyel Üretim, Sektörel Bakış – 2018 Serisi, KPMG
- Robin V., Rose B. ve Girard P., (2006) Modelling Collaborative Knowledge to Support Engineering Design Project Manager, Computer Industry, 58, 188-198
- Sadowski B. ve Duysters G., (2008) Strategic Technology Alliance Termination: an Empirical Investigation, J. Eng. Technol. Manage. 25, 305-320
- Soylu A., (2011) “AB 2020” Ve “Vizyon 2023” Stratejilerinde İnovasyon Hedeflerinin Karşılaştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2:14, 105-122
- Troxler P., (2013) Making the 3rd Industrial Revolution The Struggle for Polycentric Structures and a New Peer- Production Commons in the Fab Lab Community (Ed. J. Walter-Herrmann ve C. Büching), FabLabs: Of Machines, Makers and Inventors. Bielefeld, 2013, Transcript Publishers
- Türkiye İhracatçılar Meclisi Ekonomi ve Dış Ticaret Raporu 2015, (2015) Türkiye İhracatçılar Meclisi
- Türkiye İhracatçılar Meclisi Ekonomi ve Dış Ticaret Raporu 2017, (2017) Türkiye İhracatçılar Meclisi
- Uzkurt C., (2010) İnovasyon Yönetimi: İnovasyon Nedir, Nasıl Yapılır ve Nasıl Pazarlanır?, Ankara Sanayi Odası Yayın Organı
- Ürper Y., (2013) İnovasyon Çeşitleri (Ed. Yılmaz Ürper), Açıköğretim Yayınları - Girişimcilik, 80-86
- Zezulka F., Marcon P., Vesely L. ve Sajdl O., (2016) Industry 4.0 – An Introduction in The Phenomenon, International Federation of Automatic Control, Elsevier Ltd.

- URL 1: [https://www.ted.com/talks/neri\\_oxman\\_design\\_at\\_the\\_intersection\\_of\\_technology\\_and\\_biology](https://www.ted.com/talks/neri_oxman_design_at_the_intersection_of_technology_and_biology) ,  
Teknoloji ve Biyolojinin Kesişiminde Tasarım, Neri Oxman -TED2015, Erişim Tarihi: 02.05.2018
- URL 2: <http://www.mcdonough.com/cradle-to-cradle/> , William McDonough Cradle to Cradle, Erişim  
Tarihi: 18.04.2018
- URL 3: <http://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/> , Endüstri Tarihine Kısa Bir  
Yolculuk, Erişim Tarihi: 07.05.2017

**EVALUATION OF STORES' PERFORMANCES VIA FUZZY AHP AND GREY  
RELATIONAL ANALYSIS INTEGRATED BALANCE SCORECARD  
METHOD IN THE RETAIL SECTOR**

Sinem Büyüksaatçı Kiriş  
Istanbul University

Tuncay Ozcan  
Istanbul University

**ABSTRACT**

Performance can be defined as the degree of reaching the expected goals and the demonstration of behaviors in accordance with the predefined standards as a requirement of any task. Performance evaluation is used to check whether the enterprises reach their targets. In terms of the retail sector, performance measurement and evaluation is crucial for enterprises in order to understand their operations, to ensure that the provided service are accurate, to provide better service to the customer, to assess their positions in the sector and to achieve competitive advantage. Furthermore, retail chains benefit from the use of performance evaluation systems to determine the efficiency of their stores'. At this point, balanced scorecard method provides a systematic framework for the performance evaluation by integrating financial measures and non-financial measures. In this study, a multi-criteria decision making approach for the performance evaluation of retail stores is proposed based on Balanced Scorecard. Fuzzy analytical hierarchy process is used to determine the weight of each performance indicator (KPI) and grey relational analysis is used to evaluate and rank the performance of the retail stores. The applicability and efficiency of the proposed approach is demonstrated via a case study with data taken from a retail chain operating in Turkey.

***Keywords: Performance Evaluation, Balance Scorecard, Fuzzy Analytical Hierarchy Process, Grey Relational Analysis, Retailing***

## 1. INTRODUCTION

The word “performance” is widely used in almost every area of life. In general meaning, performance refers to how well a task or function is done. Despite the frequency of use of word, the exact meaning is not fully specified by the authors. For this reason, there are different definitions about performance in the literature although they are close to each other.

Performance is;

- to accomplish something with a specific intention (e.g., create value);
- the result of an action (the value created, however measured);
- the ability to accomplish or the potential for creating a result (e.g., customer satisfaction seen as a measure of the potential of the organization for future sales);
- the comparison of a result with some benchmark or reference selected – or imposed – either internally or externally;
- a surprising result compared to expectations;
- acting out, in psychology;
- a show, in the “performing arts,” that includes both the acting or actions and the result of the actions as well as the observation of the performers by outsiders;
- a judgment by comparison ( Lebas & Euske, 2002)

As it is clear from the definitions, the performance word is directly related to the words “measurement” and “evaluation” due to the judgments it implies.

The roots of the performance measurement lie to fifteenth century when the double entry accounting invented (Morgan, 2004). Prior to 1970’s, managers used the financial measures such as sales, productivity, efficiency, and ROI as evaluation criteria, which are related with accounting (Nudurupati et al., 2011). In the early 1980s, changes in technology and manufacturing environment brought developments in traditional cost accounting system due to its lack of providing data on quality, responsiveness, flexibility, what customers want, how competitors are performing, improving system rather than minimizing the variances from standards (Neely, 1999). Parallel with this, the indicators such as quality, inventory, cost, time, and flexibility began to be taken into account for the competitive advantage of firms (Kaplan, 1983; 1984). Since then a number of performance measurement frameworks and alternative measurement systems were proposed. Balanced Scorecard (Kaplan & Norton, 1992), supportive performance measurement matrix (Keegan et al., 1989), performance prism (Neely & Adams, 2000; 2001), results and determinants framework (Fitzgerald, 1991; 1996), activity based costing (Cooper & Kaplan, 1987), theory of constraints (Goldratt & Cox, 1984), SERVQUAL model (Zeithaml et al. 1990) are some of these.

Neely et al. (1995) proposed the definitions of performance measurement, a performance measure and a performance measurement system as follows:

“Performance measurement (PM) can be defined as the process of quantifying the efficiency and effectiveness of action.”

“A performance measure can be defined as a metric used to quantify the efficiency and/or effectiveness of action.”

“A performance measurement system (PMS) can be defined as the set of metrics used to quantify both the efficiency and effectiveness of actions.”

Parker (2000) defined the fundamentals of performance measurement, which are given below:

- Performance measures need to be aligned with the organization’s value and strategy
- Sub-unit measures must aggregate into organization-wide measures
- There must be commitment to the measurement regime
- Measures must be reliable and clearly defined.

The detailed review for what the fundamentals of PMS, how these fundamentals have influenced the use of data, development of measuring methods, measuring attributes and measuring process was provided by Keong Choong (2014).

In the light of all this information, it is possible to say that performance measurement or evaluation is critical for all type of enterprises. The retail sector is one of them. The better the efficiency of the stores is defined in retail chains, the more competitive advantage they have on the market. In this study, it is aimed to compare the performances of the 25 stores of a retail company operating in Istanbul using multi criteria decision making approach, which is based on balanced scorecard. Two popular methods, fuzzy analytical hierarchy process and grey relational analysis are integrated for the analysis and comparison indicators were chosen under the perspectives of balance scorecard.



The outline of the study is as follow. In section 2, brief information about retailing and literature review for performance measurement in retailing is given. Section 3 presents the methodology and the details of the fuzzy analytic hierarchy process and grey relational analysis are explained. The application and the computational results are shown in section 4. Section 5 concludes the study.

## **2. PERFORMANCE MEASUREMENT IN RETAILING**

Retailing is the set of business activities that adds value to the products and services sold consumers for their to personal or family use. Therefore, retailers are a key component in the supply chain that links manufacturers to consumers (Levy et al., 2002). In the last decade, the competitiveness of the market, changing customer needs and increasing interest in the shopping experience as much as products, technological breakthroughs such as radio frequency identification (RFID) and personal selling assistants (PSAs) have a dramatic impact on retailers. These challenges forced them to take an action and provide more value to consumers in order to sustain their business success (Krafft & Mantrala, 2006). The determination of key performance indicators and their evaluation is the most important step for remaining viable. According to Mou et al. (2018), the performance of a retail store can be assessed from four perspectives: financial, service, employees and customers. Anand and Grover (2015) presented the KPIs for retail supply chain performance under four aspects: transport optimization, information technology optimization, inventory optimization, and resource optimization.

When the studies in the literature related to the performance measurement in retailing are examined, the following studies are encountered.

Thomas et al. (1998) presented a data envelopment analysis (DEA) approach for assessing store efficiency within a large retail chain. They defined total 16 input variables related to labor, experience, location related costs and internal processes categories using Delphi approach on central and regional managers. Sales and profits were accepted as output variables.

Donthu and Yoo (1998) applied the DEA for the performance evaluation of 24 stores of a fast food restaurant chain using four inputs and two outputs. The contribution of this study was consideration of customer satisfaction as an output variable.

Pestana Barros and Alves (2003) implemented DEA model using multiple inputs and outputs on 47 outlets of a Portuguese hypermarket retail company to explore their efficiency. The results showed that most of the outlets are efficient. For ineffective ones, Pestana Barros and Alves made the following suggestions: managerial procedure should be changed and the improvements on technical efficiency should be considered.

Yu and Ramanathan (2008) examined economic efficiencies of 41 retail companies working in the UK between 2000 and 2005 using data envelopment analysis (DEA), Malmquist productivity index (MPI), a bootstrapped Tobit regression model. According to their two-stage analysis, the factors influencing efficiency were the type of ownership, legal form, and retail characteristics. It is also indicated that foreign retailers, private retail companies and food retail companies are more efficient. Yu and Ramanathan (2009) also measured the efficiency of 61 retailers in China using the same methodology presented in 2008. They found that the only factor influencing efficiency was the retail characteristics, and department stores were the most efficient.

Gupta and Mittal (2010) analyzed the technical efficiency of 43 retail outlets operating in the Delhi and National Capital Region of the Indian retail sector. The results pointed that 16 of the companies were 100 % efficient and 2 out of them needed to have more attention due to their efficiency under 50 %.

Gandhi and Shankar (2014) applied three related methodologies like Yu and Ramanathan (2008, 2009) on 18 Indian retailing companies to measure their efficiency, scale efficiency and productivity performance from 2008 to 2010.

Zervopoulos et al. (2016) conducted a case study to evaluate the performance of 36 retail firms operating in the US. In their methodology, Zervopoulos et al. (2016) considered both the direct and inverse relationships among the dimensions of performance. They also relaxed the assumption of fixed weights between actual and adjusted input and output variables.

Ozcan and Tuysuz (2016) suggested a grey-based multi-criteria performance evaluation model for retail sector, which integrated Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) and modified grey relational analysis (GRA). While DEMATEL was used for obtaining the weights of key performance indicators, modified GRA was used for ranking the performances of the stores. The suggested model was applied to a 102 stores of a retail chain.

Bolukbas et al. (2017) proposed fuzzy analytic hierarchy process integrated with VIKOR, PROMETHEE, and ELECTRE methods for financial performance evaluation of 8 Turkish retail companies. They used fuzzy AHP to determine the weights of the criteria among three different decision makers. Accounts receivable turnover and inventory turnover were selected as the most important criteria for financial

performance evaluation. According to results, all the VIKOR, PROMETHEE, and ELECTRE methods pointed the same ranking for financial performance of retail companies.

Another study to compare financial performances of 8 Turkish retail companies was presented by Ersoy (2017). Technique for order preference by similarity to an ideal solution (TOPSIS), Multi Attribute Utility Theory and Simple Additive Weighting methods were measured the performances of retails in the within the timeframe between 2010 and 2014.

### 3. METHODOLOGY

#### 3.1. Fuzzy Analytic Hierarchy Process

Analytic hierarchy process (AHP) is one of the well-known multi criteria decision making (MCDM) method that was proposed by Saaty (1980). The method generally contains four steps: (1) structuring hierarchical framework that includes criteria, sub-criteria and alternatives (2) constructing the pairwise comparison matrix using decision-makers' evaluations (3) using the eigenvector method to give the weights with respect to the criteria or sub-criteria and ratings with respect to the alternatives (4) synthesizing the priorities of the alternatives by criteria into composite measures to arrive at set of ratings for the alternatives. In the step (2), decision makers rate the importance according to Saaty 1-9 scale (Kulak & Kahraman, 2005; Wang et al., 2007). However, in real life, it is quite difficult for decision makers to make a definitive assessment. Because the values may not reflect their thoughts exactly. This inability of AHP for adequately handling the inherent uncertainty led researchers to use fuzzy nature (Ertuğrul & Karakaşoğlu, 2009).

The first fuzzy analytic hierarchy process was presented by Van Laarhoven and Pedrycz (1983), which used triangular fuzzy numbers (TFN) in the pairwise comparison matrix (Emrouznejad & Ho, 2017). A triangular fuzzy number can be represented as  $\tilde{N} = (l, m, u)$  where  $l, m$  and  $u$  are considered as lower bound, the mean bound, and the upper bound respectively. Its membership function  $\mu_{\tilde{N}}(x): R \rightarrow [0,1]$  can be described as:

$$\mu_{\tilde{N}}(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l}, & l \leq x \leq m \\ \frac{u-x}{u-m}, & m \leq x \leq u \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

In the literature, many different fuzzy AHP methodologies have been suggested (Van Laarhoven and Pedrycz, 1983; Buckley, 1985; Chang, 1996; Csutora & Buckley, 2001; Mikhailov, 2003). In this study, we used Buckley's (1985) approach. The steps of this approach are as follows (Hsieh et al., 2004; Kahraman et al., 2014):

Step 1: Fuzzy pairwise comparison matrices are constructed by decision makers. The pairwise comparison matrix is presented by Equation (2) for any decision maker.

$$\tilde{A}^k = \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11} & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & \tilde{a}_{22} & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & \tilde{a}_{nn} \end{bmatrix}, \quad k = 1, 2, 3, \dots, K \quad (2)$$

where  $n$  is the number of criteria,  $K$  is the number of decision maker and  $\tilde{a}_{il}$  ( $i, l \in N$ ) shows how many more times criterion  $i$  is preferred to criterion  $l$  with a certain level of uncertainty and/or vagueness. Also,  $\tilde{a}_{il} = 1/\tilde{a}_{li}$  (Kubler et al., 2016). In this study, geometric mean is used to aggregate experts' evaluations as Equation (3).

$$\tilde{A} = (\tilde{A}^1 \otimes \tilde{A}^2 \otimes \dots \otimes \tilde{A}^K)^{1/K} \quad (3)$$

Step 2: Fuzzy weights are calculated by using Equation (4) and (5) as follows.

$$\tilde{r}_i = (\tilde{a}_{i1} \otimes \tilde{a}_{i2} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{in})^{1/n} \quad (4)$$

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 + \tilde{r}_2 + \dots + \tilde{r}_n)^{-1} \quad (5)$$

where  $\tilde{r}_i$  is the geometric mean of fuzzy comparison value and  $\tilde{w}_i$  is the fuzzy weight of criterion  $i$ .

Step 3: Fuzzy weight values of the criteria are defuzzified by Equation (6) using the center of gravity and crisp weights are obtained.

$$w_i = \frac{\tilde{w}_i}{\sum_{i=1}^n \tilde{w}_i} = \frac{l_i + m_i + u_i}{\sum_{i=1}^n \tilde{w}_i} \quad (6)$$

### 3.2. Grey Relational Analysis

Grey system theory, which was first introduced by Deng in 1982, seems to be the general state of the fuzzy approach (Bai and Sarkis 2010), but in fact it contains differences. While there is a cognitive uncertainty in fuzzy mathematics, there is poor information uncertainty in grey system theory (Govindan et al, 2016).

As part of the grey system theory, grey relational analysis (GRA) is one of the popular MCDM methods in recent years. The GRA is based on exploring dynamic interrelationships among factors or sub systems. The method uses the grey relational grade to analyze the similarity or dissimilarity between series. The general steps of GRA method is as follows (Wu, 2002; Kung & Wen, 2007; Kuo et al., 2008):

**Step 1:** For each alternative, comparability sequence  $x_j = (x_j(1), x_j(2), \dots, x_j(i), \dots, x_j(n))$  is constructed. The comparability sequences can be represented in a matrix form.

$$X = \begin{bmatrix} x_1(1) & x_1(2) & \dots & x_1(n) \\ x_2(1) & x_2(2) & \dots & x_2(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_m(1) & x_m(2) & \dots & x_m(n) \end{bmatrix} \quad (7)$$

where  $m$  is the number of alternatives ( $j = 1, 2, \dots, m$ ),  $n$  is the number of criteria ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) and is  $x_j(i)$  the value of the  $i$ th criterion of the  $j$ th alternative.

**Step 2:** Reference sequence  $x_0 = (x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(i), \dots, x_0(n))$  is established. This sequence consists of target values of criteria.

**Step 3:** The data series are normalized by using Equation (8)-(10). The normalization process is necessary to make comparisons between series with different units of measure. It is called as grey relational generating. There are 3 possible cases for normalizing the data set:

- i. If the expectancy is larger-the-better (e.g. benefit), it is defined as:

$$x_j^*(i) = \frac{x_j(i) - \min_j x_j(i)}{\max_j x_j(i) - \min_j x_j(i)} \quad (8)$$

- ii. If the smaller-is-better (e.g. cost, defects), the formula is:

$$x_j^*(i) = \frac{\max_j x_j(i) - x_j(i)}{\max_j x_j(i) - \min_j x_j(i)} \quad (9)$$

- iii. For the nominal-is-best, then the formula is:

$$x_j^*(i) = 1 - \frac{|x_j(i) - u_i|}{\max\{\max_j x_j(i) - u_i, u_i - \min_j x_j(i)\}} \quad (10)$$

where  $u_i$  is nominal value of criteria  $i$ ,  $\min_j x_i(j)$  is the minimum value of criteria  $i$  and  $\max_j x_i(j)$  is the maximum value of criteria  $i$ .

After the original data set is normalized according to one of the three types of normalization cases, the matrix given in Equation (7) is converted to Equation (11), where all the values will be [0,1].

$$X^* = \begin{bmatrix} x_1^*(1) & x_1^*(2) & \dots & x_1^*(n) \\ x_2^*(1) & x_2^*(2) & \dots & x_2^*(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_m^*(1) & x_m^*(2) & \dots & x_m^*(n) \end{bmatrix} \quad (11)$$

**Step 4:** Grey relational coefficients are calculated using Equation (12)-(13).

$$\Delta_j(i) = |x_0^*(i) - x_j^*(i)| \quad (12)$$

$$\gamma_j(i) = \frac{\Delta_{min} + \zeta \Delta_{max}}{\Delta_j(i) + \zeta \Delta_{max}} \quad (13)$$

where  $\zeta$  is the distinguishing coefficient,  $\zeta \in [0,1]$ ;  $\Delta_{min} = \text{Min}\{\Delta_j(i); i = 1,2, \dots, n; j = 1,2, \dots, m\}$ ;  $\Delta_{max} = \text{Max}\{\Delta_j(i); i = 1,2, \dots, n; j = 1,2, \dots, m\}$

**Step 5:** Grey relational grades are calculated using grey relational coefficients and criteria weights.

$$r_j = \sum_{i=1}^n w_i \times \gamma_j(i) \quad (14)$$

#### 4. APPLICATION and RESULTS

In this study, a multi-criteria decision making approach based on balanced scorecard is proposed for the performance evaluation of 25 stores of a retail chain operating in Istanbul. Fuzzy analytical hierarchy process is used to determine the weight of each KPI and grey relational analysis is used to evaluate and rank the performance of the retail stores.

As the first step of the application, the two objectives for each perspective on the balanced scorecard and the key performance indicators related to these objectives have been determined in accordance with the selected retail company. The objectives and the KPIs are shown in Table 1. Table 1 also presents the type of the indicators.

**Table 1. Perspectives, objectives and key performance indicators used in this study**

Perspective	Objective	Key Performance Indicators (KPIs)	Type of Indicator
<b>Financial</b> (P <sub>1</sub> )	Increase profit (O <sub>1</sub> )	Gross Margin Return On Footage (GMROF) (I <sub>1</sub> )	Maximization
		Gross Margin Return On Investment (GMROI) (I <sub>2</sub> )	Maximization
<b>Customer</b> (P <sub>2</sub> )	Increase growth (O <sub>2</sub> )	Average financial turnover change (I <sub>3</sub> )	Maximization
		Customer continuity (I <sub>4</sub> )	Maximization
	Increase customer satisfaction (O <sub>3</sub> )	Complaint rate (I <sub>5</sub> )	Minimization
		Active customer rate (I <sub>6</sub> )	Maximization
<b>Internal Processes</b> (P <sub>3</sub> )	Increase profit of customer (O <sub>4</sub> )	Traffic conversation rate (I <sub>7</sub> )	Maximization
		Annual sales per customer (I <sub>8</sub> )	Maximization
	Manage processes efficiently (O <sub>5</sub> )	Labor performance rate (I <sub>9</sub> )	Maximization
		Inventory turnover (I <sub>10</sub> )	Maximization
<b>Learning and Growth</b> (P <sub>4</sub> )	Deliver on time (O <sub>6</sub> )	Stock-out rate (I <sub>11</sub> )	Minimization
		Inventory shrinkage rate (I <sub>12</sub> )	Maximization
	Increase employee satisfaction (O <sub>7</sub> )	Employee turnover rate (I <sub>13</sub> )	Nominal
		Number of customer per employee (I <sub>14</sub> )	Nominal
Ensure continuous development (O <sub>8</sub> )	Research and development expenditures (I <sub>15</sub> )	Maximization	
	Training time per employee (I <sub>16</sub> )	Maximization	

Then, five decision makers who were experts in the field were asked to make an order of importance for each perspective, objective and KPIs. Each decision maker carries out the pairwise comparison using the linguistic scale of importance corresponding to the fuzzy values. For the pairwise comparison, the linguistic terms and fuzzy numbers given in Table 2 are used.

**Table 2. Linguistic scale for pairwise comparison (Hsieh et al., 2004)**

Linguistic Scales	Scale of fuzzy number
Just equal	(1,1,1)
Almost equally important	(1,1,3)
Weakly important	(1,3,5)
Essentially important	(3,5,7)
Very strongly important	(5,7,9)
Absolutely important	(7,9,9)

The fuzzy comparison matrixes obtained for the perspectives, objectives and KPIs as a result of the evaluations of the decision makers are given in Table 3-5 respectively. Geometric mean is used for calculating the average of five decision makers.

**Table 3. Fuzzy pairwise comparison matrix for perspective**

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$
$P_1$	(1, 1, 1)	(1.24, 1.71, 2.53)	(1.93, 3.27, 4.43)	(3.15, 4.35, 5.24)
$P_2$	(0.39, 0.58, 0.8)	(1, 1, 1)	(1.55, 2.37, 3.74)	(2.14, 3.49, 4.66)
$P_3$	(0.22, 0.3, 0.51)	(0.26, 0.42, 0.64)	(1, 1, 1)	(1.24, 1.37, 2.29)
$P_4$	(0.19, 0.22, 0.31)	(0.21, 0.28, 0.46)	(0.43, 0.72, 0.8)	(1, 1, 1)

**Table 4. Fuzzy pairwise comparison matrix for objectives**

	$O_1$	$O_2$
$O_1$	(1, 1, 1)	(1, 1.24, 1.71)
$O_2$	(0.58, 0.8, 1)	(1, 1, 1)
	$O_3$	$O_4$
$O_3$	(1, 1, 1)	(0.72, 0.8, 1.55)
$O_4$	(0.64, 1.24, 1.37)	(1, 1, 1)
	$O_5$	$O_6$
$O_5$	(1, 1, 1)	(1, 1, 1.55)
$O_6$	(0.64, 1, 1)	(1, 1, 1)
	$O_7$	$O_8$
$O_7$	(1, 1, 1)	(0.28, 0.46, 0.8)
$O_8$	(1.24, 2.14, 3.49)	(1, 1, 1)

**Table 5. Fuzzy pairwise comparison matrix for KPIs**

	$I_1$	$I_2$		$I_9$	$I_{10}$
$I_1$	(1, 1, 1)	(0.42, 0.8, 1.37)	$I_9$	(1, 1, 1)	(0.16, 0.24, 0.51)
$I_2$	(0.72, 1.24, 2.37)	(1, 1, 1)	$I_{10}$	(1.93, 4.07, 6.11)	(1, 1, 1)
	$I_3$	$I_4$		$I_{11}$	$I_{12}$
$I_3$	(1, 1, 1)	(1.93, 3.27, 5.52)	$I_{11}$	(1, 1, 1)	(3.68, 5.72, 7.74)
$I_4$	(0.18, 0.3, 0.51)	(1, 1, 1)	$I_{12}$	(0.12, 0.17, 0.27)	(1, 1, 1)
	$I_5$	$I_6$		$I_{13}$	$I_{14}$
$I_5$	(1, 1, 1)	(0.9, 1.37, 2.53)	$I_{13}$	(1, 1, 1)	(1, 1.71, 2.53)
$I_6$	(0.28, 0.46, 0.8)	(1, 1, 1)	$I_{14}$	(0.39, 0.58, 1)	(1, 1, 1)
	$I_7$	$I_8$		$I_{15}$	$I_{16}$
$I_7$	(1, 1, 1)	(1, 1.37, 2.29)	$I_{15}$	(1, 1, 1)	(1.93, 4.07, 6.11)
$I_8$	(0.64, 1, 1.24)	(1, 1, 1)	$I_{16}$	(0.16, 0.24, 0.51)	(1, 1, 1)

After constructing the fuzzy pairwise comparison matrixes, the fuzzy and crisp weights were calculated by using Equation (5)-(7). The crisp weight of each perspective, objective and KPI are listed in Table 6.

**Table 6. The weight of each perspective, objective and KPI calculated by fuzzy AHP**

Perspective	Weight	Objective	Weight	KPI	Weight	KPI	Weight
$P_1$	0.45238	$O_1$	0.5632	$I_1$	0.4365	$I_9$	0.2168
		$O_2$	0.4368	$I_2$	0.5636	$I_{10}$	0.7832
$P_2$	0.30699	$O_3$	0.4926	$I_3$	0.7658	$I_{11}$	0.8451
		$O_4$	0.5074	$I_4$	0.2342	$I_{12}$	0.1549
$P_3$	0.14444	$O_5$	0.5368	$I_5$	0.6376	$I_{13}$	0.6199
		$O_6$	0.4632	$I_6$	0.3624	$I_{14}$	0.3802
$P_4$	0.09619	$O_7$	0.3222	$I_7$	0.5597	$I_{15}$	0.7832
		$O_8$	0.6778	$I_8$	0.4403	$I_{16}$	0.2168

The final weight of each KPI is noted in Table 7 by multiplying the weight of the KPI with the weight of the perspective and the weight of the objective, which the KPI is connected.

**Table 7. The final weight of each KPI calculated by fuzzy AHP**

KPI	Weight	KPI	Weight	KPI	Weight	KPI	Weight
$I_1$	0.1112	$I_5$	0.0964	$I_9$	0.0168	$I_{13}$	0.0192
$I_2$	0.1436	$I_6$	0.0548	$I_{10}$	0.0607	$I_{14}$	0.0118
$I_3$	0.1513	$I_7$	0.0872	$I_{11}$	0.0565	$I_{15}$	0.0511
$I_4$	0.0463	$I_8$	0.0686	$I_{12}$	0.0104	$I_{16}$	0.0141

In the second part of the application, the performances of 25 stores were evaluated according to the grey relational analysis. The values of comparability sequences for sample stores are showed in Table 8. Then, the reference sequence was defined using comparability sequences of 25 stores in the retail chain. The reference sequence in the case study was taken as;

$$x_0^* = \{345.8; 5.49; 10; 89; 0.04; 46563; 31.74; 23.01; 76.53; 6.44; 4.92; 99.16; 15; 800; 0.10; 12\}.$$

In the next step, the normalized values for each store are calculated using Equation (8)-(10). In the calculation, Equation (8) for the  $I_1$ - $I_4$ ,  $I_6$ - $I_{10}$ ,  $I_{12}$ ,  $I_{15}$  and  $I_{16}$  indicators, Equation (9) for the  $I_5$  and  $I_{11}$  indicators and Equation (10) for the  $I_{13}$  and  $I_{14}$  indicator are used.. The obtained normalized values for sample stores are indicated in Table 9.

**Table 8. Comparability sequences for sample stores in the retail chain**

Store	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$	$I_6$	...	$I_{12}$	$I_{13}$	$I_{14}$	$I_{15}$	$I_{16}$
$S_1$	168.81	2.33	0.78	74.76	0.08	15813	...	98.58	15.49	790.65	0.09	10
$S_2$	164.04	2.25	-7.30	71.60	0.07	14731	...	98.44	23.94	775.32	0.06	8
$S_3$	225.5	3	4.70	64.69	0.06	36356	...	98.52	10.23	2019.78	0.05	12
$S_4$	171.16	2.32	6.97	73.48	0.07	9287	...	98.61	22.45	464.35	0.09	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$S_{12}$	236.61	3.35	-8.19	77.17	0.06	30207	...	98.82	20.31	1776.88	0.10	6
$S_{13}$	187.55	2.58	8.21	74.05	0.07	12259	...	98.13	9.88	681.06	0.05	6
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$S_{22}$	142.3	1.93	1.13	59.73	0.04	10215	...	98.30	23.86	681	0.05	10
$S_{23}$	144.12	1.96	-4.63	65.81	0.05	10612	...	98.36	21.38	530.60	0.06	10
$S_{24}$	354.8	5.49	6.93	88.57	0.04	21292	...	98.62	13.95	1330.75	0.10	8
$S_{25}$	186.91	2.78	4.90	73.17	0.06	14522	...	98.89	16.94	968.13	0.08	8

**Table 9. Normalized values of sample stores in the retail chain**

Store	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$	$I_6$	...	$I_{12}$	$I_{13}$	$I_{14}$	$I_{15}$	$I_{16}$
$S_1$	0.132	0.127	0.511	0.691	0.000	0.175	...	0.613	0.950	0.994	0.800	0.667
$S_2$	0.109	0.105	0.082	0.621	0.306	0.146	...	0.520	0.088	0.985	0.200	0.333
$S_3$	0.396	0.312	0.719	0.466	0.531	0.726	...	0.573	0.513	0.261	0.000	1.000
$S_4$	0.143	0.124	0.840	0.663	0.265	0.000	...	0.633	0.240	0.797	0.800	0.333
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$S_{12}$	0.448	0.409	0.034	0.745	0.571	0.561	...	0.773	0.458	0.408	1.000	0.000
$S_{13}$	0.219	0.196	0.906	0.675	0.367	0.080	...	0.313	0.478	0.928	0.000	0.000
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$S_{22}$	0.008	0.017	0.530	0.355	0.837	0.025	...	0.427	0.096	0.928	0.000	0.667
$S_{23}$	0.016	0.025	0.223	0.491	0.612	0.036	...	0.467	0.349	0.837	0.200	0.667
$S_{24}$	1.000	1.000	0.838	1.000	0.857	0.322	...	0.640	0.893	0.679	1.000	0.333
$S_{25}$	0.216	0.251	0.730	0.656	0.429	0.140	...	0.820	0.802	0.898	0.600	0.333

Based on the normalized values, the grey relational coefficient for each store was calculated using Equations (12)-(13). The obtained grey relational coefficients for sample stores are shown in Table 10.

**Table 10. Grey relational coefficients of sample stores for sample indicator**

Store	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$	$I_6$	...	$I_{12}$	$I_{13}$	$I_{14}$	$I_{15}$	$I_{16}$
$S_1$	0.365	0.364	0.506	0.618	0.333	0.377	...	0.564	0.909	0.989	0.714	0.600
$S_2$	0.360	0.358	0.352	0.569	0.419	0.369	...	0.510	0.354	0.971	0.385	0.429
$S_3$	0.453	0.421	0.640	0.484	0.516	0.646	...	0.540	0.507	0.404	0.333	1.000
$S_4$	0.368	0.364	0.758	0.597	0.405	0.333	...	0.577	0.397	0.711	0.714	0.429
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$S_{12}$	0.475	0.458	0.341	0.662	0.539	0.533	...	0.688	0.480	0.458	1.000	0.333
$S_{13}$	0.390	0.384	0.841	0.606	0.441	0.352	...	0.421	0.489	0.874	0.333	0.333
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$S_{22}$	0.335	0.337	0.515	0.437	0.754	0.339	...	0.466	0.356	0.874	0.333	0.600
$S_{23}$	0.337	0.339	0.392	0.496	0.563	0.341	...	0.484	0.434	0.754	0.385	0.600
$S_{24}$	1.000	1.000	0.755	1.000	0.778	0.424	...	0.581	0.824	0.609	1.000	0.429
$S_{25}$	0.389	0.400	0.649	0.592	0.467	0.368	...	0.735	0.716	0.831	0.556	0.429

In the last step of the grey relational analysis, the grey relational grade for each store was calculated using grey relational coefficients and the weights of KPIs, which are given in Tables 7. According to the grade values, the retail stores were then ranked highest to smallest. The grey relational grade and rank values of stores are given in Table 11.

According to the results given in Table 11, the best 3 stores in terms of performance are  $S_{24}$ ,  $S_{14}$  and  $S_{17}$  with the relational grades of 0.8768, 0.6769 and 0.6620 respectively. The worst 3 stores are  $S_{15}$ ,  $S_{16}$  and  $S_{10}$  with the relational grades of 0.4133, 0.4129 and 0.4114 respectively. The average of relational grades of 25 stores is 0.5066. Among 25 stores, only 9 stores have relational grades that are equal to or more than the average. The other 16 stores' performances are below the average.

**Table 11. Grey relational grades and ranks of all the stores in the retail chain**

Store	Grey Relational Grade	Rank	Store	Grey Relational Grade	Rank
$S_1$	0.4383	17	$S_{14}$	0.6769	2
$S_2$	0.4145	22	$S_{15}$	0.4133	23
$S_3$	0.5247	7	$S_{16}$	0.4129	24
$S_4$	0.5049	10	$S_{17}$	0.6620	3
$S_5$	0.6140	4	$S_{18}$	0.4304	19
$S_6$	0.4684	15	$S_{19}$	0.4922	12
$S_7$	0.4918	13	$S_{20}$	0.5388	5
$S_8$	0.4291	20	$S_{21}$	0.5383	6
$S_9$	0.4673	16	$S_{22}$	0.4336	18
$S_{10}$	0.4114	25	$S_{23}$	0.4230	21
$S_{11}$	0.5211	8	$S_{24}$	0.8768	1
$S_{12}$	0.5067	9	$S_{25}$	0.4928	11
$S_{13}$	0.4812	14			

## 5. CONCLUSION

In this study, it is aimed to determine the best stores by evaluating the performances of 25 retail stores belonging to a retail company operating in Istanbul both in terms of decision makers' opinions and in terms of the current situation of the stores. For this purpose, the balanced scorecard method, which enables performance to be evaluated not only from financial but also non-financial aspects, is taken as basis. The balanced scorecard method is combined with fuzzy AHP and grey relational analysis methods to provide numerical analysis. Fuzzy analytical hierarchy process is used to determine the weight of each key performance indicator (KPI), which are defined from literature and universal for retail sector. Grey relational analysis is used to evaluate and rank the performance of the retail stores. Thus, information about the current status of the stores has been acquired and the stores to be improved have been identified.

In retail sector, performance measurement and evaluation is crucial for enterprises in order to understand their operations, to ensure that the provided service are accurate, to provide better service to the customer,

to assess their positions in the sector and to achieve competitive advantage. Furthermore, retail chains benefit from the use of performance evaluation systems to determine the efficiency of their stores'. The main contribution of this study is that the combination of multi-criteria decision making methods such as fuzzy AHP, grey relational analysis are new for performance evaluation in retail sector.

## REFERENCES

- Anand, N., & Grover, N. (2015). Measuring retail supply chain performance: Theoretical model using key performance indicators (KPIs). *Benchmarking: An international journal*, 22(1), 135-166.
- Bai, C., & Sarkis, J. (2010). Integrating sustainability into supplier selection with grey system and rough set methodologies. *International Journal of Production Economics*, 124(1), 252-264.
- Bolukbas, U., Celik, E., & Guneri, A. F. (2017). Fuzzy Based Approaches For Multi Period Financial Performance Evaluation of Turkish Retail Sector. *TAMAP Journal of Engineering*
- Buckley, J., (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 17, 233–247.
- Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European journal of operational research*, 95(3), 649-655.
- Cooper, R. and Kaplan, R.S. (1987), "How cost accounting systematically distorts product costs", in Burns, W.J. (Ed.), *Accounting and Management, Field Study Perspectives*, Harvard University Business Press, Boston, MA.
- Csutora, R., & Buckley, J. J. (2001). Fuzzy hierarchical analysis: The lambda-max method. *Fuzzy sets and Systems*, 120(2), 181–195.
- Deng, J. L. (1982). Control problem of grey system. *System and Control Letters*, 5, 288–294. <sup>[17]</sup><sub>[SEP]</sub>
- Donthu, N., & Yoo, B. (1998). Retail productivity assessment using data envelopment analysis. *Journal of retailing*, 74(1), 89-105.
- Emrouznejad, A., & Ho, W. (2017). *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*. CRC Press.
- Ertuğrul, İ., & Karakaşoğlu, N. (2009). Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods. *Expert Systems with Applications*, 36(1), 702-715.
- Ersoy, N. (2017). Performance Measurement in Retail Industry By Using A Multi-Criteria Decision Making Methods. *Ege Academic Review*, 17(4).
- Fitzgerald, L., Johnston, R., Brignall, T. J., Silvestro, R., & Voss, C. (1991), *Performance measurement in service industries*. The Chartered Institute of Management Accountants, London.
- Fitzgerald, L. and Moon, P. (1996), *Performance Measurement in Service Industries: Making it Work*, The Chartered Institute of Management Accountants, London.
- Gandhi, A., & Shankar, R. (2014). Efficiency measurement of Indian retailers using data envelopment analysis. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 42(6), 500-520.
- Goldratt, E.M. and Cox, J. (1984), *The Goal*, North River Press, New York, NY.
- Govindan, K., Khodaverdi, R., & Vafadarnikjoo, A. (2016). A grey DEMATEL approach to develop third-party logistics provider selection criteria. *Industrial Management & Data Systems*, 116(4), 690-722.
- Gupta, A., & Mittal, S. (2010). Measuring retail productivity of food & grocery retail outlets using the DEA technique. *Journal of Strategic Marketing*, 18(4), 277-289.
- Hsieh, T. Y., Lu, S. T., & Tzeng, G. H. (2004). Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings. *International journal of project management*, 22(7), 573-584.
- Kahraman, C., Süder, A., & Kaya, İ. (2014). Fuzzy multicriteria evaluation of health research investments. *Technological and Economic Development of Economy*, 20(2), 210-226.
- Kaplan, R. S. (1983). Measuring manufacturing performance: a new challenge for managerial accounting research. In *Readings in accounting for management control* (pp. 284-306). Springer, Boston, MA.
- Kaplan, R. S. (1984). The evolution of management accounting. In *Readings in accounting for management control* (pp. 586-621). Springer, Boston, MA.
- Kaplan, R.S. and Norton, D.P. (1992) 'The balanced scorecard—measures that drive performance', *Harvard Business Review*, Jan./Feb., 71–79. <sup>[17]</sup><sub>[SEP]</sub>
- Keegan, D. P., Eiler, R. G., & Jones, C. R. (1989). Are your performance measures obsolete?. *Strategic Finance*, 70(12), 45.
- Keong Choong, K. (2014). The fundamentals of performance measurement systems: A systematic approach to theory and a research agenda. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 63(7), 879-922.
- Krafft, M., & Mantrala, M. K. (2006). *Retailing in the 21st Century*. Springer Berlin " Heidelberg.
- Kubler, S., Robert, J., Derigent, W., Voisin, A., & Le Traon, Y. (2016). A state-of-the-art survey & testbed of fuzzy AHP (FAHP) applications. *Expert Systems with Applications*, 65, 398-422.
- Kulak, O., & Kahraman, C. (2005). Fuzzy multi-attribute selection among transportation companies using axiomatic design and analytic hierarchy process. *Information Sciences*, 170(2-4), 191-210.



- Kung, C. Y., & Wen, K. L. (2007). Applying grey relational analysis and grey decision-making to evaluate the relationship between company attributes and its financial performance—a case study of venture capital enterprises in Taiwan. *Decision Support Systems*, 43(3), 842-852.
- Kuo, Y., Yang, T., & Huang, G. W. (2008). The use of grey relational analysis in solving multiple attribute decision-making problems. *Computers & industrial engineering*, 55(1), 80-93.
- Lebas, M., & Euske, K. (2002). A conceptual and operational delineation of performance. In *Business performance measurement: Theory and practice*, 65-79.
- Levy, M., Weitz, B. A., & Grewal, D. (2012). *Retailing management* (Vol. 6). New York: McGraw-Hill/Irwin.
- Mikhailov, L., 2003. Deriving priorities from fuzzy pairwise comparison judgements. *Fuzzy Sets and Systems*, 134, 365–385.
- Morgan, C. (2004). Structure, speed and salience: performance measurement in the supply chain. *Business process management journal*, 10(5), 522-536.
- Mou, S., Robb, D. J., & DeHoratius, N. (2018). Retail store operations: Literature review and research directions. *European Journal of Operational Research*, 265, 399-422.
- Neely, A.D., Mills, J.F., Gregory, M.J. and Platts, K.W. (1995). Performance measurement system design—a literature review and research agenda. *International Journal of Operations and Production Management*, 15(4), pp.80–116. <sup>[1]</sup>
- Neely, A. (1999). The performance measurement revolution: why now and what next?. *International journal of operations & production management*, 19(2), 205-228.
- Neely, A., & Adams, C. (2000). Perspectives on performance: the performance prism. *Focus Magazine for the Performance Management Professional*, 4.
- Neely, A., & Adams, C. (2001). The performance prism perspective. *Journal of cost management*, 15, 7.
- Nudurupati, S. S., Bititci, U. S., Kumar, V., & Chan, F. T. (2011). State of the art literature review on performance measurement. *Computers & Industrial Engineering*, 60(2), 279-290.
- Ozcan, T., & Tuysuz, F. (2016). Modified grey relational analysis integrated with grey dematel approach for the performance evaluation of retail stores. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 15(02), 353-386.
- Parker, C. (2000). Performance measurement. *Work study*, 49(2), 63-66.
- Pestana Barros, C., & Alves, C. A. (2003). Hypermarket retail store efficiency in Portugal. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 31(11), 549-560.
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill.
- Thomas, R. R., Barr, R. S., Cron, W. L., & Slocum Jr, J. W. (1998). A process for evaluating retail store efficiency: a restricted DEA approach. *International Journal of Research in Marketing*, 15(5), 487-503.
- Van Laarhoven, P. J. M., & Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy sets and Systems*, 11(1-3), 229-241.
- Wang, L., Chu, J., & Wu, J. (2007). Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process. *International journal of production economics*, 107(1), 151-163.
- Wu, H. H. (2002). A comparative study of using grey relational analysis in multiple attribute decision making problems. *Quality Engineering*, 15(2), 209-217.
- Yu, W., & Ramanathan, R. (2008). An assessment of operational efficiencies in the UK retail sector. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 36(11), 861-882.
- Yu, W., & Ramanathan, R. (2009). An assessment of operational efficiency of retail firms in China. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 16(2), 109-122.
- Zeithaml, V.A., Parasuraman, A. and Berry, L.L. (1990). *Delivering Quality Service: Balancing Customer Perceptions and Expectations*, Free Press, New York, NY.
- Zervopoulos, P. D., Brisimi, T. S., Emrouznejad, A., & Cheng, G. (2016). Performance measurement with multiple interrelated variables and threshold target levels: Evidence from retail firms in the US. *European Journal of Operational Research*, 250(1), 262-272.

## TÜRKİYE'DE HAZIR GİYİM VE KONFEKSİYON SEKTÖRÜ İÇİN ENDÜSTRİ 4.0 DÖNÜŞÜMÜ

Alper Camcı  
Bahçeşehir Üniversitesi

Gül Tekin Temur  
Bahçeşehir Üniversitesi

Ahmet Beşkese  
Bahçeşehir Üniversitesi

Adnan Çorum  
Bahçeşehir Üniversitesi

Çağlar Sivri  
Bahçeşehir Üniversitesi

Hüseyin Cevahiroğlu  
Bahçeşehir Üniversitesi

### ÖZET

Dördüncü sanayi devrimi veya Endüstri 4.0 (E4.0), 2011'den beri akademik ve profesyonel çevrelerde tartışılan ve çeşitli sektörlerdeki birçok şirketin stratejik hedeflerini etkileyen ana temalardan biri olmuştur. Bu dönemde, şirketlerin bu değişime uyumlarını değerlendirmek için birçok olgunluk modeli oluşturulmuştur. Bununla birlikte, ilgili literatürde, hazır giyim ve konfeksiyon firmalarının E4.0'a uyum sürecini ele alan çalışmalar bulunmamaktadır. Bu çalışma, hazır giyim ve konfeksiyon sektöründe E4.0 uyum süreci için yeni bir olgunluk modelinin çerçevesini çizmektedir. Önerilen model, şirketlerin 8 temel unsura göre olgunluğunu değerlendirmektedir. Bu unsurlar: (1) organizasyon, strateji ve insan kaynakları, (2) tedarikçi ilişkileri, (3) müşteri ilişkileri, (4) lojistik süreci, (5) üretim süreci, (6) altyapı, (7) akıllı ürünler ve (8) teknolojik yeterlidir. Bu çalışma, hazır giyim ve konfeksiyon endüstrisinde E4.0 dönüşümünün önemli gerekliliklerini, boyutlarını ve aşamalarını vurgulayan destekleyici bir araç üretmektedir; ve önerilen araç, E4.0 süreçlerinde ilerlemeyi hedefleyen şirketler tarafından kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** *Endüstri 4.0, olgunluk modelleri, hazır giyim ve konfeksiyon sektörü*

### **INDUSTRY 4.0 TRANSFORMATION IN GARMENT AND APPAREL INDUSTRY OF TURKEY**

### ABSTRACT

Fourth industrial revolution or Industry 4.0 has been one of the major themes in academia and professional circles since 2011 and affected the strategic directions of many companies in various sectors. Parallel to this development, many maturity models have been built by researchers and practitioners to evaluate companies in terms of their success on adaptation process. In the relevant literature, there is a lack of studies which handle Industry 4.0 adaptation process of garment and apparel companies. This study outlines a framework of a novel maturity model for Industry 4.0 adaptation process of garment and apparel industry. The proposed model evaluates the companies' maturity with respect to following aspects: (1) organization, strategy and human resources, (2) supplier relationship, (3) customer relationship, (4) logistics process, (5) production process, (6) infrastructure, (7) smart products and (8) technological competence. This study generates a supportive tool highlighting important necessities, dimensions and stages of Industry 4.0 adaptation in garment and apparel industry; and it can be utilized by companies who aim to advance in Industry 4.0 processes.

**Keywords:** *Industry 4.0, maturity models, garment and apparel industry*

## 1. GİRİŞ

19. yy'da ilk defa mekanize hale gelen hazır giyim ve konfeksiyon üretimi, genellikle emek yoğun operasyonlar içermektedir. Endüstriyel pek çok alanda teknolojik ilerlemeler yaşanmasına rağmen, dikiş teknolojisi ve buna bağlı operasyonlarda teknolojik gelişmeler fazla yaşanmamıştır. Yüksek rekabet ortamına sahip olan ve kaliteli ürünlere yüksek talep gösterilmesi ile bilinen modern hazır giyim üretim süreçleri, düşük sabit sermaye yatırımı gerektiren, ürün tasarımında yüksek çeşitlilik sunan ve bu nedenle de farklı ham maddeler içeren, üretim hacimlerinin değişken olduğu süreçlerdir (Nayak ve Padhye, 2018). Küresel etkileri bulunan hazır giyim ve konfeksiyon sektörü, çok değişken dinamikleri olan bir sektördür. Geleneksel “moda” kavramından “hızlı moda” kavramına olan geçiş, bu değişkenliklerden biridir. Küreselleşmenin etkisiyle hem yerel hem de uluslararası rekabetin yüksek olduğu sektör, bu nedenle hızlı dönüşümlere açıktır.

Özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin ekonomik kalkınması açısından önemli olan tekstil ve konfeksiyon sektörleri, imalat, dağıtım ve perakende faaliyetlerinde önemli ölçüde iş potansiyeli sunmaktadır. Zaman içerisinde, hazır giyim üretiminde, işgücü ve üretim maliyetleri açısından sunduğu avantajlar nedeniyle gelişmiş ülkelere, gelişmekte olan ülkelere doğru ilgi artışı meydana gelmiştir. Düşük maliyetle üretim yapan firmaların karşısında fiyat rekabetinde bulunamayan ülkeler açısından bu durum risk oluşturmaktadır (Nayak vd., 2015).

Giyisilerin ürün yaşam döngüsü dikkate alındığında hazır giyim sektöründeki ürünler, (1) temel (2) mevsimsel ve (3) moda ürünleri olarak üçe ayrılabilir (Şen, 2008). Diğerleriyle kıyaslandığında temel ürünlerin kullanım ömrü uzundur ve müşterilere yıl boyunca ulaştırılan bir ürün döngüleri bulunur. Mevsimsel ürünlerde bu döngünün süresi yirmi hafta, moda ürünlerinde ise on haftadır. Abernathy ve diğ. (1995)'ye göre ise “temel” ve “mevsimlik” ürünler, daha çok erkeklerin ve çocukların kıyafetlerini hedeflerken moda ürünleri daha çok tasarım ve çeşitlilik içeren “moda” ürünleri olarak tanımlanabilir. Bu gruptandırmaya son zamanlarda “hızlı moda” olarak tanımlanan yeni bir tür eklenmiştir. “Hızlı moda” içerisinde, ürün döngüsü kısa olan ve gittikçe yayılan bir trend oluşturması nedeniyle diğer türlerdeki firmaları da etkisi altına alan ürünler yer alır. Bu tür, bilhassa Avrupa'da faaliyet gösteren global perakende firmalarının öncülüğünde büyümekte ve dünyaya yayılmaktadır.

18. yy'dan itibaren farklı tarihsel dönemlerde yaşanan gelişmeler, endüstriyel devrimler yaşanmasına neden olmuş ve üretim yöntemlerini etkilemiştir. Her bir endüstriyel devrim toplumları etkileyerek dünyada önemli dönüşümlere sebep olmuştur. devrimlerin her biri toplumlarda ve dünyada büyük dönüşümlere neden olmuştur. Wilenius (2014)'e göre endüstriyel devrimler, Sovyet ekonomist Nikolai D. Kondratieff tarafından kuramsallaştırılan Kontradieff dalgalarıyla eşleştirilebilir. Bu sayede endüstriyel devrimlerin oluşturduğu kırılım noktaları daha belirgin hale gelmektedir. Tablo 1'de devrimlerin yaşandığı tarihler ve etkileyen teknolojiler sunulmuştur.

**Tablo 1. Endüstri Devrimleri ve Temel Teknolojileri (Wilenius (2014)'ten uyarlanmıştır)**

	Kontradieff Çevrimi	Ana Teknolojiler
1. Endüstri Devrimi 1. Aşama	1780 – 1830	Buhar motoru, demir üretimi, tekstil teknolojisi
1. Endüstri Devrimi 2. Aşama	1830 – 1880	Çelik üretimi, demiryolları
2. Endüstri Devrimi 1. Aşama	1880 – 1930	Elektrik, Kimya sanayi
2. Endüstri Devrimi 2. Aşama	1930 – 1970	Otomobiller, uçaklar, petrokimya
3. Endüstri Devrimi	1970 – 2010	Bilgi ve bilgisayar teknolojileri
4. Endüstri Devrimi	2010 – 2050	Akıllı Teknolojiler

Tablo 1'de de gösterildiği gibi dünyamız şu an dördüncü endüstri devrimi içerisinde. 2011'in Nisan ayında düzenlenen Hannover sanayi fuarında, Almanya hükümetinin bu kavramı ilk olarak ortaya atmasından sonra dördüncü sanayi devrimi, akademik çalışma alanlarının odağında yer almaya başlamıştır. Bu nedenle, konu ile ilgili yürütülen öncül çalışma ve uygulamaların Almanya kökenli olması doğaldır. Almanya'da temelleri atılan bu süreç daha sonra diğer ülkeler tarafından, geleceğe adapte olmanın bir yolu olarak görülmeye başlanmıştır.

Dördüncü endüstri devriminde temel olarak, sistemlerin ve sisteme ait bileşenlerin, siber fiziksel araçlar yardımıyla sayısallaştırılan veriler sayesinde tüm tedarik zinciri içinde entegre halde dolaşımının sağlanması hedeflenir. Bu entegre yapının oluşturulma amacı, birincil veri kaynağı sayılan müşteri taleplerine, siparişin büyüklüğü ne olursa olsun, kısa sürede ve az maliyetli olarak yanıt vermek, böylece

kârı arttırmaktır. Bu devrimde öne çıkan teknolojik araçlar; siber- fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, yapay zekâ, bulut bilişimi ve büyük veri analitiği olarak sıralanabilir.

Dördüncü endüstri devriminin lider firmaları, Alman otomotiv sanayisinde yer alan firmalardır. Fakat bu devrim, gelişen otomasyon, artan kişiselleştirme, “sanal” ürün geliştirme ve dijital entegre tedarik zincirleri kavramlarının yaratacağı olanaklar sebebiyle farklı endüstrileri de etkisi altına almaktadır. Dinamik ve küresel etkilere açık olan yapısı, pazarlama kanallarındaki çeşitlilik ve dijital dönüşüme yatkınlığı ile hazır giyim sektörü, otomotiv sektörüne göre daha yavaş ilerleyen bir teknoloji gelişimi gösterse de bu süreçten en çok etkilenecek endüstrilerin başında gelmektedir. Ülkemiz ekonomisinde ağırlıklı etkisi bulunan tekstil ve hazır giyim sektörlerinin, dönüşüm sürecine kendilerini hazırlamaları kaçınılmazdır.

## 2. ENDÜSTRİ 4.0 OLGUNLUK MODELLERİ

Genelde emek yoğun ve üretim teknolojilerinin uzun yıllar öncesine dayandığı hazır giyim ve konfeksiyon sektöründe satış kanallarının çeşitliliği, ileri teknolojiyi kullanması, müşterilerinin talepleri bakımından E4.0 iş ortamına en uygun sektörlerden biri haline gelmiştir. Bu iş ortamının temel özelliği değer zincirlerinin birbiriyle bağlantılı ve entegre olması gerekliliğidir (Küsters vd. 2017). E4.0'ın hazır giyim ve konfeksiyon endüstrisine uyarlanması için bazı kilit hususlara ihtiyaç vardır. Bu unsurlar; (1) dijital işlemlere bağlantı, (2) mesleki yetenekler önerme ve (3) aktörler ile iyi ilişkilerdir (özellikle üreticiler, anahtar teknoloji sağlayıcıları, araştırma enstitüleri) (Küsters vd. 2017). Hazır giyim ve konfeksiyon makineleri açısından, Sanayi 4.0'ı uygulamak için, gömülü teknolojilerin kullanımı ve insanların (malların), malların ve makinelerin bağlanması ve otomasyon sistemlerinin kullanılması (IoT) gibi bazı eylemler gereklidir (ACIMIT, 2017). Tipik olarak, bir hazır giyim ve konfeksiyon tesisinde, RFID ve sensörlerin yardımıyla, operasyonların ve bakımın durumu hakkındaki veriler MES ve ERP gibi bilgi sistemlerinde elde edilebilir ve tutulabilir ve önemli kararlar için kullanılabilir. MES sisteminde, operasyonlar, makine amortismanı ve bakım planlaması ile ilgili veriler saklanmakta ve 3 boyutlu modeller elde etmek için izleme sistemi yardımıyla üreticiye aktarılmaktadır (Chen ve Xing, 2015).

Şirketlerin performans dinamikleri, firmaların belirli ve yeni bir uygulama yapma yeteneklerini temsil eden “olgunluk modelleri” yardımlarıyla ele alınmaktadır. Olgunluk modelleri, bir örgütü veya süreçle ilgili bir departmanı belirli bir hedefle kavramsallaştırmak ve ölçmek için yaygın bir araç olarak kullanılır. Hazırlık değerlendirmeleri ise, bir sistemdeki yeni yetenek gereksinimlerinin olgunluğunu belirtmek için de kullanılabilir (Mankins, 2009). Olgunluk modeli kavramsal olarak tanımlanmış alanlardaki ilerlemeyi değerlendirmek için olgunlaşan bir sistemin niceliksel veya niteliksel kapasite değişikliklerinin aşamalarını temsil etmektedir (Kohlegger vd., 2009). Bu modeller, standardizasyon, iş organizasyonu, ürünlerin bulunabilirliği, yeni iş modelleri, know-how korumaları ve kalifiye elemanların bulunabilirliği, araştırma, mesleki gelişim, yasal çerçeve gibi E4.0'ın temel ön koşulları göz önünde bulundurularak (Smit vd., 2016), olgunluğun ölçülmesi için metrik geliştirme konusunda kendi perspektiflerini oluşturmuştur. Bu modeller, çoğunlukla danışmanlık firmaları, araştırma merkezleri veya akademisyenler tarafından sunulmaktadır. Tablo 2'de literatürde mevcut olgunluk modelleri, (bunlardan bazıları “hazırlık modeli” olarak adlandırılmaktadır) değerlendirme boyutlarına veya aşamalarına ve modellerin kaynağına göre listelenmiştir.

Tablo 2. Olgunluk Modelleri ve İçerdikleri Boyutlar

Model Adı	Boyutlar/Aşamalar	Kaynak (Yıl)
Bağlı Kurumsal Olgunluk Modeli	Değerlendirme Güvenli ve yükseltilmiş ağ ve kontroller Tanımlı ve organize çalışma sermayesi Analitik İşbirliği	Rockwell Automation (2014)
IMPULS Endüstri 4.0 Hazırlık	Strateji ve organizasyon Akıllı fabrika Akıllı operasyonlar Akıllı ürünler Veri odaklı hizmetler Çalışanlar	RWTH Aachen, IW Consult (2015)
Üretim İşletmelerinin Endüstri 4.0'a Hazırlık ve Olgunluk Değerlendirilmesi için Bir Olgunluk Modeli	Strateji Liderlik Müşteriler Ürünler Operasyonlar Kültür İnsanlar	Schmaucher vd. (2016)

	Yönetim Teknoloji	
Endüstri 4.0: Dijital İşletmeyi Kurmak	İş modelleri, ürün ve hizmet portföyü Pazar ve müşteri erişimi Değer zincirleri ve süreçleri BT mimarisi Uyum, yasal, risk, güvenlik ve vergi Organizasyon ve kültür	PwC (2016)
Acatech- Endüstri 4.0 Olgunluk Endeksi	Kaynaklar Bilgi sistemi Organizasyon yapısı Kültür	Günther Schuh, Reiner Anderl, Jürgen Gausemeier, Michael ten Hompel, Wolfgang Wahlster (2017)
Endüstri 4.0 Stratejisi için Olgunluk ve Hazırlık Modeli	Akıllı ürünler ve hizmetler Akıllı iş süreçleri Strateji ve organizasyon	Akdil vd. (2018)

Önerilen olgunluk modelleri çoğunlukla otomotiv, makine üretim ve bilgi teknolojisi endüstrileri göz önünde tutularak geliştirilmiştir, bu sebeple farklı endüstriler için özel yeni bir model üreten çalışmalar açısından literatürde eksiklik bulunmaktadır. Bu çalışma, hazır giyim ve konfeksiyon sektöründe yeni bir model önererek, literatürdeki olgunluk modellerine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

### 3. HAZIR GIYİM VE KONFEKSİYON SEKTÖRÜ İÇİN OLGUNLUK MODELİ ÖNERİSİ VE DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

#### 3.1. Olgunluk Modeli Seviyeleri

Literatürde yer alan E4.0 olgunluk veya hazırlık seviyesi modelleri, firmaların dönüşüm yolculuğunda hangi seviyede bulduklarını ortaya çıkaran ve genellikle akademik ya da danışmanlık şirketleri tarafından oluşturulan modellerdir.

Bu çalışmada önerilen model ise, E4.0'a geçiş yolunda veride sayısallaşma (dijitasyon) ve veri odaklı entegrasyonu merkeze alması açısından farklılaşmaktadır. Süreç odaklılığı dikkate alan bu modelde, şirketler birbirlerinden bağımsız kümeler olarak değil, birbirleri ile veri odaklı sistemler aracılığıyla entegre olan sistemler olarak ele alınmıştır. Model temel olarak altı seviyeden oluşmaktadır:

**Seviye 0 – Hazırlık:** E4.0'a geçiş için ön yeterlilik olarak kabul edilen yetkinliklere sahip olmayan firmalar sıfır olarak numaralandırılan hazırlık seviyesinde yer almaktadır. Söz konusu ön yeterlilikler şu şekilde listelenebilir:

1. Süreç odaklı yönetim şekilleri (Örnek: Yalın Üretim, Altı Sigma vb.)
2. Süreç odaklı bilişim sistemleri (Örnek: MRP, ERP)
3. Veri odaklı sistemlerin sistemde başlangıç seviyesinde de olsa kullanılması

Bu ön yeterlilikleri sağlamayan ve verilerin kağıt ya da bilgisayara manuel olarak girişini yapan firmalar Seviye 0 olarak değerlendirilecektir.

**Seviye 1- Başlangıç:** Bu seviyede yer alan şirketlerin, bir önceki seviyede belirtilen ön yeterlilikleri sağladıkları, yani artık veri odaklı sistemleri değişik faaliyetlerde kullandıkları gözlemlenir. Ancak, verilerin sisteme işlenmesinde manuel yollar izlenmektedir. Buna ek olarak tedarikçinin sisteme entegrasyonu çok zayıftır. Müşteri entegrasyonu ise söz konusu değildir.

**Seviye 2- Düşük Deneyim:** Esas değişimin başladığı seviye olup bu seviyedeki şirketler, dijital dönüşüm yolunda stratejik vizyonlarını oluşturmaya başlamış, gerekli stratejileri ve yol haritalarını çıkarmışlardır. Şirket içi entegrasyonun yanı sıra müşteri ve tedarikçi ile olan entegrasyonun artmaya başladığı gözlemlenir. Bu seviyedeki şirketlerde dijital odaklı sistem ve dijital veri kullanımı artmış ve buna paralel olarak E4.0'un temel teknolojilerinin kullanımına başlanmıştır.

**Seviye 3- Orta Deneyim:** Bu seviye yer alan şirketler, E4.0 dönüşüm yolunda asıl deneyimlerini elde ederler. Verinin sayısallaştırılması artmıştır, manuel veri girişi belli alanlar haricinde tercih edilmemektedir. Müşteri, tedarikçi ve pazarda rakip olarak kabul edilen şirketlerle dahi entegrasyon gerçekleştirilebilmektedir. E4.0 teknolojilerinin kullanım çeşitliliği, bu seviyedeki şirketlerde artmış durumdadır.

**Seviye 4- Usta:** Bu seviyede yer alan şirketler, E4.0 dijital dönüşümün sonlanmasına yakın duruş sergileyen şirketlerdir. Manuel veri girişi çok seyrek, ayrıca hem yatay hem dikey entegrasyon sağlanmıştır. Bu

seviyedeki şirketler, yeni tedarikçi ve müşterilerle entegrasyon oluşturmayı kolaylıkla sağlamaktadır. E4.0 teknoloji çeşitlerinin pek çoğu sistem içerisinde kullanılmaktadır.

**Seviye 5- Lider:** Dijitalleşme sürecini, başarılı uygulamalar ve dikey-yatay entegrasyonla sağlamış olan firmalar, diğer firmalara öncülük ederek onlara deneyimleriyle, dijital dönüşüm serüveninde yol göstereceklerdir.

### 3.2. Olgunluk Modeli Değerlendirme Kriterleri

Önerilen olgunluk modelinde yer alan ana kriterler aşağıda açıklanmıştır.

#### 1. Organizasyon, Strateji, İnsan Kaynakları

E4.0 dönüşümü, ancak tüm organizasyonu etkileyen stratejik bir değişim şeklinde uygulanması durumunda başarı sağlayacaktır. Bu nedenle, firmaların misyon ve vizyonlarını E4.0'a yönelik oluşturması, bu süreçte özgü detaylı stratejiler kurması ve yol haritaları oluşturması gerekmektedir. Söz konusu stratejileri ve yol haritalarını gerçekleştirmek için ise değişime açık bir işgücü ve örgüte sahip olmaktır. Bu durum, işgücünün süreç odaklı düşünme yapısına sahip olmasını ve proje odaklı takım çalışmalarına yatkın olmasını gerektirir. Buna paralel olarak organizasyonun, teknolojiyi takip edenden ziyade teknolojiyi ilk edinen organizasyonlardan olması sağlanmalıdır.

#### 2. Tedarikçi İlişkileri

E4.0 dönüşümünde temel hedeflerden biri de veri odaklı sistemler aracılığıyla hem tedarikçi hem de müşteri entegrasyonunun sağlanmasıdır. Bu sayede tedarik zincirindeki şeffaflık sağlanacak ve sürekli veri paylaşımı yaşanacaktır. Firmaların, veri odaklı sistemler aracılığıyla satın alma yönetimi eşanlı bir şekilde gerçekleşecektir.

#### 3. Müşteri İlişkileri

Tedarikçi ilişkilerinde sağlanan entegrasyonun müşteri kanalında da sağlanması ile satış kanallarının entegrasyonu sağlanmalı ve firmaların her kanalda kullanılan ortak sistemler ile müşterilere hizmet verilmesi mümkün hale getirilmelidir.

#### 4. Lojistik Süreçleri

Sistem içerisinde yer alan ve tedarik, iç ve dağıtım lojistiği süreçlerinde dolaşım halinde olan her ürün, lojistik süreçlerinin her aşamasında takip edilebilir olmalıdır. Ürünün, iç lojistikteki konumları ve stoklanma noktalarına dair tüm detaylı bilgiler bilinmeli ve stokların takibi otomatik sistemlerle eşanlı şekilde takip edilebilmelidir. Bu sayede dönüşümün gerekliliklerinden olan otomatik stok sistemleri araçlarının kullanım şartı sağlanmış olacaktır. E4.0 ortamında asıl hedef, envanterin sıfırlanmasıdır, ancak bu amaç paralelinde stok yönetimi ve nakliyat işlemlerinde sıfır hata hedefini de tutturmak gerekmektedir.

#### 5. Üretim Süreçleri

E4.0 dönüşümündeki temel gerekliliklerden biri de müşteriden gelen siparişin, veri odaklı sistemler ile üretim planlarına geçişinin sağlanması ve üretimin eşanlı takibinin yapılmasıdır. Diğer bir hedef ise sipariş parti büyüklüğünün 1'e düşürülmesidir. Bu hedefin sağlanabilmesi için üretim süreçlerinin kendisini siparişe uygun bir şekilde kurgulayan bir yapıda olması önemlidir. Bunun için esnek üretim sistemlerinden yararlanılması kaçınılmazdır. Üretime dahil edilen ürünlerin eşanlı olarak takibinin yapılması şarttır ve makine-ekipmana ilişkin verilerin toplanması da anlık bir şekilde gerçekleşmelidir. Seviye 3 ve daha üzeri seviyelerde yer alabilmek için robotlar, akıllı makineler veri odaklı ağlar sayesinde birbirleri ile bağlantı kurmalı ve operatöre gerek kalmadan süreç ilerlemelidir. Bu işleyiş sürekli iyileştirme ile desteklenmeli, eşanlı izleme konusunda kararlı olunmalıdır.

#### 6. Alt Yapı

E4.0'da yer alan entegrasyon gerekliliklerinin yerine getirilmesinde en önemli etmen alt yapıdır. Faaliyetlerin izlenebilirliği ve eşanlı olarak verilerin toplanması için alt yapının varlığı şarttır. Aynı zamanda alt yapının siber ve iç veri güvenliği açısından korunumlu olması gerekmektedir.

#### 7. Akıllı Ürünler

ICT (bilgi ve iletişim teknolojileri) ile donatılmış ürünlere akıllı ürün adı verilir ve akıllı ürün kullanımı, E4.0'ın temel gerekliliklerindedir. ICT ile donatılan ürünler, verileri toplayabilir, tanımlanabilir ve diğer sistemlerle bağlantı kurabilir.

#### 8. E4.0 Teknoloji Yeterliği

E4.0 dönüşümü için sensör teknolojisi, simülasyon, sanal gerçeklik, bulut bilişim, robot ve otomasyon sistemleri, büyük veri, artırılmış gerçeklik, 3D yazıcı, nesnelerin interneti ve makine öğrenmesi ya da yapay zekâ gibi teknolojilerin kullanımı şarttır. Ancak bu teknolojilerin tek başına kullanımından ziyade entegre bir şekilde kullanımı önemlidir.

## 4. SONUÇ

E4.0 değişim sürecinde bir yol haritası sağlayan bir olgunluk modelinin geliştirilmesi, birçok endüstride gerekli hale gelmiştir. Bu çalışma, E4.0 olgunluğu için gereken temel kriterleri belirleyen ve hazır giyim ve konfeksiyon endüstrisindeki olgunluk düzeyini değerlendiren bir çerçeve önermektedir. Önerilen

çerçevenin katkısı, E4.0 adaptasyon sürecinde firmaların başarılarını ölçmede ve güçlü ve zayıf yanlarını belirlemede rehberlik etmesidir. Bu yeni model, daha önce hiç ele alınmamış bir tedarik zinciri bakış açısı sunmaktadır. Model sayesinde firmalar kendilerini tedarik zincirindeki pozisyonlarına göre değerlendirebilirler. Gelecekte, yeni ve gelişmekte olan çok kriterli karar verme (ÇKKV) araçlarını kullanarak hazır giyim ve konfeksiyon endüstrisinde gerçek bir vaka çalışması yürütmek hedeflenmektedir.

#### **KAYNAKÇA**

- Abernathy, Dunlop, F., J. T., Hammond J. H. & Weil, D. (1995). “The Information-Integrated Channel: A Study of the U.S. Apparel Industry in Transition”, Brookings Papers on Economic Activity: Microeconomics.
- ACIMIT (2017). “Industry 4.0: the new challenge for the Italian textile machinery industry”, Executive Summary Report. 30.07.2018 tarihinde <http://www.acimit.it/DOC/Executive17-Ing.pdf> sayfasından erişilmiştir.
- Chen, Z. & Xing, M. (2015). “Upgrading of textile manufacturing based on Industry 4.0”, 5th International Conference on Advanced Design and Manufacturing Engineering (ICADME 2015), pp. 2143-2146.
- Kohlegger, M., Maier, R. & Thalmann, S. (2009). “Understanding maturity models results of a structured content analysis”, Proceedings of I-KNOW '09 and I-SEMANTICS, Graz, Austria
- Küsters, D., Prass, N. & Gloy, Y. S. (2017). “Textile learning factory 4.0 – preparing Germany’s textile industry for the digital future”, Procedia Manufacturing, Vol. 9, pp. 214 – 221.
- Mankins, J. C. (2009). “Technology readiness evaluations: a retrospective,” Acta Astronautica, Vol. 65, pp. 1216–1223.
- Nayak, R. & Padhye, R. (2018). “Automation in garment manufacturing”, Duxford: Woodhead Publishing, an imprint of Elsevier.
- Nayak, R., Padhye, R., Wang, L., Chatterjee, K. & Gupta, S. (2015). “The role of mass customisation in the apparel industry”, International Journal of Fashion Design, Technology and Education. Vol. 8, pp. 1-11.
- Smit, J., Kreutzer, S., Moeller, C. & Carlberg, M. (2016). “Industry 4.0, study for the ITRE committee, policy department a: economic and scientific policy,” European Parliament, Brussels.
- Wilenius, M. (2014). “Leadership in the sixth wave—excursions into the new paradigm of the Kondratieff cycle 2010–2050”, European Journal of Futures Research, Vol. 2, No. 1, pp.2-36.

## MANAGEMENT OF COST AND VALUE LOSSES DUE TO OVEN RESTRICTION WHEN TESTING PROTOTYPES IN CERAMIC PLANTS

Hatice Camgöz-Akdağ  
Istanbul Technical University

Ezgi Tabak  
Istanbul Technical University

Berke Sönmezışık  
Istanbul Technical  
University

Aziz Kemal Konyalıoğlu  
Istanbul Technical University

Tuğçe Beldek  
Istanbul Technical University

### ABSTRACT

This paper addresses the inadequate frequency of prototype testing due to production constraints, mainly the firing process, in the ceramic industry. In many ceramic plants, the changing of the moulds is needed at the appropriate step of the production to test prototypes of different sizes than of the current size in production. Since the kilns used in the firing process must not be fully quenched to save energy during this mould change, the company observes financial loss during the testing period. Due to this fact, the prototype testing is often kept at the minimum. This method severely injures the flexibility of the company, as the marketing team can't design the products according to the current trends. This is because they need to design beforehand, due to the kiln constraints and the compressed testing times. This paper presents different perspectives in dealing with the problem and comes up with a final solution to be adapted in hopes of retrieving the lost competitive advantage. This paper contains the main production principles and steps of ceramic tile production, as well as different kiln types and their advantages. In addition, lean production principles and ways to adapt said principles to the ceramic industry are also discussed.

**Keywords— process improvement, lean production, ceramic tile production**



## 1. INTRODUCTION

Ceramic tiles have been in use since the beginning of the civilization, with the first examples dating back to 4<sup>th</sup> millennium BC, to Ancient Egyptians. Due to its durability and aesthetic qualities, to this day, it's still widely used in houses and commercial buildings. Although the regular white tile may be sufficient enough to profit from the tiles' qualities, people kept developing new designs and looks to appeal to the eye. This creates a competition in the industry, and like all competitive industries, better optimization in production is inevitable. Competition in the industry led to different and more vibrant designs, changing every season and meeting the end-user's demands.

Ceramic tile production, thanks to its ancient roots, is not radically changed in the modern times. Surely enough, it got much faster and more efficient, but the core concept remains untouched, as this paper will explain afterwards. One of the biggest bottlenecks in the production is introducing a new product to the production line. As the production is continuous as can be and halting it can be greatly expensive, prototype testing is a problem that many companies complain about. This paper will reflect to this particular problem and propose different solutions, while comparing and coming up with an optimal path for reference companies to follow.

After the introduction part, a background will be given to understand the ceramic tile production in detail and lean manufacturing principles to get benefit from for the problem which will be defined in the third section. In the fourth section methodology will be explained with two different solutions: process improvement and make-buy decision. Lastly the results of the solutions will be discussed.

## 2. BACKGROUND

### 2.1 Production of Ceramic Tiles

For this study, general information has been asked to the experts of a ceramic industry reference firm. Ceramic tiles made from silica, talc and calcium carbonate, or clay in general (URL1). These materials are stored in the production area to be processed. These components are then transferred to silos in precise ratios for optimal results. It is mixed with water. The reason for this process is to ensure homogeneous distribution of materials. This aqueous mixture is called as slip. The slip enters to the spray dryer to remove the water, and forms the powder, which is the last amorphous sub product. When it leaves the spray dryer it has approximately %5 humidity. The powder content is transported to the pressing machine. In this stage, it is pressed into moulds under 23 tons of pressure. The formed tiles are called as bisque. These bisques are really brittle, and easily broken by hand. Bisques are left for drying for 20 minutes to enable their transfer on a conveyor band. Dried bisques go into the englobe process, which can be described as a pre-glazing, to provide smoother surface for a glazed texture. To apply the design to the tile, two different methods are available; Rotocolor and digital printing. Glazed tiles go into the automated transfer boxes. Each box can hold up to 4400 tiles. Automated boxes follow the computerized path to the kiln. In the sintering process first step is pre-heating the tiles to approximately 600 °C. The second step is high heating them to tighten the bonds between the ingredients and melt the silica to make a protective layer that looks like glass. After sintering tiles go into packaging (URL2).

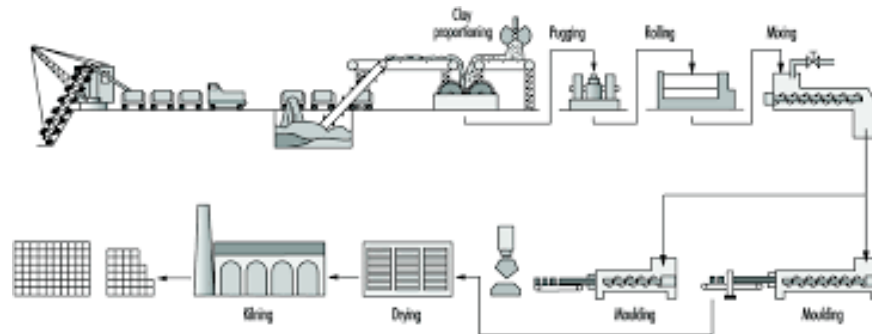


Figure 1. Ceramic Tiles Production Process (Source: URL3)

### 2.2 Lean Production

One of the most effective ways of scheduling and production planning is the adaptation of lean production. Bonavia and Marin advised that producers can improve their efficiency by taking advantage of a set of clearly defined practices, as the ceramic market is mature and customers demand quality products adapted to their specific needs (2006). Krafcik states that lean production policy enables plants to manufacture a wide range of models, maintaining high levels of quality and productivity (1988). Ceramic industry is really applicable in terms of lean production standards. Big amounts of production is standardisable. In lean

production, one of the most important core concepts is the concept of "waste". It can be defined as anything beyond the strict minimum, in terms of equipment, materials, components, space or time (Bonavia and Marin, 2006). This concept, if fully grasped, can lead to better production times, hence enabling better scheduling for the prototype testing while eliminating those types of "waste".

Lean production uses a set of tools to eliminate said wastes to enable a better production. The most prominent ones are "just in time" (JIT), "total quality management" (TQM) and "total quality maintenance".



**Figure 2. Principles of Lean (Source: URL4)**

Just in time production is the main set of tools to eliminate waste. It calls for producing "only the necessary products, at the necessary time, in the necessary quantity" (Sugimori et al., 1977). To fully implement just in time, the company must forecast thoroughly and correctly, if they do not want to produce excess amounts of tiles that they may or may not sell during the year. Mass production is not the drawback of just in time, as companies like Toyota have managed to pull off this system whilst producing millions of cars each year. This means that the ceramic companies in question must pay extra attention to the forecast. Prototypes and their testing should be implemented on the yearly, quarterly or monthly forecasts and scheduled accordingly. Another term that can be heard when talking about just in time production is the Kanban system. Kanban cards are used to facilitate just in time production and it makes up the "pull" production philosophy that just in time production (and subsequently lean production) calls for. Pull production principle starts from the end of the production. The desired end product's Kanban card is taken to the start of the production and the production starts, producing said product. As it's hard to change molds and other instruments in the ceramic industry, as well as the impossibility to close a line and to fully quench a kiln, pulling may not be suitable every day of the production. That is just one of the reasons why the forecast team should work to a perfection and demand the production of unwanted items, while missing out the chance of producing an item that has a higher demand at that particular period. Another setback is the fact that just in time production works best with smaller lot sizes. In many ceramic companies, production of a certain tile can be measured in thousands of square meters, and when the go is given, it is very hard to halt the production of the lot.

The second tool that lean production uses is the total quality management (TQM). To implement this idea to the production, the company must grasp the importance and the actual meaning of the word quality. Total quality management is a never ending process that relies on the continuous improvement of all the systems that surround the actual production, to improve the quality of goods and reduce defects (Flynn et al., 1994). The total quality management principles should be subconsciously implemented across all employees in the facility, not only white collar workers. A worker who is responsible of a certain part of the production may notice a way to do their job just slightly more efficient. Total quality management is open to all recommendations and it shuns any criticism, and it only looks to improve. One of the biggest setbacks of the ceramic industry concerning total quality management is the difficulty to radically change the production and the way things work. The ceramic industry and the way to produce tiles didn't change for years, and the main reasons is that the industry is quite mature and is not open to innovations and new practices. A company may have a difficult time to implement this rules to the production because it may be too costly, let alone focusing on the prototype problem that this paper attempts to address.

Total quality maintenance, or “total productive maintenance” (TPM) in some sources is used to maximize the efficiencies of the equipment used in the production until the end of its life cycle, with the usage of the participation and the motivation of the entire work force utilizing it (Nakajima, 1988). The most commonly cited practices of total productive maintenance are the identification of autonomous maintenance and planned maintenance, equipment technology emphasis, committed leadership, strategic planning, cross-functional training and employee involvement (K.O. Cua et al., 2001). One of the biggest wastes that occur due to the bad practices of total productive maintenance is the unexpected breakdowns of certain machines. These lapses may be small hiccups, but there is no guarantee that the breakdown may lead to the scrap of the current machinery and the purchase of a replacement. These elements cost both time and money to companies. The best way to prevent occurrences like this is the adaptation of total productive maintenance. The company must plan the maintenances carefully and must not undermine the importance of the daily maintenances that are to be conducted by the operators (K.O. Cua et al., 2001). This line of thought leads to this fact; even the training the operator receives is crucial to keeping the schedules on time. Some companies deem maintenance is a subsidiary instrument, but if a company wants to implement lean production with all its tools, it should never underestimate the importance of well-planned and well thought out maintenance scheduling. The machinery that is in use in the ceramic industry is generally big in both size and costs. As kilns are crucial for the production lines and prototype testing vacancies the company is in the lookout for, the breakdown or the prolonged maintenance of said machinery may lead to huge opportunity costs.

### **3. PROBLEM DEFINITION**

The main problem has addressed in this paper is focused on prototype production in the facility. Reference firm does not have a dedicated prototype line in the facility. Production planning team works on master production planning at the end of every year. When they prepare this plan, they collect data from sales and marketing teams to forecast production as an addition to the main forecast system. In the design phase of new product’s design and product development, team stops the mass production and changes the mould to have new product’s mould by trying 8 or 10 square meters. While this mould is changing, kiln continues to work, since cooling and firing are not rapid and cost effective. Due to factory conditions, all sizes cannot be produced continuously. As a result of this, there is restricted time for specific size trials. If the result of first trial is not appropriate for designer or in sales persons judgement, next production in the same size may be one or two months later. This delay is not acceptable for marketing team since there is a deadline for product release.

Another side of this problem, due to production plan constraint marketing team has to keep the time of trials longer while preparing new product release. This time expansion leads marketing team to give brief about what they need to marketing team before seeing what rivals offered in fairs. There is a risk of falling behind of trends. In a world where the market indicator trends are falling behind of trends, risk involves the losing market share risk also.

### **4. METHODOLOGY**

In this paper, the problem is identified as the prototype testing bottlenecks that arise during the production. Firstly, the problem is elaborated and the need for a solution is proposed. Two different solutions are introduced: process improvement and make-buy decision.

#### **4.1 Process Improvement with Lean Principles**

The first solution is to separate the prototype production line, leaving the regular production line unhindered and rendering it more efficient. This way the prototype testing can too undergo unhindered and staff can test new products as they like. The reference company has resources to open a new production line, as they have excess kilns that can be dedicated for this purpose. With the new production line, applying some of the lean principles are easier to implement to a ceramic plant, but some are not so seamless. Then again, as mentioned lean tools are just branches of the lean production philosophy and not standalone ways of undertaking production problems, companies may suffer financially more than they anticipate if they try to implement a certain part of the lean production philosophy while leaving out the rest and continuing with their authentic production rules. This is why, as logical as it seems compared to dedicating a new line solely for the production of prototypes for the testing, implementing a completely different way of producing a product that has been in production in a certain way for decades, may lead to more costs, and may be concluded as too costly or even infeasible.

If a wider scope is needed to interpret this particular problem, the sequencing aspect of the scheduling problem is the main cause of the lapse in prototype testing. Sequencing deals with the "when" aspect of the scheduling. When a prototype testing is needed, the schedule needs to adapt this small disturbance, and excluding extravagant tiles to be tested, the schedule should be flexible enough to enable the resequencing should a testing is needed.

A ceramic company that truly wants to implement lean production, may have to invest big amounts of money, depending of the current state of the facility. In recent years, many newly sprouting companies are building their facilities to integrate lean production to increase profits and reduce wastes of production. This solution may make more sense to some companies rather than dedicating a new line to prototype testing, but some might find it an enormous investment just to push up prototype testing times.

The information that was provided from the reference company sheds light upon the understanding of the scheduling problems that come with the forecast and will provide the basic information to understand whether the decision to be made to integrate lean production is logical. The first step of the forecast starts with the initial forecasts of both the marketing and sales departments to come up with the annual production plan. To swiftly deal with the disputes and the disagreements that may rise between these two departments, the company created the market development department that works as a medium between said departments. The market development team finalizes the sales forecasts for the next year, solely depending on the dimension of the tiles, not the model, colour etc. This is an important decision as the size is the crucial aspect of the production as it is really hard to change during the production. This report is then further elaborated and divided to months to forecast what to produce each month. This is an important step and the teams use their expertise and past sales reports to perfect their forecasts. Planning team then inputs this forecast to the production scheme, which involves scrap ratios, prioritization of certain products, and the usage breakdown of kilns. This breakdown is not seamless though; as there are minimum production constraints of each kiln. Apart from that, the production team wants to produce a certain size of products continuously for at least seven days. As the minimum rate of production is 4000 m<sup>2</sup>/day for a kiln, the minimum amount of the production of a certain size is 28000 m<sup>2</sup>. As some products are forecasted to sell less than this amount, they cannot be produced at the desired time limit, and may be postponed to a later date to incorporate them with a product with a similar size. As a certain size of tiles' production draws to a close, the company gives the kiln a "buffer time" that averages to three days. During this time, the actual prototype testing happens, but only of the size that the production that was finished latest. This leads to unwanted wait times to test some prototypes before the real production. The approval of the prototypes are given when all the new products collection are set to enter the production. This leads to time gaps of the actual prototype tests and the approval to start the real production. In most cases, the prototypes demand a second, or even a third test run to tweak with the colours of the tiles. Sometimes, the sizes of those certain tiles never go into production for the remainder of the year, thus disabling a further test. Those cases leads to the total scrap of the design.

#### **4.2 Make-Buy Decision**

The second solution deals with the overall improvements to the production planning and scheduling to try to solve this problem, the analysis of the purchase of a new kiln and/or dedicating a production line to solely prototype testing is rendered infeasible. The first step to address is to further elaborate the current production planning and scheduling programs in the reference company. Then, the paper will try to identify the bottlenecks arise when testing a new prototype with systems. After that, possible new scheduling methods will be introduced and implementation will be attempted to homogenize the production with the prototype testing while shortening the wait times for prototype testing. Besides, the improvements that can be made to the standing systems are too evaluated and explained.

After analysing these solutions, the results are summarized and compared in a separate part to finalize the paper and come up with an optimal solution. In this part, the solutions that not selected are also explained in terms of why they're not chosen.

According to the knowledge get from the reference company, one Italian Ceramic Tile company produces tiles in huge sizes. When the production gets to the end they cut desired sizes from it. This production method called continuous production. Advantage of it is not waiting for the specific size's enter to production. On the other hand disadvantage of it this method it needs a huge land of facility.

Another company also in Italy upgraded their production facility to Industry 4.0. This upgrade lets them to change the size of the product in production with just selecting it in a computer program. Integrating Industry 4.0 comes with huge investment costs.

In the ceramic tile industry, tunnel kilns are more widely used compared to other types of kilns like roller kilns and transient kilns, due to the large volumes of production a large company demands. Tunnel kilns automate the production as there are no wait times in loading and unloading the kiln itself. A simple potter may use a stationary, transient kiln, as his/her volume of production is much smaller compared to a large company. A potter loads the unfinished work into the kiln for firing, waits for the product to finalize in texture and sturdiness, then unloads the kiln for the finished product. Nicolau and Dadam states that the most important difference that one must underline is the energy consumption (2009). As the tiles need to

be brought up to 1100-1200 °C in the firing process, any amount of heat loss can't be negligible. For this reason, tunnel kilns are used in industrial plants.

When prototype testing is concerned, one is not advised to think solely mass production. When companies do test prototypes, they don't just mass produce. They test a couple of tiles and check the characteristics of the work e.g. if the tile has the desired characteristics predetermined prior to the actual production, before checking it with the customer to get the approval. Sometimes this process repeats itself many times for different prototypes, but despite of all the trials, companies do not consider this as mass production. The production team wants to produce a certain size of products continuously for at least seven days. As the minimum rate of production is 4000 m<sup>2</sup>/day for a kiln, the minimum amount of the production of a certain size is 28000 m<sup>2</sup>. The estimated annual volume of production in the reference company for prototype testing is 40000 m<sup>2</sup>. But those products' tests are required at specific dates of the calendar year. For instance, porcelain products are introduced at the CERSAIE exhibition, whereas wall tiles are exhibited at the UNICERA expo. This difference is the main reason behind the spread of prototype testing over the year, rather than batch testing all the new products. Because of this low production volumes, it's not possible and feasible to dedicate a large mass production ready kiln to solely prototype testing.

A solution with which this paper comes up is the purchase of a kiln that is smaller in size but not in technical specifications as in the temperature it can get to. Selecting such kiln is an important part of the process. There are many different types of kilns that can be purchased from the market. As kilns can be highly customizable just like the ceramic tiles itself, it may be tiresome to find a kiln that can match a company's specific needs, whether it's for mass production or prototype testing. According to Nicolau and Dadam, the modern times enabled better kilns, with better thermal isolation and lighter support materials (2009).

To summarize, using a tunnel kiln for testing is not logical. That is why other types of kilns are recommended. For small volumes of firing, shuttle kilns, or chamber kilns can be purchased. These kilns, unlike a tunnel kiln, do not have conveyor belts in them. Mainly used in pottery, these kilns have a door that the operator loads the products in. after the firing, the same door is used to take out the finished product. As this solution is implemented, the production line will not change or stop when there is testing to be done. Some bisques, just before glazing (see Production of Ceramic Tiles) will be stored for testing. In the reference company, glazing can be applied in the product development laboratories. After appropriate glazing is applied, the intermediary products will undergo firing at the newly acquired shuttle kilns. Table 1 depicts the loading capacity of each size of the tiles that the reference company is producing. This calculation is made, giving 5 centimetres of padding between each tile. An additional cost analysis has been made to calculate the total investment that the company must undertake.

**Table 1. Kiln Capacity for Different Sizes**

<b>Tile Sizes (h x w)</b>	<b>Padded Tile Sizes (h x w)</b>	<b>Placement (Width)</b>	<b>Placement (Height)</b>	<b>Placement (Width)</b>	<b>Placement (Height)</b>	<b>Total</b>
30X60	35x65	2.714285714	4.538461538	2	4	<b>8</b>
30X30	35x35	2.714285714	8.428571429	2	8	<b>16</b>
45X45	50x50	1.9	5.9	1	5	<b>5</b>
33X33	38x38	2.5	7.763157895	2	7	<b>14</b>
25x40	30x45	3.166666667	6.555555556	3	6	<b>18</b>
25x70	30x75	3.166666667	3.933333333	3	3	<b>9</b>
20X20	25x25	3.8	11.8	3	11	<b>33</b>
20X25	25x30	3.8	9.833333333	3	9	<b>27</b>
20X30	25x35	3.8	8.428571429	3	8	<b>24</b>
20X50	25x55	3.8	5.363636364	3	5	<b>15</b>
10X30	15x35	6.333333333	8.428571429	6	8	<b>48</b>
10X20	15x25	6.333333333	11.8	6	11	<b>66</b>
60X60	65x65	1.461538462	4.538461538	1	4	<b>4</b>
20x60	25x65	3.8	4.538461538	3	4	<b>12</b>
20x120	25x125	3.8	2.36	3	2	<b>6</b>
10X10	15x15	6.333333333	19.66666667	6	19	<b>114</b>

20x40	25x45	3.8	6.555555556	3	6	<b>18</b>
15x15	20x20	4.75	14.75	4	14	<b>56</b>
40x80	45x85	2.111111111	3.470588235	2	3	<b>6</b>
80x80	85x85	1.117647059	3.470588235	1	3	<b>3</b>
33x100	38x105	2.5	2.80952381	2	2	<b>4</b>
25X33	30x38	3.166666667	7.763157895	3	7	<b>21</b>
15x90	20x95	4.75	3.105263158	4	3	<b>12</b>
45x90	50x95	1.9	3.105263158	1	3	<b>3</b>
12.5x25	17.5x30	5.428571429	9.833333333	5	9	<b>45</b>
22.5x90	27.5x95	3.454545455	3.105263158	3	3	<b>9</b>
15x30	20x35	4.75	8.428571429	4	8	<b>32</b>
5X5	10x10	9.5	29.5	9	29	<b>261</b>
7.5X30	12.5x35	7.6	8.428571429	7	8	<b>56</b>
60x120	65x125	1.461538462	2.36	1	2	<b>2</b>
20X80	25x85	3.8	3.470588235	3	3	<b>9</b>
7.5X15	12.5x20	7.6	14.75	7	14	<b>98</b>
21X24	26x29	3.653846154	10.17241379	3	10	<b>30</b>
2.5X2.5	7.5x7.5	12.66666667	39.33333333	12	39	<b>468</b>
30x120	35x25	2.714285714	11.8	2	11	<b>22</b>
75x75	80x80	1.1875	3.6875	1	3	<b>3</b>

After browsing through the internet looking for a suitable kiln for prototype testing, a reference model is found. The model is an electrical shuttle kiln with the base area of 3 m<sup>2</sup> (1 m width, 3 m length) for loading the tiles. Because of the different firing regimes of porcelain, wall and mosaic tiles, it is needed to purchase three shuttle kilns. It is concluded that the new kilns must be kept heated for 24 hours to preserve the internal temperature and save energy.

**Table 2. Investment Costs**

Investment	
Shuttle Kiln (1)	\$ 9,500.00
Shuttle Kiln (1)	₺ 36,385.00
No of kilns to be bought	3
<b>Shuttle Kiln (3)</b>	<b>₺ 109,155.00</b>
Shipping, Set-up etc. (1)	\$ 2,000.00
Shipping, Set-up etc. (1)	₺ 7,660.00
<b>Shipping, Set-up etc.</b>	<b>₺ 22,980.00</b>
<b>Costs for location, transportation etc.</b>	<b>26,810.00 ₺</b>
Power consumption (kW/kiln)	124
Total Power consumption (kW)	372
Energy Consumption (kWh)	8928
Electricity Cost (per kWh)	₺ 0.1280
Cost Per Day	₺ 1,143.14
<b>Cost Per Year</b>	<b>₺ 417,246.51</b>
<b>Total Investment</b>	<b>₺ 576,191.51</b>

Table 2 shows the investments needed to undertake for the new kilns. The consumption data is pulled from the reference kiln, while the electricity costs and the other additional costs were gathered from the reference company. A total investment of 576,191.51 TL is needed in the first year to set the system up and running. After the first year, the outflows decrease to electricity costs. To calculate the payback period, the estimated price of the kilns, as well as the shipping, set up costs, the decision of the location and the newly estimates of the internal logistics costs are used. The origins of said numbers were not given because of confidentiality principles of the reference company.

**Table 3. Revenue Created**

Additional Revenue	
Total Testing (m <sup>2</sup> )	37000
Avg. Unit Price	40.00 ₺
Total	1,480,000.00 ₺
Profit (30%)	444,000.00 ₺

When all the prototype testing processes is transferred to the newly acquired kilns, the vacancy in the main production line can be utilized to produce more main line tiles to increase profits. According to the data received from the reference company, the average selling price of the products produced is 40 TL/m<sup>2</sup>. The vacancy in the main production line when the prototype production is relieved is estimated to be around 37000 m<sup>2</sup> each year. Therefore, the extra profit can be calculated with the production opportunity. The reference company utilizes 30% as its profit margin (Table 3). After the initial investment year, the following years' outflows are only the new electricity costs. In this prototype testing method, the additional storage costs are also considered due to the new storage need of intermediary products that are pulled from the main production.

**Table 4. Payback Period Calculation**

Years	Outflow (+10%)	Inflow (+10%)	+/-	Total
Year 1	₺ 576,191.51	₺ 444,000.00	-₺ 132,191.51	-₺ 132,191.51
Year 2	₺ 458,971.16	₺ 488,400.00	₺ 29,428.84	-₺ 102,762.67
Year 3	₺ 504,868.28	₺ 537,240.00	₺ 32,371.72	-₺ 70,390.94
Year 4	₺ 555,355.10	₺ 590,964.00	₺ 35,608.90	-₺ 34,782.05
Year 5	₺ 610,890.61	₺ 650,060.40	₺ 39,169.79	₺ 4,387.74
Year 6	₺ 671,979.67	₺ 715,066.44	₺ 43,086.77	₺ 47,474.50
Year 7	₺ 739,177.64	₺ 786,573.08	₺ 47,395.44	₺ 94,869.95

Table 4 is the final calculation for the payback period estimation. As stated above, the first year is the initial investment. The inflow of the first year is calculated with the expectation the system will come to life at the start of the year. The electricity costs, as well as the revenue estimations were set to increase by 10% each year. As the reference company expressed, the price of the tiles are set so that the profit margin stays the same. It can be seen that the newly set system pays back around the end of year 5.

## 5. RESULTS AND DISCUSSION

In conclusion, after appropriate research and trials, the best path to follow was found to be dedication of a newly purchased shuttle kiln, which is smaller in size than a tunnel kiln used in the main production. Since the reference company produces three different types of products that need different firing regimes (wall tiles, mosaic and porcelain), the calculations were made with the assumption of three kilns to be purchased. It is also calculated that the investment will in fact pay back in five years. Aside from the financial aspects, this solution gives the company the freedom of testing prototypes whenever they want. Because of their nature, ceramic products differ significantly compared to their computer aided designs. This is why the management never gives the green light to the production of a new product before seeing the physical prototype. With the newly achieved flexibility of every day testing, the company will reacquire the competitive advantage in the market, while keeping the main production line unhindered. The communication of different departments, predominantly the production and the marketing, will be stronger thanks to the solution of this problem. Marketing and designing departments will design and test their new products with the insights learned from the latest exposition and/or exhibition, while the innovation and product development departments will freely try new technologies and ingredients with different appliance techniques, without having to consider the production constraints of the main production line.

## ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by the reference firm which is a ceramic producer. We thank our colleagues who provided insight and expertise that greatly assisted the research.

## REFERENCES

- Bonavia, T., & Marin, J. A. (2006). An empirical study of lean production in the ceramic tile industry in Spain. *International Journal of Operations & Production Management*, 26(5), 505-531.
- Flynn, B. B., Schroeder, R. G., & Sakakibara, S. (1994). A framework for quality management research and an associated measurement instrument. *Journal of Operations management*, 11(4), 339-366.
- Krafcik, J. F. (1988). Triumph of the lean production system. *MIT Sloan Management Review*, 30(1), 41.
- Nakajima, S. *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*, 1988.

- Nicolau, V. D. P., & Dadam, A. P. (2009). Numerical and experimental thermal analysis of a tunnel kiln used in ceramic production. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 31(4), 297-304.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system. *The International Journal of Production Research*, 15(6), 553-564.
- URL1. A History of Ceramic Tiles. (date retrieved: 06.03.2018). Retrieved from: <http://thewisecollector.com/a-history-of-ceramic-tiles.html>
- URL2. Ceramic Products Manufacturing. (date retrieved: 06.03.2018). Retrieved from: <https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch11/final/c11s07.pdf>
- URL3: Glass, Ceramic and Related Materials. (date retrieved: 07.03.2018). Retrieved from: <http://iloencyclopaedia.org/component/k2/item/925-glass-ceramics-and-related-materials>
- URL4: Principles of Lean. (date retrieved: 07.03.2018). Retrieved from: <https://www.lean.org/WhatsLean/Principles.cfm>



## B2B ELEKTRONİK TİCARETTE E-TEDARİK SİSTEMİNDE SATIN ALMA DAVRANIŞININ TEKNOLOJİ KABUL MODELİ İLE İNCELENMESİ: ANKET ÇALIŞMASI

Ecem Cem  
Çukurova Üniversitesi

Oya Hacire Yüregir  
Çukurova Üniversitesi

### ÖZET

Günümüzde rekabetin artması gibi tehditlerin yanı sıra internetin ve teknoloji gelişiminin yarattığı fırsatlar işletmeleri yeni iş modelleri kullanmaya zorlamaktadır. Elektronik ticaret iş modellerinden birisi olan işletmeden işletmeye (B2B) e-ticaret özellikle büyük işletmeler tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada tedarik ve satın alma işlemi yapan kullanıcıların ilgili yazılımı kullanırken davranışını etkileyen faktörler Teknoloji Kabul Modeli (TAM) kapsamında ortaya konmaya çalışılacaktır. Geliştiricisi Davis'in kabul modelinde "Algılanan Kullanışlılık" ve "Algılanan Kullanım Kolaylığı" ana faktörler olarak yer alırken geliştirdiğimiz modelde ise bu faktörlere ilave olarak "memnuniyet" ve "güven" faktörlerine de yer verilmiştir. Çalışmanın materyalini süreçte yer alan kişilerden e-anket yolu ile toplanan veriler oluşturmaktadır. Çalışmanın metodu ise istatistiksel analizdir. Gelen yanıtlara göre Teknoloji Kabul Modelindeki faktörlerin önem sıralaması şu şekildedir: memnuniyet (x=3.65), algılanan kullanılabilirlik (x=3.56), güven (3.47) ve kullanım kolaylığı (x=2.81). Çalışmanın sonuçlarına göre, tecrübenin ve çalışılan işletmedeki bilgi teknolojisi altyapısı kriterlerinin TAM faktörlerinin öncelik sıralamasında etkin olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Teknoloji Kabul Modeli, E-tedarik, B2B

### INVESTIGATING PURCHASING BEHAVIOR IN E-SUPPLY SYSTEM ON B2B ELECTRONIC COMMERCE USING TECHNOLOGY ACCEPTANCE MODEL: SURVEY STUDY

### ABSTRACT

Nowadays, opportunities created by the Internet and technology development have forced businesses to use new business models. Business to business (B2B) e-commerce is used extensively by major businesses. In this study, factors that affect the behavior of people from procurement department who use B2B, are analyzed by using the Technology Acceptance Model (TAM). In our model, there are "satisfaction" and "trust" factors in addition to the main factors of "Perceived Usefulness (PU)" and "Perceived Ease of Use (PEU)". The material of the study consists of the data collected by e-questionnaire and statistical analysis method is used. According to the findings, the importance ranking of the factors in the TAM is as follows: satisfaction (x=3.65), PU (x=3.56), trust (3.10) and PEU (x=3.14). According to the results, the experience and information technology infrastructure criteria of the working enterprise are effective in the order of priority of the TAM factors.

**Keywords:** Technology Acceptance Model, E-supply, B2B

## 1. GİRİŞ

Teknolojinin ve internetin çok hızlı geliştiği bugünlerde işletmeler de bu gelişimin oluşturduğu tehditlerden ve faydalardan nasibini almaktadırlar. Bu fırsatlardan birisi de yeni iş modelleridir ve rekabet ortamı işletmeleri bu modelleri kullanmaya zorlamaktadır. Elektronik ticaret; iletişim, ticari, iş süreci, hizmet, öğrenme ve işbirlikleri yaklaşımlarına göre farklı şekilde tanımlanmakla birlikte, genel olarak elektronik ticaret internetin içinde olduğu bilgisayar ağları aracılığıyla mal, hizmet ve bilginin alınıp satılması, transfer edilmesi olarak da tanımlanabilir (Dura, 2006).E-ticaret; bilgi, hizmet veya ödemelerin elektronik aktarımı, alım satım işlemlerinin ve iş süreçlerinin otomasyonu, ürün kalitesinin iyileştirilmesinin yanı sıra hizmet maliyetlerinde azalma, hizmet verme hızında artış ve online hizmetlerin kullanımını içermektedir (Bakırtaş ve Tekinşen, 2006).Elektronik ticaret iş modellerinden birisi olan işletmeden işletmeye (B2B) e-ticaret özellikle büyük işletmeler tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir işletme, bilgisayar ağı üzerinden tedarikçilerine sipariş verip, faturalarını bu ağ kanalı ile alıyor ve ödemelerini de yine bu şekilde gerçekleştiriyorsa bu işletme-işletme türü bir elektronik iştir. Son yıllarda özellikle Elektronik Veri değişimi (EVD) altyapısı ile işletmeler arası kullanılan bu iş çeşidi gelişmiş ülkelerdeki işletmelerde oldukça yaygın kullanılmaktadır(Yüregir, 2004)."İşletmeden İşletmeye E-Ticaret" modelindeki amaç, otomasyonlandırılmış sistemlerin ortaklaşa iş yapılan birimlere (üretici firma, tedarikçi firmalar, bayiler, mağazalar, departmanlar vb.) entegrasyonu ile ürün, hizmet ve bilginin işletmeler arasında satışını, kullanımını ve paylaşımını sağlamaktır. Firmaların elektronik ortamda tedarikçiye sipariş vermesi, faturalarını temin etmesi ve bedellerini ödemesi olarak da ifade edilebilir. Yapılan araştırmalara göre gerçekleşen e-ticaret içerisinde işletmeler arası yapılan ticaretin payı, işletme ile tüketici arasında yapılandırılan daha büyüktür (Marangoz, 2011).Bu çalışmada işletmelerde kullanılan yazılımlarda tedarik ve satın alma işlemi yapan kullanıcıların davranışlarını etkileyen faktörler Teknoloji Kabul Modeli (TAM) kullanılarak ortaya konulmaya çalışılacaktır. Teknoloji Kabul Modeli Davis tarafından kullanıcı davranışlarını tahmin etmek yoluyla bilgi sistemlerinin kabulünü etkileyen faktörleri açıklamak amacıyla geliştirilmiş bir modeldir. Davis (1985)tarafından ortaya konulan ana modelde "Algılanan Kullanışlılık" ve "Algılanan Kullanım Kolaylığı" ana faktörlerine yer verilmektedir. Geliştirilen bu modelde ise Davis'in ortaya koyduğu iki ana faktöre ek olarak "memnuniyet" ve "güven" faktörleri kullanılmıştır. Çalışmada işletmelerde kullanılan yazılımlarda tedarik ve satın alma işlemi yapan kullanıcıların davranışlarını etkileyen faktörler Teknoloji Kabul Modeli (TAM) kullanılarak ortaya konulmaya çalışılacaktır. Metnin organizasyonu şu şekildedir; Bölüm 2 Teknoloji Kabul Modelinin literatürde kullanılan alanlarını ve bu çalışmanın alanına yakın olan 2 makalenin ayrıntılarını barındırmaktadır. Bölüm 3 TAM modelin oluşturulması ile ilgili bilgiler ile TAM modelin sorularının bulunduğu çizelgeyi (Çizelge 2) içermektedir. Ayrıca anket sonuçlarından ulaşılan demografik bulgular yine bu bölümde işlenmiştir. Son olarak Bölüm 4'te çalışmadan elde edilen veriler doğrultusunda yapılan analizler bulunmaktadır ve Bölüm 5 son sözleri içermektedir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Yaptığımız taramanın sonucunda, Teknoloji Kabul Modelinin kullanıcı kabulünün araştırılması açısından çok tercih edilen ve kullanışlı bir yöntem olduğu görülmektedir. Sağlık, online alışveriş, bulut sistemleri, e-öğrenme, telekonferans sistemleri gibi oldukça farklı alanlarda kullanılmıştır. Çizelge 1'de TAM'ın literatürde yer alan çalışma alanları ve yazarlar belirtilmiştir. Çalışma alanımıza yakın olan 2 makalenin ayrıntıları aşağıdadır.

**Çizelge 1. Taranan Makalelerin Alan ve Yazarları**

Alan	Yazar ve Yıl
Eğitim	Persico vd.(2013), Abdullah vd.(2015), Song vd.(2017), Mohammadi(2015), Roca vd.(2006), Yoon vd.(2016)
Online Alışveriş	Ha vd.(2008)
Bilişim	Park vd.(2013), Park vd.(2013),Park vd.(2014), Park vd.(2013), Marakarkandy vd.(2016), Wallace vd.(2014), Venkatesh vd.(2008)
Finans	Folkinshteyn vd.(2017), Marakarkandy vd.(2016), Ooi vd.(2016)
Sağlık	Dünnebeil vd.(2012), Chen vd.(2014), Holden vd.(2009), Holden vd.(2016), Aggelidis vd.(2008)
Oyun	Park vd.(2013)
E-servis	Taherdoost (2018)
Literatür taraması	Schepers vd.(2006)
TAM ve kişisel faktörler ilişkisi	Svendson vd.(2011)

Ha vd. (2008) yaptıkları çalışmada online alışverişte kullanıcı kabulünü araştırmışlardır. İlgili çalışma, e-alışverişin tüketicinin kabulünü anlamak için e-alışveriş kalitesini, zevkini ve güvenini bir teknoloji kabul modeline (TAM) entegre etmektedir. Üniversite öğrencileri ile online anketler (n = 298) şeklinde yapılmıştır. Giyim ürünleri için e-alışveriş kalitesi dört boyuttan oluşur: web sitesi tasarımı, müşteri hizmetleri, gizlilik / güvenlik ve atmosferik / deneyimsel. Yapısal bir denklem modeli, e-alışveriş kalitesinin, tüketicilerin e-alışverişe yönelik tutumlarını etkilemekte fayda, güven ve keyif algılarını belirlediğini ortaya koymaktadır. Tüketicilerin e-alışverişe yönelik yararlılık ve tutum algıları çevrimiçi alışveriş yapma niyetini etkilerken, algılanan kullanım kolaylığı, e-alışverişe yönelik tutumu etkilememektedir. Tüketicilerin e-alışverişi benimsemesinde alışveriş keyfi ve güven önemli rol oynamaktadır. Bu çalışmanın ortaya çıkardığı bilgi, e-satıcılara iki şekilde faydalı olacaktır. İlk olarak, hangi web sitesi özelliklerinin tüketicilerin çevrimiçi alışveriş hakkındaki inançlarını etkilediğini bilerek, e-perakendeciler e-alışveriş sitelerini geliştirebilirler. İkincisi, çevrimiçi alışverişe ilişkin tüketici inançlarının tutum ve niyet üzerindeki etkisine dair daha kapsamlı bir anlayış, e-perakendecilerin alıcıları çevrimiçi olarak daha sık alışveriş yapmaya nasıl ikna edebilecekleri konusunda daha fazla bilgi edinmelerine yardımcı olabilir ve alıcıları ilk işlemlerini çevrimiçi olarak başlatmaya teşvik eder. Bu çalışma aynı zamanda, çevrimiçi alışveriş bağlamıyla ilgili ek inançları birleştirerek ve çevrimiçi alışverişle ilgili inanışlara karşı öncülleri araştırarak teknoloji kabul literatürüne de katkıda bulunmaktadır. Taherdoost (2018); güvenlik, memnuniyet ve kalitenin tüketicilerin kabul kararları üzerindeki etkisi sınırlı olduğundan, ilgili araştırmada, güvenlik, memnuniyet ve kalite etkisine dikkat çeken bir model (E-Servis Teknoloji Kabul Modeli, ETAM) önererek, kabul teorisine katkıda bulunmaktadır. Bu daE-servisi kullanmada son kullanıcının niyetinde memnuniyet, kalite ve güvenlik etkisi ve sonuç olarak e-hizmet kabulüne dikkat çeker. Ayrıca, e-hizmet teknolojisi kabulünü değerlendirecek bir araç olmaması nedeni ile akademisyenler ve uygulayıcılar, e-hizmet projesinin kullanıcı tarafından kabulünü incelemede zorluk çekmektedir. Bu çalışma bu boşluğu gidermek için geçerli ve güvenilir bir araştırma aracı geliştirmeyi amaçlamaktadır. İlgili çalışmada anket web sitesi 2450 e-hizmet kullanıcılarına sunulmuş ve 426 cevap alınmıştır (% 17'lik cevap oranı) ve cevapların 403'ü geçerli oluşmuştur. Geçerli cevapların % 40'ı erkekler % 60'ı ise kadınlardan oluşmaktadır. Katılımcıların çoğunluğu % 43,4'lük oranla 20- 29 yaş arası genç kuşaklardan oluşmaktadır ve E-hizmet kullanıcılarının neredeyse yarısı, beş yılı aşkın bir süredir e-hizmet kullanmaktadır. İlgili çalışmanın sonucunda, kalite, güvenlik ve memnuniyetin, bir e-hizmeti kullanma niyetini ve sonuç olarak e-service teknolojisinin kabul edilmesini önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymuştur.

### 3. METODOLOJİ

Teknoloji Kabul Modeli Davis tarafından kullanıcı davranışlarını tahmin etmek yoluyla bilgi sistemlerinin kabulünü etkileyen faktörleri açıklamak amacıyla geliştirilmiş bir modeldir. Davis (1985) tarafından ortaya konulan ana modelde “Algılanan Kullanışlılık” ve “Algılanan Kullanım Kolaylığı” ana faktörlerine yer verilmektedir. Geliştirilen bu modelde ise Davis'in ortaya koyduğu iki ana faktöre ek olarak “memnuniyet” ve “güven” faktörleri eklenmiştir. Memnuniyet faktörü ile ilgili soruların 2 tanesi Park vd.(2013) ve 3 tanesi Roca vd.(2006)'dan alınmıştır. Veriler kişilerden e-anket yolu ile toplanmıştır. Bu süreçte yer alan 250 uzman ve yöneticiye yolladığımız anketlere 24 geri dönüt alınmıştır ve geçerli cevapların sayısı 22'dir. Anket dört ana faktörün önem derecesini 5'li Likert ölçeğine göre değerlendiren 39 sorudan oluşmaktadır. Çizelge 2'de genişletilmiş TAM anket sorularımız yer almaktadır.

**Çizelge 2 Teknoloji Kabul Modelinde Yer Alan Faktörler ve Maddeler**

---

#### **FAKTÖRLER VE MADDELER**

---

##### **Faktör PU- Algılanan Kullanışlılık**

---

PU1	Tedarikçi sistemi olmadan işimi yapmak zor olurdu.
PU2	Tedarikçi sistemini kullanmak işimin üzerinde daha fazla kontrol sahibi olmamı sağlar.
PU3	Tedarikçi sistemini kullanmak iş performansımı geliştirir.
PU4	Tedarikçi sistemi işimle ilgili ihtiyaçlarımı ele alır.
PU5	Tedarikçi sistemi kullanmak bana zaman kazandırır.
PU6	Tedarikçi sistemi, görevleri daha hızlı gerçekleştirmemi sağlar.
PU7	Tedarikçi sistemi işimin kritik yönlerini destekler.
PU8	Tedarikçi sistemi kullanmak, mümkün olandan daha fazla iş yapmamı sağlar.
PU9	Tedarikçi sistemi kullanmak verimsiz faaliyetlere harcadığım zamanı azaltır.
PU10	Tedarikçi sistemi kullanmak, işteki etkililiğimi belirler.
PU11	Tedarikçi sistemi kullanmak yaptığım işin kalitesini artırır.
PU12	Tedarikçi sistemi kullanmak verimliliğimi artırır.
PU13	Tedarikçi sistemi kullanmak işimi daha kolay hale getirir.
PU14	Genel olarak, tedarikçi sistemini işimde faydalı bulurum.

---

**Faktör PEU- Algılanan Kullanım Kolaylığı**

PEU1	Tedarikçi sistemini kullanırken kafam sık sık karışır.
PEU2	Tedarikçi sistemini kullanırken sık sık hata yaparım.
PEU3	Tedarikçi sistemi ile etkileşimde bulunmak genellikle sinir bozucu olur.
PEU4	Tedarikçi sistemini kullanırken genellikle kullanım kılavuzuna başvurmam gerekir.
PEU5	Tedarikçi sistemi ile etkileşimde bulunmak çok fazla zihinsel çaba gerektirir.
PEU6	Tedarikçi sistemini kullanırken karşılaşılan hataları kolay düzeltirim.
PEU7	Tedarikçi sistemi ile etkileşmek katıdır ve esnek değildir.
PEU8	Yapmak istediklerimi tedarikçi sistemi ile kolay yaparım.
PEU9	Tedarikçi sistemi genellikle beklenmedik şekillerde davranır.
PEU10	Tedarikçi sistemini kullanmak çok zordur.
PEU11	Tedarikçi sistemi ile etkileşimde bulunmak benim için kolaydır.
PEU12	Tedarikçi sistemini kullanarak görevleri nasıl gerçekleştireceğimi hatırlamak benim için çok kolaydır.
PEU13	Tedarikçi sistemi, görevlerin gerçekleştirilmesinde yardımcı olur.
PEU14	Genel olarak, tedarikçi sisteminin kullanımını kolay bulurum.

**Faktör SS- Memnuniyet**

SS1	Tedarikçi sistemi ile 7/24 istediğim bilgiye ulaşabilirim.
SS2	Tedarikçi sistemi beklentilerimizi karşılar.
SS3	Tedarikçi sistemini başkalarına öneririm.
SS4	Tedarikçi sisteminin performansından memnuniyet duyarım.
SS5	Tedarikçi sistemini kullanma deneyiminden memnun kaldım.
SS6	Tedarikçi sistemini kullanma kararım akıllıca bir karardır.

**Faktör PT- Güven**

PT1	Tedarikçi sistemi satın alma işlemlerimin güvenli yapılmasını sağlar.
PT2	Tedarikçi sisteminin ağı güvenlidir.
PT3	Tedarikçi sisteminde verilerimiz güven altındadır.
PT4	Tedarikçi sistemine güvenirim.
PT5	Tedarikçi sistemi vaat edilen hizmeti doğru olarak yerine getirir.

Çizelge 3'te anketi yanıtlayanların demografik özellikleri verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere anketi yanıtlayan bireylerin %27'sini kadınlar, %73'ünü erkekler oluşturmaktadır. Yaş grubu dağılımında ise 23 yaş altında ve 70 yaş üstünde bulunan aralıklarda hiç cevap kaydedilmezken 23-33 yaş aralığında 11 kişi, 34-51 yaş aralığında 9 kişi, 52-69 yaş aralığında ise 2 kişi bulunmaktadır. Eğitim durumunda ise yanıt verenlerin 15'i lisans mezunu iken diğerleri lisansüstü derecesine sahiptir. Sektör dağılımları şu şekildedir; 11 kişi imalat, 5 kişi lojistik, 5 kişi diğer hizmet sektöründe ve 1 kişi eğitim/danışmanlık sektöründe çalışmaktadır. Çalışanların en yoğun bulunduğu pozisyonlar 11 kişi ile idari birim sorumlusu / Uzman iken, mesleki deneyimi 11-20 yıl olanlar 8 kişi ile en çok yanıt veren gruptur.

**Çizelge 3 Tanımlayıcı İstatistikler**

Değişken	Grubu	n	%
Cinsiyet	Kadın	6	0.27
	Erkek	16	0.73
Yaş grubu	23-33	11	0.50
	34-51	9	0.41
	52-69	2	0.09
Eğitim durumu	Lisans	15	0.68
	Yüksek Lisans	6	0.27
	Doktora	1	0.05
Sektörü	İmalat	9	0.41
	ITC (Bilişim, GSM ve telekomünikasyon)	2	0.09
	Lojistik	5	0.23
	Eğitim/Danışmanlık	1	0.05
	Diğer hizmet sektörü	5	0.23
Görevi	Üst düzey yönetici	2	0.09
	Orta düzey yönetici	9	0.41
	İdari birim sorumlusu/Uzman	11	0.50
Mesleki deneyimi	0-1 yıl	5	0.23

	2-5 yıl	4	0.18
	6-10 yıl	4	0.18
	11-20 yıl	8	0.36
	31 yıl ve üstü	1	0.05

Bu çalışmada istatistiksel analiz yöntemlerinin kullanılması hedeflenmiştir. Ancak örneklem sayısının yetersiz olması nedeni ile sonuçlar hipotezler testleri ile değil, ana faktör ve alt faktörlerin ortalamalarını ve standart sapmalarını içeren tablo gösterilmiştir.

#### 4. ANALİZ VE BULGULAR

Yapılan analizler sonucunda Teknoloji Kabul Modelindeki faktörlerin önem sıralaması şu şekildedir: Memnuniyet ( $x=3.65$ ), Algılanan Kullanışlılık ( $x=3.56$ ), Güven ( $x=3.47$ ) ve Kullanım Kolaylığı ( $x=2.81$ ). Memnuniyet ana faktörünün E-tedarik sisteminde satın alma davranışını etkileyen en önemli faktör olduğu görülmektedir. “Tedarikçi sisteminin performansından memnuniyet duyarım” alt faktörünün “Memnuniyet” ana faktöründe ki en yüksek oranlı alt faktör olması bize kullanıcılar için en önemli memnuniyet algısının performans ile oluştuğunu göstermektedir. İkinci önem sırasındaki ana faktör “Algılanan Kullanışlılıktır” ve PU3 “Tedarikçi sistemini kullanmak iş performansını geliştirir.” ve PU5 “Tedarikçi sistemi kullanmak bana zaman kazandırır.” alt faktörlerinin yüksek orana sahip olduğu ve bu sonuçlara göre kullanıcı kabulünde en önemli kazanımların iş performansı ve zaman olduğu ortaya konulmuştur. Güven ana faktörü ise kullanıcı kabulünde üçüncü sırada yer almaktadır ve en önemli alt faktörlerinin “Tedarikçi sistemi satın alma işlemlerimin güvenli yapılmasını sağlar.” ve “Tedarikçi sisteminin ağı güvenlidir.” olduğu görülmektedir. Bu sonuçlardan kullanıcıların en çok dikkat ettikleri olguların işlem ve ağı güvenliği olduğu anlaşılmaktadır. Son sıradaki ana faktör ise “Algılanan Kullanım Kolaylığıdır”. Bu ana faktörde kullanıcıların en yüksek oranla katıldığı alt faktör ise “Tedarikçi sistemini kullanarak görevleri nasıl gerçekleştireceğimi hatırlamak benim için çok kolaydır.” olmuştur ve bunun sonucunda kullanıcı kabulünde E-tedarik sisteminin aynı zamanda iş için bir kullanım kılavuzu görevi görüyor olmasının kullanıcıların kabulünü kolaylaştırdığı görülmektedir.

#### Çizelge 4 Teknoloji Kabul Modelinde Yer Alan Faktörlerin Ortalamaları ve Standart Sapmaları

Faktör	Ortalama	Standart Sapma
PU1	3.45	1.16
PU2	3.45	1.03
PU3	3.91	1.12
PU4	3.45	0.89
PU5	3.91	0.95
PU6	3.77	0.90
PU7	3.50	0.99
PU8	3.32	0.92
PU9	3.63	1.02
PU10	2.95	1.02
PU11	3.54	0.89
PU12	3.45	0.94
PU13	3.68	0.92
PU14	3.72	0.86
<b>PU ana faktör</b>	<b>3.56</b>	<b>0.09</b>
PEU1	2.18	0.72
PEU2	2.00	0.80
PEU3	2.18	0.78
PEU4	2.31	0.87
PEU5	2.13	0.62
PEU6	3.45	0.84
PEU7	2.54	0.84
PEU8	3.54	0.84
PEU9	2.41	0.65
PEU10	2.13	0.62
PEU11	3.45	0.89

PEU12	3.72	0.91
PEU13	3.59	0.89
PEU14	3.63	0.88
<b>PEU ana faktör</b>	<b>2.81</b>	<b>0.10</b>
SS1	3.64	0.93
SS2	3.59	0.78
SS3	3.68	0.82
SS4	3.73	0.81
SS5	3.59	0.78
SS6	3.68	0.82
<b>SS ana faktör</b>	<b>3.65</b>	<b>0.05</b>
PT1	3.64	1.02
PT2	3.64	0.93
PT3	3.27	0.86
PT4	3.50	0.89
PT5	3.60	0.83
<b>PT ana faktör</b>	<b>3.47</b>	<b>0.07</b>

Cinsiyetler içinde tüm maddelerin ağırlıklarına bakıldığında kadın ve erkek için en önemli faktörlerin eşit ağırlıklarla yine PU3 “Tedarikçi sistemini kullanmak iş performansımı geliştirir.” ve PU5 “Tedarikçi sistemi kullanmak bana zaman kazandırır.” olduğu görülmektedir. Kadın ve erkek kullanıcıların en az katıldıkları faktörler ise kadınlarda PEU10 “Tedarikçi sistemini kullanmak çok zordur.” iken erkeklerde PEU2 “Tedarikçi sistemini kullanırken sık sık hata yaparım.” olmuştur. Ortalamaları karşılaştırdığımızda iki cinsiyet için de maddelerin ortalamalarının genel olarak yakın olduğu görülmektedir. Ana faktörler seviyesinde bakıldığında en önemli kriter Memnuniyet iken alt maddeler seviyesinde en önemli maddelerin Algılanan Kullanışlılık ana faktörüne bağlı iki madde çıkması bize genel düzeyde kazanılan zaman ve gelişen performansın duyulan memnuniyetin önüne geçtiğini göstermektedir. Bununla birlikte satın alma ve tedarik departmanında erkeklerin ağırlıkta olduğunu görmekteyiz. Yaş aralıklarında ki dağılıma bakıldığında eğitim süresi ve mezun olunan yaş itibarıyla 23 yaş altı çalışan ve yine çalışma süresinin yıpranma payı göze alındığında 70 yaş üstünde çalışan birey bulunmaması normal olarak değerlendirilmektedir. Çalışmanın E-ticaret alanında olması dolayısıyla en yüksek grubun imalat sektörü çıkması ise beklenen bir olgudur.

**Çizelge 5 Teknoloji Kabul Modelinde Yer Alan Faktörlerin Cinsiyete Göre Ortalamaları**

<b>FAKTÖRLER VE MADDELER</b>			
<b>Faktör PU- Algılanan Kullanışlılık</b>		<b>Kadın</b>	<b>Erkek</b>
PU1	Tedarikçi sistemi olmadan işimi yapmak zor olurdu.	3,5	3,44
PU2	Tedarikçi sistemini kullanmak işimin üzerinde daha fazla kontrol sahibi olmama sağlar.	3,17	3,57
PU3	Tedarikçi sistemini kullanmak iş performansımı geliştirir.	3,83	3,94
PU4	Tedarikçi sistemi işimle ilgili ihtiyaçlarımı ele alır.	3,5	3,44
PU5	Tedarikçi sistemi kullanmak bana zaman kazandırır.	3,83	3,94
PU6	Tedarikçi sistemi, görevleri daha hızlı gerçekleştirmemi sağlar.	3,67	3,81
PU7	Tedarikçi sistemi işimin kritik yönlerini destekler.	3,17	3,62
PU8	Tedarikçi sistemi kullanmak, mümkün olandan daha fazla iş yapmamı sağlar.	3,17	3,38
PU9	Tedarikçi sistemi kullanmak verimsiz faaliyetlere harcadığım zamanı azaltır.	3,67	3,62
PU10	Tedarikçi sistemi kullanmak, işteki etkililiğimi belirler.	2,67	3,06
PU11	Tedarikçi sistemi kullanmak yaptığım işin kalitesini artırır.	3,17	3,69
PU12	Tedarikçi sistemi kullanmak verimliliğimi artırır.	3,5	3,44
PU13	Tedarikçi sistemi kullanmak işimi daha kolay hale getirir.	3,67	3,69
PU14	Genel olarak, tedarikçi sistemini işimde faydalı bulurum.	3,67	3,75
<b>Faktör PEU- Algılanan Kullanım Kolaylığı</b>			
PEU1	Tedarikçi sistemini kullanırken kafam sık sık karışır.	2,67	2

PEU2	Tedarikçi sistemini kullanırken sık sık hata yaparım.	2,33	1,87
PEU3	Tedarikçi sistemi ile etkileşimde bulunmak genellikle sınır bozucu olur.	2,33	2,12
PEU4	Tedarikçi sistemini kullanırken genellikle kullanım kılavuzuna başvurmam gerekir.	2,5	2,25
PEU5	Tedarikçi sistemi ile etkileşimde bulunmak çok fazla zihinsel çaba gerektirir.	2,33	2,06
PEU6	Tedarikçi sistemini kullanırken karşılaşılan hataları kolay düzeltirim.	3,33	3,5
PEU7	Tedarikçi sistemi ile etkileşmek katıdır ve esnek değildir.	2,83	2,44
PEU8	Yapmak istediklerimi tedarikçi sistemi ile kolay yaparım.	3,33	3,62
PEU9	Tedarikçi sistemi genellikle beklenmedik şekillerde davranır.	2,67	2,31
PEU10	Tedarikçi sistemini kullanmak çok zordur.	2,17	2,12
PEU11	Tedarikçi sistemi ile etkileşimde bulunmak benim için kolaydır.	3,5	3,44
PEU12	Tedarikçi sistemini kullanarak görevleri nasıl gerçekleştireceğimi hatırlamak benim için çok kolaydır.	3,67	3,75
PEU13	Tedarikçi sistemi, görevlerin gerçekleştirilmesinde yardımcı olur.	3,5	3,62
PEU14	Genel olarak, tedarikçi sisteminin kullanımını kolay bulurum.	3,67	3,62
<b>Faktör SS- Memnuniyet</b>			
SS1	Tedarikçi sistemi ile 7/24 istediğim bilgiye ulaşabilirim.	3,5	3,68
SS2	Tedarikçi sistemi beklentilerimizi karşılar.	3,5	3,62
SS3	Tedarikçi sistemini başkalarına öneririm.	3,5	3,75
SS4	Tedarikçi sisteminin performansından memnuniyet duyarım.	3,67	3,75
SS5	Tedarikçi sistemini kullanma deneyiminden memnun kaldım.	3,33	3,68
SS6	Tedarikçi sistemini kullanma kararım akıllıca bir karardır.	3,5	3,75
<b>Faktör PT- Güven</b>			
PT1	Tedarikçi sistemi satın alma işlemlerimin güvenli yapılmasını sağlar.	3,67	3,62
PT2	Tedarikçi sisteminin ağı güvenlidir.	3,17	3,44
PT3	Tedarikçi sisteminde verilerimiz güven altındadır.	3,17	3,31
PT4	Tedarikçi sistemine güvenirim.	3,5	3,5
PT5	Tedarikçi sistemi vaat edilen hizmeti doğru olarak yerine getirir.	3,5	3,62

## 5. SONUÇ

Geliştirdiğimiz TAM modelinde Davis'in modeline ek olarak Memnuniyet ve Güven faktörleri eklenmiştir. Analizler sonucunda faktörlerin önem sıralaması "Memnuniyet", "Algılanan Kullanışlılık", "Güven" ve "Kullanım Kolaylığı" şeklinde olmuştur. Elektronik iş literatüründe güven en önemli sorun olarak karşımıza çıkmasına karşın bu çalışmada üçüncü sırada yer almaktadır. Alt faktörler düzeyinde yapılan hesaplamalarda ana başlıkların aksine en önemli faktörlerin hem kadın hem de erkek kullanıcılar için "Algılanan Kullanışlılık" ana faktörüne bağlı 2 alt faktör olduğu görülmektedir. Genel başlıklar düzeyinde en önemli etkenin "Memnuniyet" olmasına karşın maddeler düzeyinde kullanıcı kabulünde en önemli rol oynayan iki etkenin iş performansında ki gelişme ve kazanılan zaman olduğu ortaya konulmuştur. Çalışmanın sonuçlarına göre, tecrübenin ve çalışılan işletmedeki bilgi teknolojisi altyapısı kriterlerinin TAM faktörlerinin öncelik sıralamasında etkin olduğu görülmüştür.

## KAYNAKÇA

- Abdullah, F., Ward, R. "Developing a General Extended Technology Acceptance Model for E-Learning (GETAMEL) by analysing commonly used external factors", 2015
- Bakırtaş, H., Tekinşen, A. "E-Ticaretin girişimcilik üzerindeki etkileri" (2006)
- Chen, K., Chan, A.H.S. "Gerontechnology acceptance by elderly Hong Kong Chinese: a senior technology acceptance model (STAM)", 2014
- Dura C. "Sanayileşmeyen Ülke Bilgi Toplumu Olamaz", 2006
- Dünnebeil, S. "Determinants of physicians' technology acceptance for e-health in ambulatory care", 2011
- Folkinshteyn, D., Lennon, M. "Braving Bitcoin: A technology acceptance model(TAM) analysis", 2016
- Ha, S., Stoel, L. "Consumer e-shopping acceptance: Antecedents in a technology acceptance model", 2008
- Holden, R.J., Karsh, B.T. "The Technology Acceptance Model: Its past and its future in health care", 2008
- Holden, R.J., Asan, O., Wozniak, E.M., Flynn, K.E., Scanlon, M.C. "Nurses' perceptions, acceptance, and use of a novel in-room pediatric ICU technology: testing an expanded technology acceptance model", 2016

- Joo, J., Sang, Y. “Exploring Koreans’ smartphone usage: An integrated model of the technology acceptance model and uses and gratifications theory”, 2013
- Marakarkandy, B., Yajnik, N., Dasgupta, C. “Enabling internet banking adoption: An empirical examination with an augmented technology acceptance model (TAM)”, 2017
- Marangoz, M. “Girişimciler için sınırsız ticaret: E-ticaret”, 2011
- Marangunic, N., Granic, A. “Technology acceptance model: a literature review from 1986 to 2013”, 2014
- Mohammadi, H. “Investigating users’ perspectives on e-learning: An integration of TAM and IS success model”, 2015
- Nikou, S.A., Economides, A.A. “Mobile-Based Assessment: Integrating acceptance and motivational factors into a combined model of Self-Determination Theory and Technology Acceptance”, 2016
- Ooi, K.B., Tan, G.W.H. “Mobile technology acceptance model: An investigation using mobile users to explore smartphone credit card”, 2016
- Park, E., Kim, K.J. “An Integrated Adoption Model of Mobile Cloud Services: Exploration of Key Determinants and Extension of Technology Acceptance Model”, 2013
- Park, E., Baek, S., Ohm, J., Chang, H.J. “Determinants of player acceptance of mobile social network games: An application of extended technology acceptance model”, 2013
- Park, E., Pobil, A.P. “Technology Acceptance Model for the Use of Tablet PCs”, 2013
- Park, E., Kim, K.J. “User acceptance of long-term evolution (LTE) services: An application of extended technology acceptance model”, 2013
- Park, N., Rhoads, M., Hou, J., Lee, K.M. “Understanding the acceptance of teleconferencing systems among employees: An extension of the technology acceptance model”, 2014
- Persico, D., Manca, S., Pozzi, F. “Adapting the Technology Acceptance Model to evaluate the innovative potential of e-learning systems”, 2013
- Roca, J.C., Chiu, C.M., Martinez, F.J. “Understanding e-learning continuance intention: An extension of the Technology Acceptance Model”, 2006
- Schepers, J., Wetzels, M. “A meta-analysis of the technology acceptance model: Investigating subjective norm and moderation effects”, 2006
- Song, Y., Kong, S.C. “Investigating Students’ Acceptance of a Statistics Learning Platform Using Technology Acceptance Model”, 2017
- Svensen, G.B., Johnsen, J.A.K., Almås-Sørensen, L., Vittersø, J. “Personality and technology acceptance: the influence of personality factors on the core constructs of the Technology Acceptance Model”, 2013
- Taherdoost, H. “Development of an adoption model to assess user acceptance of e-service technology: E-Service Technology Acceptance Model”, 2018
- Venkatesh, V., Bala, H. “Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions”, 2008
- Wallace, L. G., Sheetz, S.D. “The adoption of software measures: A technology acceptance model (TAM) perspective”, 2013
- Yoon, H.Y. “User Acceptance of Mobile Library Applications in Academic Libraries: An Application of the Technology Acceptance Model”, 2016
- Yüregir, O.H. “Elektronik İş ve Elektronik Veri Değişimi”, 2004



## THE EFFECT OF PRODUCT PORTFOLIO ON PURCHASE INTENTION IN E-COMMERCE WEB SITES

Mustafa Emre Civelek  
İstanbul Ticaret Üniversitesi

Adnan Veysel Ertemel  
İstanbul Ticaret Üniversitesi

### ABSTRACT

E-commerce has globally become commonplace in the recent years. In the 21<sup>st</sup> world marketing environment, e-commerce deserves special attention when studying brands and their marketing activities. This study investigates the direct and indirect effects of product portfolio, that is, the range and depth of products, found in B2C e-commerce web sites, on customers' purchase intention through perceived value and loyalty to the web sites. In conducting the research, structural equation modeling method was used to test the hypotheses. It's found that product portfolio in e-commerce web sites doesn't have direct effect on purchase intention. However, product portfolio does influence purchase intention indirectly through perceived value and customer loyalty. Validating the previous studies, this study confirms the mediating role of customer loyalty within the relationship between perceived value and purchase intention. Thus the effect is revealed in the context of e-commerce. Hence, the findings in this study have significant contribution to the related e-commerce literature.

**Keywords:** *E-Commerce, Product Portfolio, Purchase Intention*

## E-TİCARET WEB SİTELERİNDE ÜRÜN PORTFÖYÜNÜN SATINALMA NİYETİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

### ÖZET

E-Ticaret son yıllarda küresel olarak yaygınlaşmaktadır. Bu nedenle 21.yy pazarlama ortamında e-ticaret, ayrıca incelenmeyi hak etmektedir. Bu çalışma B2C e-ticaret web sitelerinde ürün portföyünün, sitede yer alan ürünlerin çeşitliliği ve derinliğinin, müşterilerin satınalma niyetleri üzerindeki etkisini, algılanan değer ve müşteri sadakati boyutunda incelemektedir. Çalışmada geliştirilen hipotezler yapısal eşitlik modeli kullanılarak test edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda ürün portföyünün satınalma niyeti üzerine doğrudan etkisi olmadığı görülmüştür. Ancak Algılanan değer ve müşteri sadakati üzerinden dolaylı etki tespit edilmiştir. Literatürdeki önceki çalışmaları teyideden bu çalışmada müşteri sadakatinin algılanan değer ve satınalma niyeti arasındaki aracı rolünü saptanmıştır. Böylelikle söz konusu etki e-ticaret bağlamında ortaya konulmuştur. Dolayısıyla, bu çalışmada elde edilen bulgular ilgili e-ticaret literatürüne önemli katkılarda bulunmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** *E-Ticaret, Ürün Portföyü, Satınalma Niyeti*

## 1. INTRODUCTION

With the advent of Internet, consumers' nature and manner of living have started to change permanently. Thanks to the ever increasing mobile penetration rates and increased adoption of smartphones, this change became more radical in the recent years. As part of this trend, electronic commerce (e-commerce) has started to be a preferred way of conducting business with the brands. In this sense, businesses should take e-commerce into account when formulating their strategies. Therefore, scholars and marketing and brand managers have to tailor their efforts to e-commerce environment.

E-Commerce can be defined as the use of Internet to do business transactions. Business-to-Consumer (B2C) e-commerce has crucial importance by enabling trade at individual level globally, by providing cheaper, faster and more convenient ways to conduct transactions. Previous literature has identified various factors involved in determining the success or failure of a B2C e-commerce web sites. Among those, this paper focuses on the effect of the product portfolio of the e-commerce web site. It's assumed that, as part of one-stop shopping trend, consumers increasingly expect a product for each of their diverse needs from a single e-commerce site with rich product portfolio (Srinivasan et al. 2002). On the other hand, one of the most important factors in assessing performance of a B2C e-commerce web site is its ability to create favorable perceptions in target consumers' minds. Hence, branding strategy and branding loyalty are crucial aspects in B2C e-commerce web sites. A B2C e-commerce web site's performance is measured by its sales revenue. Therefore, customer purchase decision plays a critical role within the process. This study analyzes the direct and indirect effects of product portfolio on customers' purchase intention through customer perceived value and loyalty to the web sites. In conceptual background, product portfolio, perceived value, brand loyalty and purchase intention concepts are discussed. Afterwards, research model and methodology are introduced. Finally, results of the research are analyzed and discussed.

## 2. CONCEPTUAL BACKGROUND

### 2.1. Product Portfolio

Product portfolio refers to the range and depth of products found in e-commerce web sites. Previous literature has pointed out the significance of product portfolio in e-commerce setting (Srinivasan et al. 2002; Yang et al. 2004) "Variety of products" is found to be an important factor in modern e-commerce practices due to the fact that consumers expect to see variety of choices to pick from in a given category according to their diverse needs (Barcia, 2000; Cho and Park, 2001). Another peculiar characteristic of e-commerce is convenience. This involves facilitating one-stop shopping where consumers can fulfill their diverse needs at one site (Jiang et al, 2013). Furthermore, Page et. al (2002) suggest that a large selection of product portfolio is a crucial ingredient for developing perceived value in an e-service setting.

### 2.2. Perceived Value

Perceived value has its roots in equity theory. In this theory, customers assess what is fair and right (deserved benefit). It's based on the ratio of customers' input to the costs and sacrifices made within the process (Oliver et.all, 1988; Bolton and Lemon 1999). These costs and sacrifices include monetary costs, time consumption, consumer stress etc.

Based on this theory, perceived value can be defined as an overall assessment of the risks and rewards associated with a brand and its products and services. Equity theory is especially relevant in the e-commerce context due to the necessity for the brands to maintain an ongoing relationship with their customers. Customers in online medium want to feel equitably treated; that's, the exchange occurred should be believed to be fair and deserved. (Oliver et al., 1988). Furthermore, due to the intense competition in online medium, perceived value is critically important for gaining loyalty of e-commerce customers (Yang et. al, 2004)

### 2.3. Brand Loyalty

Brand loyalty is known as the degree to which consumers are committed to a brand. This commitment can be in the form of inner attitudes shown by biases. It can also be shown by repeat purchase behavior ultimately leading to brand loyalty (Odin et. all, 2001). Brand loyalty can also be measured by inclination to recommend the brand to others (Boulding et al. 1993). Afterall, it's less costly and time consuming to keep existing customers especially when consumers are loyal to a brand. Consequently, brand loyalty is an important phenomenon that enables the brands to cut their marketing costs in e-commerce.

### 2.4. Purchase Intention

Behavioral intention is the most influential predictor of behavior according to the theory of planned behavior (Ajzen 1991). Existing literature used purchase intention to represent the actual behavior (Lin 2006). In order for e-commerce web site brands to reach business profitability, it is more important to know the behavioral consequences, namely; purchase intention of customers than it is for them to understand the customer attitudes. Consequently, we used purchase intention as an dependent variable in predicting actual behavior.

### 3. RESEARCH MODEL AND HYPOTHESIS DEVELOPMENT

The conceptual research model is shown in Figure 1. Conceptual research model contains four hypotheses which were put forward to clarify the effect of product portfolio to the purchase intention.

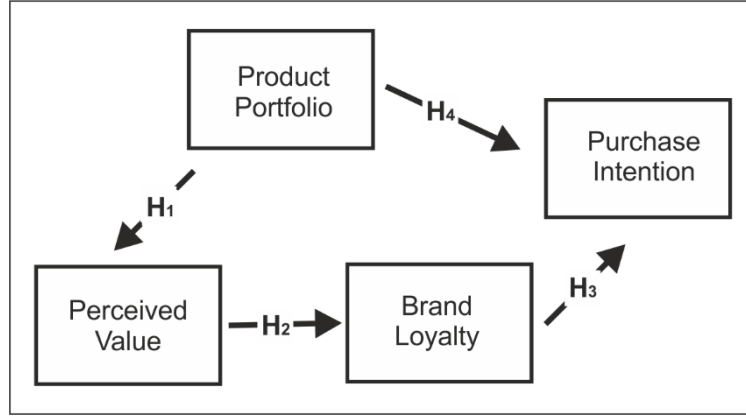


Figure 1. Conceptual Research Model

#### 3.1. The Relationship between Product Portfolio and Perceived Value

Looking from a broader perspective, product portfolio has been shown as part of online service quality dimensions as proposed by Yang et al. (2004). Other dimensions include reliability, responsiveness, ease of use etc.. Parasuraman and Grewal (2000) has proposed quality-value-loyalty chain model where service quality is an antecedent of customer perceived value which ultimately effects customer loyalty. Citing to the stated previous research, Jiang et al. (2016) argue that, as a service quality dimension, product portfolio has an effect on customer perception for e-commerce web sites.

Thus, in the light of the existing literature, we hypothesize that:

**H<sub>1</sub>:** Product Portfolio has a positive effect on Perceived Value.

#### 3.2. The Relationship between Perceived Value and Brand Loyalty

Agustin et al (2005) have pointed out customer perceived value as a major precedent of customer loyalty. In e-commerce context, high-perceived value is one of the main factors for customer patronage (Chen and Dubinsky 2003; Parasuraman and Grewal, 2000). Consumers' perception of significant value leads to sticking with the vendor and being less likely to switch vendors. Oliver et. al (1988) argue that, everything else being equal, high perceived value may increase customer loyalty significantly.

Thus, in the light of the existing literature, we hypothesize that:

**H<sub>2</sub>:** Perceived Value has a positive effect on Brand Loyalty.

#### 3.3. The Relationship between Brand Loyalty and Purchase Intention

Kamariah et. al (2005) and Wang et. al (2006) have pointed out that loyalty to the brand in e-commerce environment is a good predictor of purchase intention on the site. Hence, it can be concluded that consumers with a high loyalty to an e-commerce site is also highly likely to have a strong purchase intention on the site.

Thus, in the light of the existing literature, we hypothesize that:

**H<sub>3</sub>:** Brand Loyalty has a positive effect on Purchase Intention.

#### 3.4. The Relationship between Product Portfolio and Purchase Intention

In consideration of behavioral intention, product portfolio is seen as an important aspect in e-commerce. This is because e-commerce has the unique characteristic to address diverse needs by providing niche products and services that are unavailable in physical stores (Barcia, 2000). Zeng et. all (2009) studied e-commerce product portfolio in the context of e-service customer satisfaction and argued that product portfolio positively effects purchase intention.

Thus, in the light of the existing literature, we hypothesize that:

**H<sub>4</sub>:** Product Portfolio has a positive effect on Purchase Intention.

### 4. RESEARCH METHODOLOGY

This study used quantitative research techniques. Five-point ordinal Likert scale was used ranging from strongly disagree to strongly agree. Firstly, the reliability and validity of the scales were determined. Subsequently, structural equation modeling method was used to test the hypotheses in the conceptual research model. Structural equation modeling is a multi-variable statistical method. This method was

chosen in order to clarify direct and indirect relationships among the constructs in a single model (Civelek, 2018). This method is taking measurement errors into consideration (Byrne, 2010). Therefore it is superior to multiple regression analysis. SPSS and AMOS statistics programs were used for analyses.

#### 4.1 Measures and Sampling

Scale adopted Jiang et al. were used to measure product portfolio, customer loyalty and perceived value (Jiang, Jun, Yang, 2016). And scale adopted from Chen et al. was used to measure purchase intention (Chen, Teng, 2013).

More than 500 distributed, 464 valid questionnaires were gathered from prominent cities throughout Turkey. 240 of the respondents are male and 224 are female.

#### 4.2 Construct Validity and Reliability

After the exploratory factor analysis and data purification process, confirmatory factor analysis was performed for remaining 15 items. This analysis was conducted in order to determine convergent validity of the constructs (Anderson & Gerbing, 1988). CFA model fit indices results have adequate fit:  $\chi^2/DF = 1.843$ , CFI=0.954, IFI=0.955, RMSEA= 0.060.  $\chi^2$  is The Likelihood Ratio Chi-Square Test. The analysis shows the conformity of the initial model and the acquired model. A  $\chi^2/DF$  ratio is under the threshold level of 3 (Bagozzi & Yi, 1990) and shows good fit. Furthermore, other fit indices exceeded their recommended thresholds and show good fit.

**Table 1. Confirmatory Factor Analysis Results**

Variables	Items	Standardized Factor Loads	Unstandardized Factor Loads
Product Portfolio	Ppo0330	0.752	1
	Ppo0229	0.674	0.999
Perceived Value	Pva0434	0.695	1
	Pva0535	0.702	0.998
	Pva0333	0.508	0.839
	Pva0131	0.553	0.819
	Pva0232	0.693	1.052
Brand Loyalty	Bly0641	0.580	1
	Bly0136	0.831	1.544
	Bly0439	0.630	0.225
	Bly0237	0.864	0.512
Purchase Intention	Bly0338	0.717	1.416
	Pin0142	0.727	1
	Pin0344	0.840	1.115
	Pin0243	0.850	1.119

$p < 0.05$  for all items

In Table 1, confirmatory factor analysis results are shown. The standardized factor loads of each item are larger than 0.5 and significant. These results indicate the convergent validity of the scales. So as to assess discriminant validity, the square roots of average variance extracted values were evaluated and compared with correlation values of the constructs in the same column. In Table 2, the diagonals indicate the square root of AVE value of each variable. And as shown in Table 2, the square roots of average variance extracted values are beyond the correlation values in each column (Byrne, 2010). Reliability of each construct was also calculated. Composite reliability and Cronbach  $\alpha$  values are beyond the threshold level (i.e. 0.7) (Fornell & Larcker, 1981). Pearson correlation coefficients, composite reliabilities, average variance extracted values, Cronbach  $\alpha$  values, means and standard deviations of the constructs are shown in Table 2.

**Table 2. Construct Descriptives, Correlation and Reliability**

Variables	1	2	3	4
1.Product Portfolio	(0.714)			
2.Perceived Value	0.493*	(0.635)		
3.Brand Loyalty	0.427*	0.521*	(0.733)	
4.Purchase Intention	0.341*	0.414*	0.590*	(0.807)
Composite reliability	0.675	0.769	0.850	0.848
Average variance ext.	0.510	0.404	0.537	0.652

Cronbach $\alpha$	0.670	0.785	0.846	0.844
Mean	3.98	3.74	3.82	3.98
Standard Deviation	0.77	0.65	0.74	0.75

\*p < 0.01

Note: Diagonals show the square root of AVEs.

### 4.3 Test Of Hypothesis

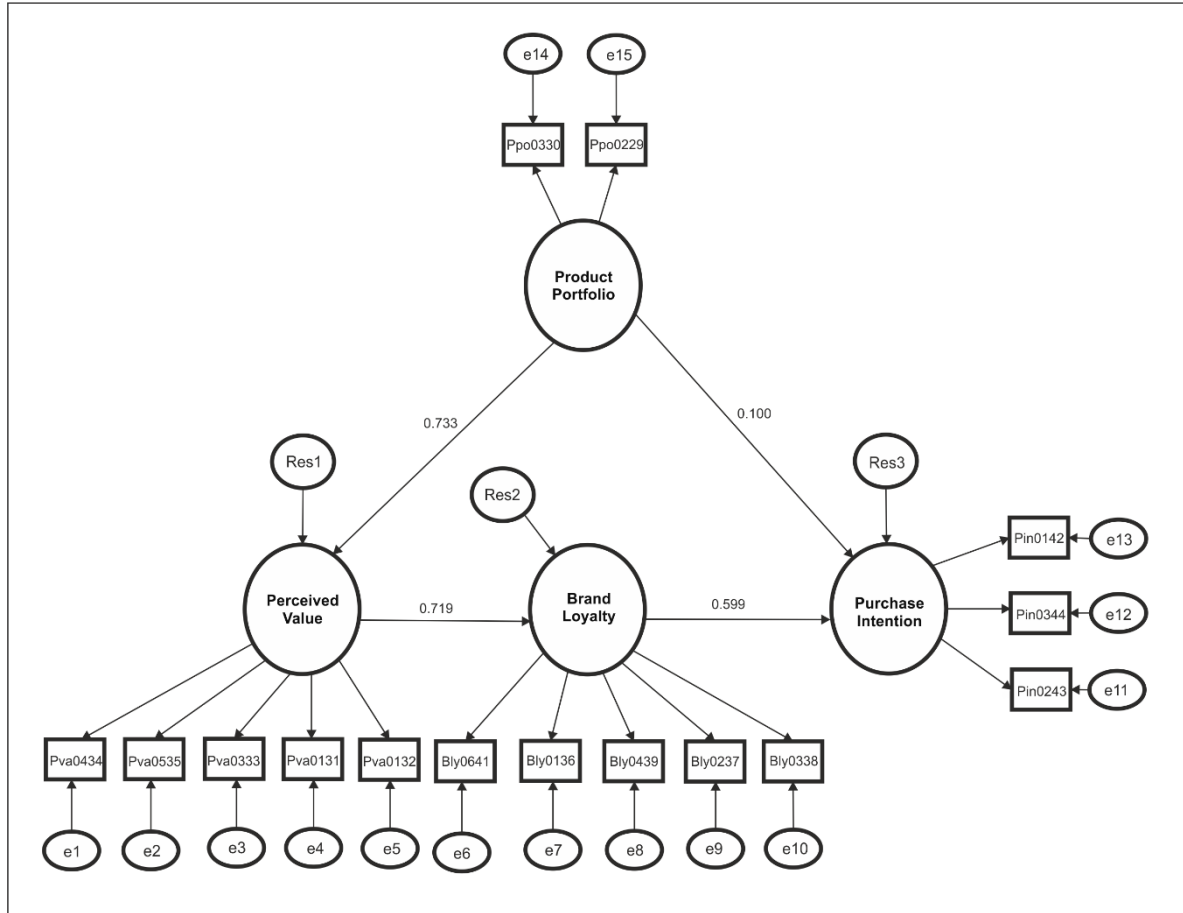
The structural model has been analyzed by using covariance based structural equation modelling (CB-SEM). Maximum likelihood which is the default estimation method of CB-SEM was used to estimate the coefficients. The absolute and relative goodness-of-fit indices of the model were calculated. The absolute goodness of fit indices are the root mean square error of approximation (RMSEA) and the  $\chi^2$  goodness of fit statistic. The relative goodness of fit indices are the comparative fit index (CFI) and the incremental fit index (IFI).

**Table 3. Hypotheses Test Results**

Relationships	Standardized Coefficients	Unstandardized Coefficients
Product Portfolio → Perceived Value	0.733*	0.880*
Perceived Value → Brand Loyalty	0.719*	0.619*
Brand Loyalty → Purchase Intention	0.599*	0.754*
Product Portfolio → Purchase Intention	0.100	0.130

\*p < 0.05

As shown in Figure 2, structural model fit indices adequately indicate model fit.  $\chi^2/DF$  value is 1.849 and within threshold levels (i.e. between 0 and 2). CFI and IFI are 0.948 and 0.949 respectively. RMSEA is 0.061. The results indicated that the model has adequate fit (Civelek, 2018). As shown in Table 3, H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub> and H<sub>3</sub> are supported and H<sub>4</sub> is not supported. These results of the tests indicate a positive and significant relationship between product portfolio and perceived value, between perceived value and brand loyalty and between brand loyalty and purchase intention. But there is not significant direct relationship between product portfolio and purchase intention.



**Figure 2. Results of SEM Analysis**

Note:  $\chi^2/DF = 1.849$ , CFI = 0.948, IFI = 0.949, RMSEA= 0.061

## 5. CONCLUSION

This research provides an important contribution to the existing literature by explaining the relationship among product portfolio, perceived value, brand loyalty and purchase intention. The most prominent finding of this study is that, contrary to the previous literature on effect of product portfolio on purchase intention (Zeng et. al., 2009), using structured equation modeling technique, it was found out that product portfolio does not directly effect purchase intention in B2C e-commerce context. Product portfolio does, however, affect purchase intention indirectly through perceived value and brand loyalty.

This finding implies that product portfolio found in B2C e-commerce websites count for improved perceived value of the e-commerce brand ultimately adding to the brand loyalty. Brand loyalty, in turn, paves the way to customers' purchase intention. These findings may help the practitioners take more educated steps in planning and execution of their e-commerce web site strategies and improving their brands. Consequently, rich product portfolio is not enough to create purchase intention on its own. Firstly, perceived value and brand loyalty should consequently be increased to create customer intention to purchase.

## REFERENCES

- Aaker D. (1991). *Managing Brand Equity: Capitalizing on the Value of a Brand Name*, The Free Press, New York, NY.
- Agustin, C., Singh, J., Curvilinear effects of consumer loyalty determinants in relational exchange, *Journal of Market Research* XLII (February), 2005, pp. 96–108.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, 50(2), 179-211.
- Anderson, J. & Gerbing, D. (1988). *Structural Equation Modelling in Practice: A Review and Recommended Two-Step Approach*. *Psychological Bulletin*.

- Bagozzi, R. P. & Yi, Y. (1990). Assessing Method Variance in Multitrait-Multimethod Matrices: The Case of Self-reported Affect and Perceptions at Work. *Journal of Applied Psychology*, 75(1), 547-560.
- Barcia, S.M. (2000), "Internet pharmacies: all hype with no help", *Health Management Technology*, Vol. 21 No. 4, pp. 24-5.
- Biel, A. L. (1997). Discovering brand magic: The hardness of the softer side of branding. *International Journal of Advertising*, 16(3), 199e210.
- Boulding, W., Kalra, A., Staelin, R., & Zeithaml, V. A. (1993). A dynamic process model of service quality: from expectations to behavioral intentions. *Journal of marketing research*, 30(1), 7.
- Byrne, B. M. (2010). *Structural Equation Modeling with AMOS*. New York: Routledge Taylor & Francis Group.
- Chen, Z., & Dubinsky, A. J. (2003). A conceptual model of perceived customer value in e-commerce: A preliminary investigation. *Psychology & Marketing*, 20(4), 323-347.
- Chen, M. Y., & Teng, C. I. (2013). A comprehensive model of the effects of online store image on purchase intention in an e-commerce environment. *Electronic Commerce Research*, 13(1), 1-23.
- Cho, N., & Park, S. (2001). Development of electronic commerce user-consumer satisfaction index (ECUSI) for Internet shopping. *Industrial Management & Data Systems*, 101(8), 400-406.
- Civelek, M. (2018). *Essentials of Structural Equation Modeling*. Lincoln: University of Nebraska Lincoln-Zea Books.
- Civelek, M. (2018). *Yapısal Eşitlik Modellemesi Metodolojisi*. İstanbul: Beta.
- Cobb-Walgren, C.J., Ruble, C.A. & Donthu, N. (1995). Brand Equity, Brand Preference, and Purchase Intent. *Journal of Advertising*, 24(3), 25-40.
- Erdem, T., Swait, J., & Louviere, J. (2002). The impact of brand credibility on consumer price sensitivity. *International Journal of Research in Marketing*, 19 (2002), 1–19.
- Fornell, C. & Larcker, D. (1981). Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-50.
- Henderson, J. M., & Quandt, R. E. (1958). *Microeconomic theory: A mathematical approach*. New York: McGraw-Hill.
- Jiang, L., Jun, M., & Yang, Z. (2016). Customer-perceived value and loyalty: how do key service quality dimensions matter in the context of B2C e-commerce?. *Service Business*, 10(2), 301-317.
- Kamariah, N., & Salwani, S. (2005). Determinants of online shopping intention, 167-172
- Keller, K. L. (2001). Building customer-based brand equity: A blueprint for creating strong brands.
- Kumar, R.S., Dash, S., & Purwar, P.C. (2013). The nature and antecedents of brand equity and its dimensions. *Marketing Intelligence & Planning*, 31(2), 141-159
- Lin, L. Y., & Chen, C. S. (2006). The influence of the country-of-origin image, product knowledge and product involvement on consumer purchase decisions: an empirical study of insurance and catering services in Taiwan. *Journal of consumer Marketing*, 23(5), 248-265.
- Oliver, R. L., & DeSarbo, W. S. (1988). Response determinants in satisfaction judgments. *Journal of consumer research*, 14(4), 495-507.
- Odin, Y., Odin, N., & Valette-Florence, P. (2001). Conceptual and operational aspects of brand loyalty: An empirical investigation. *Journal of business research*, 53(2), 75-84
- Page, C., & Lepkowska-White, E. (2002). Web equity: a framework for building consumer value in online companies. *Journal of consumer marketing*, 19(3), 231-248.
- Parasuraman, A., & Grewal, D. (2000). The impact of technology on the quality-value-loyalty chain: a research agenda. *Journal of the academy of marketing science*, 28(1), 168-174.
- Simon, C. J., & Sullivan, M. W. (1993). The measurement and determinants of brand equity: A financial approach. *Marketing Science*, 12(1), p.28
- Srinivasan, S. S., Anderson, R., & Ponnavaolu, K. (2002). Customer loyalty in e-commerce: an exploration of its antecedents and consequences. *Journal of retailing*, 78(1), 41-50.
- Wang, H. C., Pallister, J. G., & Foxall, G. R. (2006). Innovativeness and involvement as determinants of website loyalty: II. Determinants of consumer loyalty in B2C e-commerce. *Technovation*, 26(12), 1366-1373.
- Yang, Z., & Peterson, R. T. (2004). Customer perceived value, satisfaction, and loyalty: The role of switching costs. *Psychology & Marketing*, 21(10), 799-822.
- Zeng, F., Hu, Z., Chen, R., & Yang, Z. (2009). Determinants of online service satisfaction and their impacts on behavioural intentions. *Total Quality Management*, 20(9), 953-969.

## EFFECTS OF DECISION LEVELS FOR MANAGEMENT OF THE OPERATING THEATRE SCHEDULING PROBLEM

Banu Çalış Uslu  
Marmara University

Terrence Perera  
Sheffield Hallam University

### ABSTRACT

Operating Theatre Scheduling involves simultaneous allocation of patients and acute resources such as surgeons to operating theatres. Given that there are many possible alternatives, theatre managers seek to identify allocations which provide optimum performance. Objective function used for generating an optimal solution may consist of any combination of sub-functions such as (a) minimisation of patient waiting times (b) maximisation of resource utilisations and (c) minimisation of excess hours required to complete operations etc. Irrespective the objective function is used, the number of feasible solutions will increase as the number of patient increases. Therefore, it is considered as a NP-hard problem. Aim of this study is to reveal effect of decision levels for management of the operating theatre scheduling problem. Recent studies are analysed in order to test possible relationships among decision levels, problem settings and execution methodologies. Relations are tested using Pearson correlation test. Following the analysis of, process map is presented and a framework is proposed for problem solving approach based on each decision level of the problem

**Key words:** *Operating Theatre Scheduling, Scheduling, Decision Making, Health Care Systems*



## 1. INTRODUCTION

Hospitals make up a large part of their incomes by surgeries. Thus, the type of surgeries and durations, the preparation of operating theaters, and the determination of the surgeons, nurses, anesthetists and the operating theaters are very important for the hospitals. Operating Theatre Scheduling Problem (in other common usage is Operation Room Scheduling Problem) helps to find an optimum combination for a surgery in order to increase effective usage of critical resources by considering the availability of hospital resources and tries to increase both patient satisfaction and operating theatre efficiency.

Operating theatre is one of the most critical and expensive resources that can accounts for more than 40% of the total expenses for the hospital (Healthcare Financial Management Association report, 2003). Inadequate planning of operating theatres can cause leading to a serious drop in the performance of the hospitals. The schedules of operating theatres need to be excellent as much as possible to ensure treatment of patients in good conditions because inadequate planning can cause prolong the waiting time for patient's surgery and cause the patient's illness to worsen. Consequently, solution of the problem plays a vital role both patients and the hospitals.

There are five main steps for OT scheduling problem which are;

1. Definition of main aim that defines decision has to be made (define the objective of the study)
2. Setting up the model; Estimation of the patient arrival for each type of patient and surgery durations based on each surgery type (It can be a distribution that forecasted based on the data taken from the past period or it can be accepted as deterministic data based on the past experience); definition of resource and limitations; identification the problem environment (It can be stochastic or deterministic)
3. Identification of solution strategy; analyzing the most appropriate solution strategy (e.g. open surgery scheduling or block surgery scheduling); choosing the right method: gathering the implementation data
4. Execution of the case surgical schedule and optimization of the case schedule under a specific scenario
5. Interpretation of the execution results and making necessary adjustment if needed.

Decision process of the OT scheduling is an NP-hard problem due to it composed of a series of operations and hardness of finding a solution for every possible combination. If it is assumed that there are  $n$  patients in the system,  $n!$  different combination is possible for solution of the problem. It is very difficult to solve the problem manually and optimally for every possible combination. The basic steps to be completed when a patient in need of surgery is in the hospital is given in Figure 1. it can be simply seen how difficult it would be to do it for hundreds or even thousands of patients.

In the past, there have been many researchers focused on OT scheduling problem using different solution methods. In this study, literature is evaluated that are related to both problem setting (e.g., patient types, medical staff, considered constraints) and solution aspects (e.g., solution strategy, solution method or data used to test). Next section provides a critical review of recent applications on operating theatre scheduling problem to define significant trends and identify of areas that are open to development

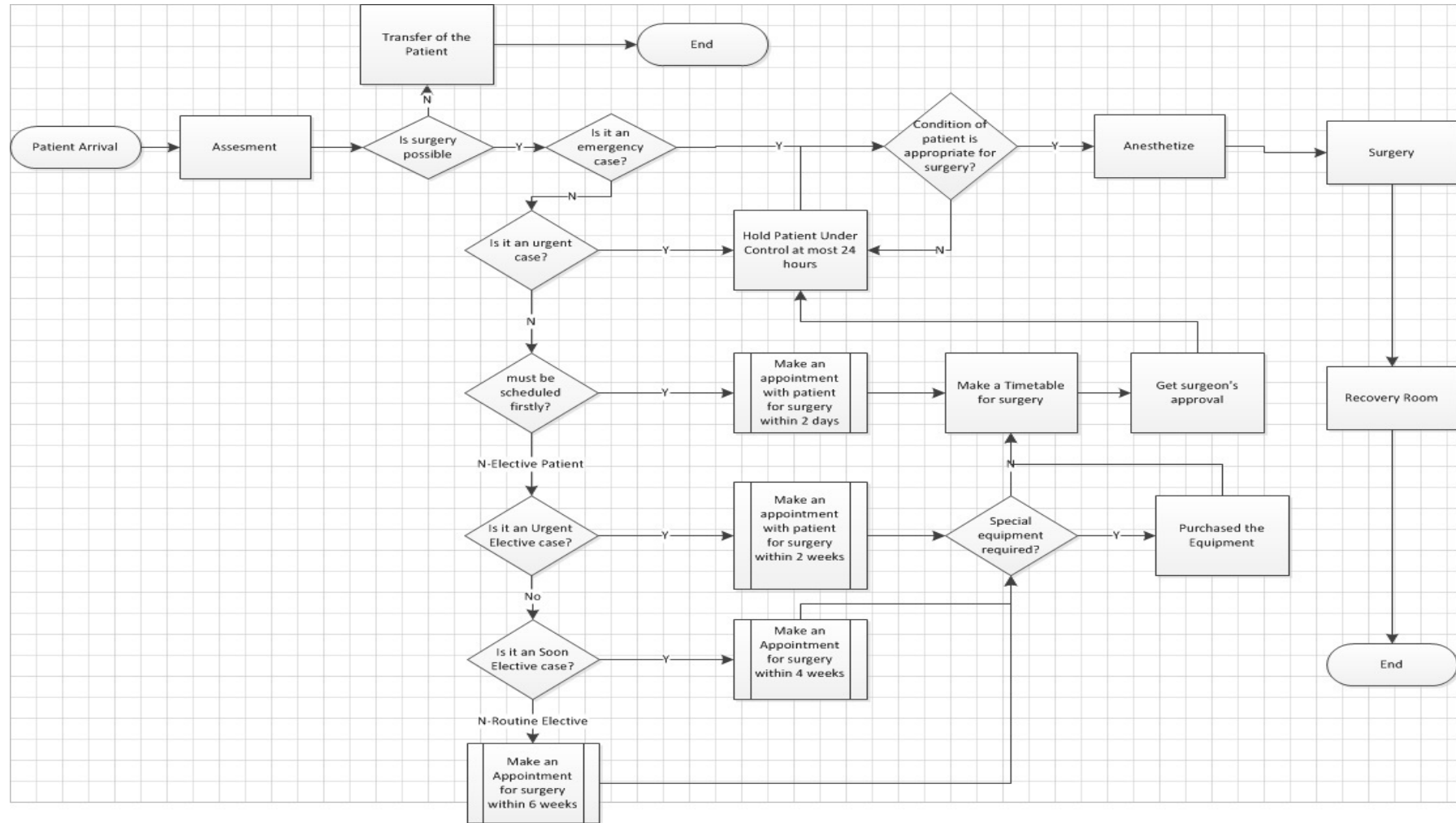


Figure 1. Process Flow of manual OT scheduling

## 2. METHODOLOGY

In this part of study, 40 articles collected using the Google scholar search engine and have been reviewed under 5 basic headings and 12 different criteria. Under heading 1 (see section 2.1), it was investigated how researchers identified the problem's purpose, and at what strategic level. Under heading 2 (see section 2.2), It was analyzed which considerations were taken into account when researchers modeled the problem, under the head 3 (see section 2.3) the solution strategy and methodology used for the problem was examined, head 4 (see section 2.4) descriptive statistics are stated and under the final head (see section 2.5) findings on decision levels, problem settings and execution methodologies from the overview of the literature are stated.

**2.1. PROBLEM DEFINITION:** This part analyzes the literature to identify the problem's purpose of studies (see Table 1). Three criteria used to overview under this heading which are;

1. **Problem Addressed in (PA)** that defines the type of decision has to be made (date, time, room or capacity). (1: Planning, 2: Scheduling, and 3: Others),

**Table 1. Decision Level of Studies**

Research	PA	DL	OF	Research	PD	DL	OF
M'Hallah. & Al-Roomi. (2014).	1-2	3	10	Clark et al. (2013).	3	1	6
Castro & Marques (2015).	2	1-2-3	4	Dios et al.(2015).	1-2	2-3	2-4
Marques et al. (2014).	2	3	2-4	Fei et al. (2010).	1-2	2-3	2-3
Perkins et al. (2014).	3	4	2	Wang et al. (2015).	2	3	1
Silva et al. (2015).	2	3	2	Meskens et al. (2013).	1-2	3	1-10
Najjarbashi & Lim(2015).	2	3	7-8-10	Xiang et al. (2015).	2	3	1-8
Rafaliya (2013).	2	1-2-3	2-4-15	Riise et al. (2016).	1-2	2-3	1
Ferrand et al. (2010. December).	2	2	7	Vancroonenburg et al. (2015).	1-2	2	10
Saremi et al. (2013).	2	2	1-7	Bouguerra et al. (2015).	1-2	2	2-5
Marques & Captivo (2015).	1-2	2	4	Saadouli et al. (2015).	1-2	2	1
Agnetis et al. (2012).	1-2	4	1-2	Sufahani et al. (2012).	2	3	10
Tanfani & Testi (2010).	1-2	1-2	3-7	Augusto et al. (2010).	2	3	10
Herring (2011).	2	3	3	Liu et al.(2011).	3	2	2-5
Su et al. (2011).	2	1-5	6-8-15	Molina-Pariente et al. (2015)	1-2	2	5-9-10
Baesler et al.(2015).	2	2	1	Riise & Burke (2011).	1-2	3	2-7
Xiang et al. (2015b).	2	2	1-2-8	Roland et al. (2010).	1-2	1-2-3	3
Aringhieri et al. (2015).	1-2	1-2	2-3	Sham (2012)	1-2	1-2-3	2
Zhao & Li (2014)	2	1-2	3	Duma & Aringhieri (2015).	1-2	2-3	2-10
van Veen-Berkx et al. (2015).	1-2	1-2	3	Porta et al. (2013).	1	1	2-10
van Veen-Berkx et al. (2016).	1-2	1-2	2	Xiao et al. (2016).	1-2	1	10

2. **Decision Levels (DL)** that refers this decision is situated on the discipline, the surgeon or the patient level. (1: Strategic, 2: Tactical, 3: Operational, and 4: Undefined)
3. **Objective Function (OF)** that denotes the performance criteria of the decision (1- Minimize Makespan, 2- Maximize Utilization of OT, 3-Reduce Cost, 4- Minimize Number of Patients in Queue, 5-Minimize idle Times, 6- Minimize Turnover Times, 7-Minimize Waiting Times in Queue, 8-Balance Workload of OT, 9- Minimization of Tardiness, and 10-Others).

**2.2. PROBLEM SETTINGS:** This part analyses the literature in terms of problem setting parameters, resources, environment, and priorities (see Table 2). Six criteria used to overview under this heading which are;

**Table 2. Problem Settings of Studies**

Research	PT	MS	C	PRI	NOT	SN	Research	PT	MS	C	PRI	NOT	SN
M'Hallah. & Al-Roomi. (2014).	1	1-2-4	1-2-5-9-10	1	2	1	Clark et al. (2013).	3-4	-	2	-	-	-
Castro & Marques (2015).	1	1	1-2-6-9	2	2	-	Dios et al.(2015).	1	1	1-3-6-7	1	2	-
Marques et al. (2014).	1	1	1-2-5-6-9	2	2	1	Fei et al. (2010).	1	1-2-3	1-2-3-5-6-8-9-10	-	2	-
Perkins et al. (2014).	-	1-2-3	1-2-11	-	2	-	Wang et al. (2015).	1-2	1-2-3	1-2-5-7-9	2	-	-
Silva et al. (2015).	1	1-3	1-2-3-7-11	-	2	2	Meskens et al. (2013).	1	1-2-3	1-3-5-7-8-9	2	1	-
Najjarbashi & Lim(2015).	-	1	1-2-6-7	2	2	-	Xiang et al. (2015).	1	1-2	1-2-6-9	2	2	-
Rafaliya (2013).	1-3	1	1-5-9-10	-	2	-	Riise et al. (2016).	1	-	2-9-11	4	2	-
Ferrand et al. (2010. December).	1-2	1	2	1	2	1	Vancroonenburg et al. (2015).	1	1-2-3	1-2-7-9-11	2	2	-

1. **Patient Type (PT)** defines the urgency of patient and time in the system of a patient (1: Elective defines not requiring emergency, 2: Urgent indicates requiring emergency, 3: Inpatients denotes patients who have to stay overnight and, 4: Outpatients refers patients who enter and leave the hospital on the same day.)

**Table 2. Problem Settings of Studies (cont.)**

Research	PT	MS	C	PRI	NOT	SN	Research	PT	MS	C	PRI	NOT	SN
Saremi et al. (2013).	4	1-2-3	1-2-3-5-9	-	2	3	Bouguerra et al. (2015).	1	1	1-3-5-6-9	-	2	-
Marques & Captivo (2015).	1	1	1-2-5-6-7-9	2	2	2	Saadouli et al. (2015).	1	1	1-2-4-8-9-10	2	2	3
Agnetis et al. (2012).	1	-	2-6-9	2	2	1	Sufahani et al. (2012).	-	-	9	-	2	-
Tanfani & Testi (2010).	1	1	1-2-4-6-9	1	2	-	Augusto et al. (2010).	1	1	1-2-7-10	-	2	-
Herring (2011).	1	1	2-3-5-6-9	1	2	1-3	Liu et al.(2011).	-	-	2-5-9	2	-	-
Su et al. (2011).	-	1	1-2-6-9	3	2	-	Molina-Pariente et al. (2015).	1	1	1-2	4	2	-
Baesler et al.(2015).	-	-	2-4-9-10	-	2	1-3	Riise & Burke (2011).	1	1	1-2-3	1	2	-
Xiang et al. (2015b).	1	1	1-2-5-9-10	-	2	-	Roland et al. (2010).	1	1	1-2-9-11	4	2	-
Aringhieri et al. (2015).	1	-	2-5-9-10	1	2	-	Sham (2012)	1	1-2-3	1-2-6-9	-	2	-

Zhao & Li (2014)	1	-	2-7-9	-	2	-	Duma & Aringhieri (2015).	1	-	8-10	2	2	1-3
van Veen-Berkx et al. (2015).	1-2-3	1-2-3	1-2-5-9-11	-	2	-	Porta et al. (2013).	1-2	-	-	-	2	-
van Veen-Berkx et al. (2016).	1-2	-	-	-	2	-	Xiao et al. (2016).	1-2	-	2-6-8	-	1	3

- Medical Staff (MS)** indicates the consideration of availability and scheduling of medical staff (1: Surgeon, 2: Nurse, 3: Anesthetist 4-Others).
- Constraints (C)** includes the restriction of the resources. (1: Set of Surgeons, 2: Set of Operation Times, 3: Set of Intervention Time, 4: Set of ICU, 5: Time Slot per day, 6: Working Shift, 7: Cleaning Time, 8: Cancel of Surgery, 9: Set of Surgical Cases, 10: Recovery Beds, 11: Renewable Resources, and, 12: others)
- Priority (PRI)** represents the prioritization given to any attribute of the model (1: Patient, 2: Operating Theatre, 3: Surgery, and 4: Others)
- Number of Operating Theatres (NOT)** denotes the number of operating theatres in studies (where 1: Single OT and 2: Set of OT)
- Stochastic Nature (SN)** shows that whether researchers considered arrival or duration uncertainty (stochastic approach) or not (deterministic approach). (1: Random arrival for Surgical Cases, 2: Distribution of Surgeries Among Surgeons, 3: Stochastic Surgery Duration)

**2.3. PROBLEM EXECUTION:** The last part of analysis of the literature in terms contains solution approaches of the studies are analyzed under 3 main fields (see Table 3) which are:

**Table 3. Problem Execution Methodologies of Studies**

Research	SS	SM	ID	Research	SS	SM	ID
M'Hallah. & Al-Roomi. (2014).	2	6	3	Clark et al. (2013).	-	14	2
Castro & Marques (2015).	3	3-13	2	Dios et al.(2015).	-	3-8	3
Marques et al. (2014).	1	5	3	Fei et al. (2010).	1	5-8-13	2
Perkins et al. (2014).	2	13	2	Wang et al. (2015).	2	3-11	2
Silva et al. (2015).	2	3-8	2	Meskens et al. (2013).	2	11	2
Najjarbashi & Lim(2015).	1	13	1	Xiang et al. (2015).	1	14	1-3
Rafaliya (2013).	2	1	2	Riise et al. (2016).	2	14	3
Ferrand et al. (2010. December).	1-2	6	3	Vancroonenburg et al. (2015).	1	8	2
Saremi et al. (2013).	2	2-6-14	2	Bouguerra et al. (2015).	1	3-8	1
Marques & Captivo (2015).	2	5-8-14	3	Saadouli et al. (2015).	1	3-6	3
Agnetis et al. (2012).	2	3-6	3	Sufahani et al. (2012).	1	3	1
Tanfani & Testi (2010).	2	2-8	2	Augusto et al. (2010).	1	13	1
Herring (2011).	2	9	3	Liu et al.(2011).	1	8-9	2
Su et al. (2011).	2	1	1	Molina-Pariente et al. (2015).	1	3-12-14	2
Baesler et al.(2015).	-	6-7	3	Riise & Burke (2011).	2	8	2
Xiang et al. (2015b).	1	13-14	1	Roland et al. (2010).	1	3-5-8	2
Aringhieri et al. (2015).	2	2-8	3	Sham (2012)	2	14	1
Zhao & Li (2014)	2	3-11	2	Duma & Aringhieri (2015).	2	6-10	1
van Veen-Berkx et al. (2015).	2	14	1	Porta et al. (2013).	-	14	1
van Veen-Berkx et al. (2016).	2	14	2	Xiao et al. (2016).	-	12-14	3

- Solution Strategy (SS)** defines the philosophy of operating theatres usage. 1: Open Surgery Scheduling Strategy which means that surgeons could choose any workday for a surgery [Dexter, Traub, and Macario (2003)]. 2: Block Surgery Scheduling Strategy which means that Surgeons or Surgical types use time blocks that have reserved in advance in the planning period and even if

some of time blocks unused, in theory these blocks cannot be released. 3: Modified Block Surgery Scheduling Strategy use open hours for some of the OTs or release unused blocks of time before a specific time (eg 72 hours). This strategy provides more flexibility than block surgery scheduling.

2. **Solution Method (SM)** overview of the solution procedures retrieved from the manuscript set, such as mathematical programming methods, constructive and improvement heuristics, simulation or analytical approaches. 1: Linear P. 2: Integer P., 3: Mixed Linear Integer P. 4: Goal Programming 5: Genetic Algorithm, 6: Simulation, 7: Simulated Annealing, 8: Heuristic Method 9: Dynamic P. 10: Sample Average Approximation, 11: Constraint Programming 12: Approximate A. 13: Flow Shop Scheduling, 14: Others
3. **Implementation Data (ID)** information on the testing (data) of research and its implementation in practice. 1: Empirical Data, 2: Real-life based Data, 3: Real case study.

#### 2. 4. ANALYSIS OF ARTICLES

In this part of study, firstly descriptive analysis is done for each criteria in order to see the usage frequency of each criteria

1. **PA:** Based on the problem address in, scheduling is the mostly taken into consideration for solving of the problem. As can be seen from the Figure 2, planning (eg, capacity planning) only one times considered in all reviewed articles without scheduling.
2. **DL:** For the decision level, it can be seen that researchers mostly consider this problem under tactical decision level (see Figure 3).

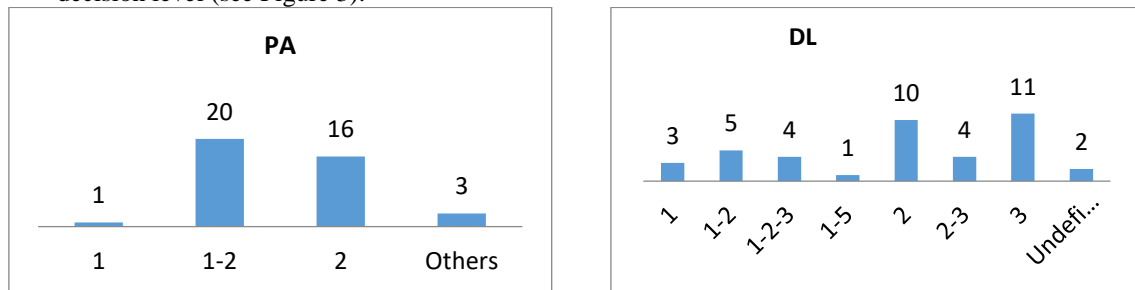


Figure 2. Number of studies based on Problem Address in Figure 3. Number of studies based on Decision Level

3. **OF:** When the literature overviewed under OF criteria, it is possible to see that there are a lot of objective but most likely researcher interested in to maximization of the OT utilization, Minimization of the Makespan and Minimization of the patients waiting times in the queue (see Figure 4).
4. **PT:** Elective Patient type is mostly studied patient type by researcher (see Figure 5). There is a need for a study that all patient types are considered together

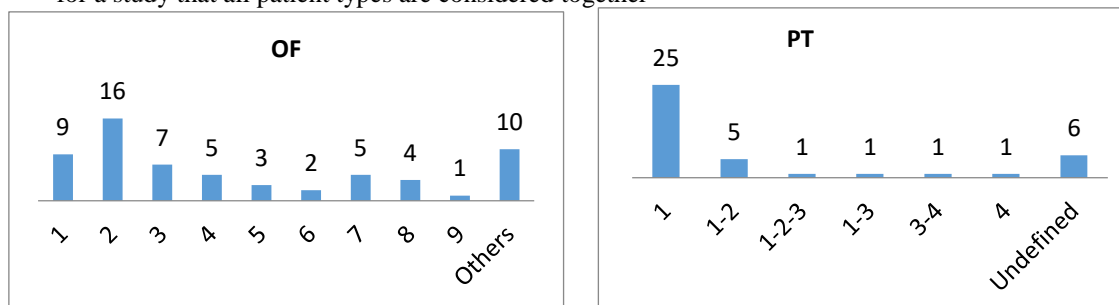
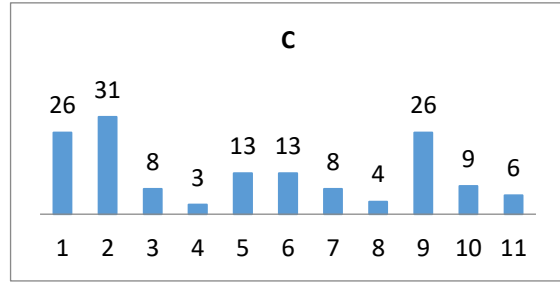
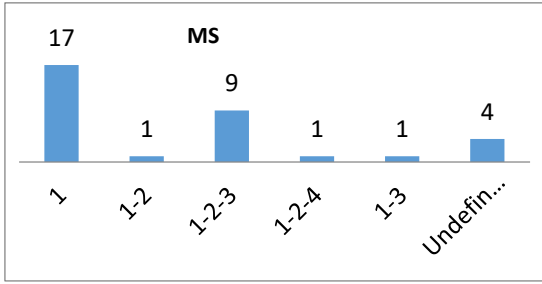


Figure 4. Number of studies based on Objective Function Figure 5. Number of studies based on Patient Type

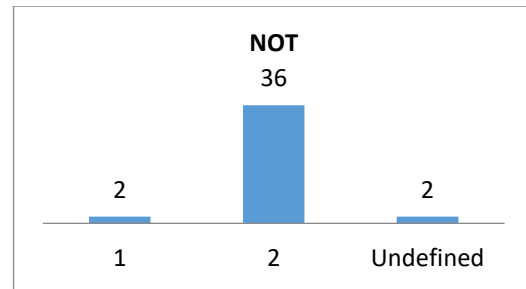
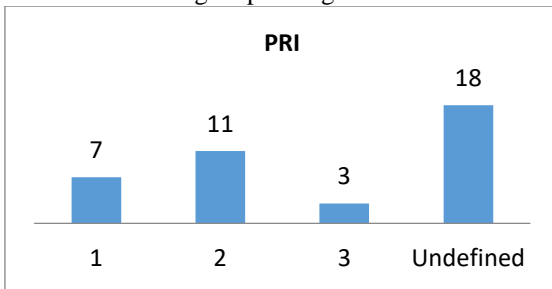
5. **MS:** As can be seen from the Figure 6, it seems like impossible the setting problem without considering surgeons, also it is obvious that anesthetist are less considered medical staff although their importance of surgery.
6. **C:** Figure 7 indicates that set of operation times, set of surgeons, and set of surgical cases are frequently used for the setting up model. But 4:set of ICU (intensive care units) and 8:cancellation of surgery not taken into account by most of researcher.



**Figure 6. Number of studies based on Medical Staff**

**Figure 7. Number of studies based on Constraints**

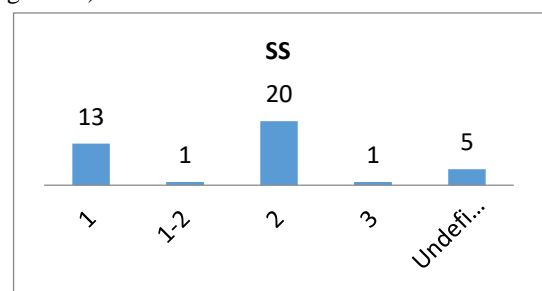
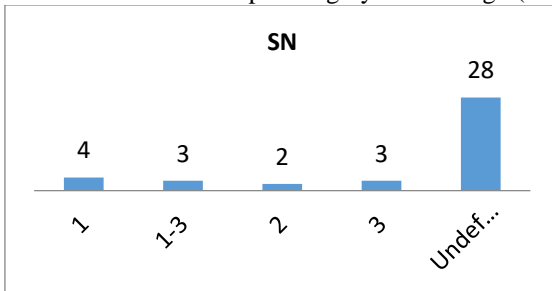
- PRI:** Priority one of the important decision criteria for decision making and as can be seen from the Figure 8 most of researcher has not used this criteria in their model and mostly used type is 2:OT priority which means that giving priority to some OT to select firstly.
- NOT:** As can be seen from the Figure 9, almost each problem considered set of operating theatre instead of single operating theater.



**Figure 8. Number of studies based on considered Priority**

**Figure 9. Number of studies based on considered number of operating theatre**

- SN:** Stochastic nature defines the setting the problem environment as dynamic but as can be seen from the Figure 10, most of study did not state any stochastic criteria due to fact that they used deterministic model.
- SS:** Block Surgery Scheduling is the most selected solution strategy in the overviewed literature but it is not possible to say that open surgery scheduling is not appropriate due to fact that 14 good resulted studies that used open surgery scheduling. (see Figure 11)



**Figure 10. Number of studies based on Stochastic Nature**

**Figure 11. Number of studies based on selected solution strategy**

- ID:** As can be seen from the Figure 13; Most of the studies took a real practice and the majority of the remaining parts use the actual data based on the past.

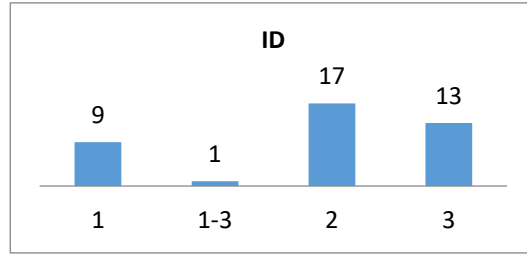


Figure 12. Number of studies based on used implementation strategy

## 2. 5. EFFECTS OF DECISION LEVELS

In this part of study, Effects of Decision Levels statistically tested under 4 *questions*;

1. **Question 1:** Is there any relation between Objective Functions (OF) of studies and Solution Methods (SM) of studies? A Correlation Test is done and as can be seen in Figure 13, *there is no significant relation* between selected objective functions and the selected solution methods.
2. **Question 2:** Is there any relation between Objective Functions (OF) of studies and Solution Strategies (SS) of studies? Correlation Test shows that *there is no significant relation* between selected objective functions and the selected solution strategies as can be seen in Figure 14
3. **Question 3:** Is there any relation between Objective Functions (OF) of studies and Decision Level (DL) of studies? *There is a significant relation* for the studies based on the Correlation Test given in Figure 15. For the strategic level decision, researcher considered the "reduce cost" as an objective in their studies. For the tactical level decision researcher considers the objectives mostly minimization waiting time and Maximize Utilization of OR. For the operational level decision, researcher considered the objectives Minimize Makespan, Maximize Utilization of OR, Minimize number of patient in the que
4. **Question 4:** Is there any relation between Objective Functions of studies and Solution Strategies (SS) of studies? Based on the correlation test given in Figure 16, there is no significant relation between

		OF	SM
OF	Pearson Correlation	1	.051
	Sig. (2-tailed)		.607
	Sum of Squares and Cross-products	-1213.736	88.170
	Covariance	11.559	.840
	N	106	106
SM	Pearson Correlation	.051	1
	Sig. (2-tailed)	.607	
	Sum of Squares and Cross-products	-88.170	2508.462
	Covariance	.840	23.890
	N	106	106

		SS	OF
SS	Pearson Correlation	1	-.209
	Sig. (2-tailed)		.105
	Sum of Squares and Cross-products	-17.049	-27.377
	Covariance	.284	-.456
	N	61	61
OF	Pearson Correlation	-.209	1
	Sig. (2-tailed)	.105	
	Sum of Squares and Cross-products	-27.377	1002.557
	Covariance	-.456	16.709
	N	61	61

Figure 13. Correlation test between OF and SM

Figure 14. Correlation test between SS and OF



		DL	OF			DL	SM
DL	Pearson Correlation	1	.377**	DL	Pearson Correlation	1	-.079
	Sig. (2-tailed)		.000		Sig. (2-tailed)		.540
	Sum of Squares and Cross products	246.456	228.211		Sum of Squares and Cross products	40.857	-18.524
	Covariance	2.769	2.564		Covariance	.659	-.299
	N	90	90		N	63	63
OF	Pearson Correlation	.377**	1	SM	Pearson Correlation	-.079	1
	Sig. (2-tailed)	.000			Sig. (2-tailed)	.540	
	Sum of Squares and Cross products	228.211	1483.122		Sum of Squares and Cross products	-18.524	1360.413
	Covariance	2.564	16.664		Covariance	-.299	21.942
	N	90	90		N	63	63

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Figure 15. Correlation test between DL and OF

Figure 16. Correlation test between SS and OF

### 3. CONCLUSION

In this study, it is desired to analyze OT scheduling problem by considering 12 different criteria such as objective function, solution method, solution strategy etc. Depending on the literature examined, the following conclusions were reached; statistically, the only relationship in the studies examined was seen between the chosen objective function of the problem and the decision level of the problem. Although there is no relationship as a statistic, it has been observed that there is a serious tendency between the solution strategies chosen by the researchers, depending on the decision level. It has been seen that in the studies conducted at strategic level, block surgery scheduling solution strategy is preferred and open surgery scheduling solution strategy is preferred for tactical solutions. It has been observed that maximizing the utilization of OT was selected as an objective function in 16 out of 40 randomly selected studies. This has shown that the efficient use of OT can be regarded as the most common problem.

### REFERENCES

- Agnetis. A., Coppi. A., Corsini. M., Dellino. G., Meloni. C., & Pranzo. M. (2012). Long term evaluation of operating theater planning policies. *Operations Research for Health Care*. 1(4). 95-104.
- Aringhieri. R., Landa. P., Soriano. P., Tànfani. E., & Testi. A. (2015). A two level metaheuristic for the operating room scheduling and assignment problem. *Computers & Operations Research*. 54. 21-34.
- Augusto. V., Xie. X., & Perdomo. V. (2010). Operating theatre scheduling with patient recovery in both operating rooms and recovery beds. *Computers & Industrial Engineering*. 58(2). 231-238.
- Baesler, F., Gatica, J., & Correa, R. (2015). Simulation optimisation for operating room scheduling. *Int J Simul Model*, 4(2), 215-26.
- Bouguerra. A., Sauvey. C., & Sauer. N. (2015). Mathematical model for maximizing operating rooms utilization. *IFAC-PapersOnLine*. 48(3). 118-123.
- Castro. P. M., & Marques. I. (2015). Operating room scheduling with generalized disjunctive programming. *Computers & Operations Research*. 64. 262-273.
- Clark. N., Vrabec. S., Schneider. D. F., Bauer. P. S., Chen. H., & Sippel. R. S. (2013). Increased Efficiency of Endocrine Procedures Performed In An Ambulatory Operating Center. *Journal of Surgical Research*. 179(2). 336.
- Dios. M., Molina-Pariente. J. M., Fernandez-Viagas. V., Andrade-Pineda. J. L., & Framinan. J. M. (2015). A decision support system for operating room scheduling. *Computers & Industrial Engineering*. 88. 430-443.
- Duma. D., & Aringhieri. R. (2015). An online optimization approach for the Real Time Management of operating rooms. *Operations Research for Health Care*. 7. 40-51.
- Fei. H., Meskens. N., & Chu. C. (2010). A planning and scheduling problem for an operating theatre using an open scheduling strategy. *Computers & Industrial Engineering*. 58(2). 221-230.
- Ferrand. Y., Magazine. M., & Rao. U. (2010, December). Comparing two operating-room-allocation policies for elective and emergency surgeries. In *Simulation Conference (WSC)*. Proceedings of the 2010 Winter (pp. 2364-2374). IEEE.
- Healthcare Financial Management Association. (2003). Achieving operating room efficiency through process integration. *Healthcare financial management: journal of the Healthcare Financial Management Association*. 57(3). suppl-1.

- Herring, W. L. (2011). Prioritizing patients: stochastic dynamic programming for surgery scheduling and mass casualty incident triage. University of Maryland. College Park.
- Liu, Y., Chu, C., & Wang, K. (2011). A new heuristic algorithm for the operating room scheduling problem. *Computers & Industrial Engineering*, 61(3), 865-871.
- Marques, I., Captivo, M. E., & Pato, M. V. (2014). Scheduling elective surgeries in a Portuguese hospital using a genetic heuristic. *Operations Research for Health Care*, 3(2), 59-72.
- Marques, I., & Captivo, M. E. (2015). Bicriteria elective surgery scheduling using an evolutionary algorithm. *Operations Research for Health Care*, 7, 14-26.
- Meskens, N., Duvivier, D., & Hanset, A. (2013). Multi-objective operating room scheduling considering desiderata of the surgical team. *Decision Support Systems*, 55(2), 650-659.
- Molina-Pariente, J. M., Fernandez-Viagas, V., & Framinan, J. M. (2015). Integrated operating room planning and scheduling problem with assistant surgeon dependent surgery durations. *Computers & Industrial Engineering*, 82, 8-20.
- M'Hallah, R., & Al-Roomi, A. H. (2014). The planning and scheduling of operating rooms: A simulation approach. *Computers & Industrial Engineering*, 78, 235-248.
- Najjarbashi, A., & Lim, G. (2015). Using Augmented  $\epsilon$ -constraint Method for Solving a Multi-objective Operating Theater Scheduling. *Procedia Manufacturing*, 3, 4448-4455.
- Perkins, J. N., Chiang, T., Ruiz, A. G., & Prager, J. D. (2014). Auditing of operating room times: A quality improvement project. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 78(5), 782-786.
- Porta, C. R., Foster, A., Causey, M. W., Cordier, P., Ozbirn, R., Bolt, S., & Rush, R. (2013). Operating room efficiency improvement after implementation of a postoperative team assessment. *Journal of Surgical Research*, 180(1), 15-20.
- Rafaliya, N. R. (2013). Scheduling Elective Surgeries in Operation Room with Optimization of Post-Surgery Recovery Unit Capacity.
- Riise, A., & Burke, E. K. (2011). Local search for the surgery admission planning problem. *Journal of Heuristics*, 17(4), 389-414.
- Riise, A., Mannino, C., & Burke, E. K. (2016). Modelling and solving generalised operational surgery scheduling problems. *Computers & Operations Research*, 66, 1-11.
- Roland, B., Di Martinelly, C., Riane, F., & Pochet, Y. (2010). Scheduling an operating theatre under human resource constraints. *Computers & Industrial Engineering*, 58(2), 212-220.
- Saadouli, H., Jerbi, B., Dammak, A., Masmoudi, L., & Bouaziz, A. (2015). A stochastic optimization and simulation approach for scheduling operating rooms and recovery beds in an orthopedic surgery department. *Computers & Industrial Engineering*, 80, 72-79.
- Saremi, A., Jula, P., ElMekkawy, T., & Wang, G. G. (2013). Appointment scheduling of outpatient surgical services in a multistage operating room department. *International Journal of Production Economics*, 141(2), 646-658.
- Sham, G. C. (2012). Developing a data-driven approach for improving operating room scheduling processes (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- Silva, T. A., de Souza, M. C., Saldanha, R. R., & Burke, E. K. (2015). Surgical scheduling with simultaneous employment of specialised human resources. *European Journal of Operational Research*, 245(3), 719-730.
- Su, M. C., Lai, S. C., Wang, P. C., Hsieh, Y. Z., & Lin, S. C. (2011). A SOMO-based approach to the operating room scheduling problem. *Expert Systems with Applications*, 38(12), 15447-15454.
- Sufahani, S. F., Razali, S. N., & Ismail, Z. (2012). A scheduling problem for hospital operating theatre. *arXiv preprint arXiv:1205.2108*.
- Tanfani, E., & Testi, A. (2010). A pre-assignment heuristic algorithm for the master surgical schedule problem (MSSP). *Annals of Operations Research*, 178(1), 105-119.
- van Veen-Berkx, E., Elkhuisen, S. G., Van Logten, S., Buhre, W. F., Kalkman, C. J., Gooszen, H. G., ... & Collaborative, D. O. R. B. (2015). Enhancement opportunities in operating room utilization; with a statistical appendix. *Journal of Surgical Research*, 194(1), 43-51.
- van Veen-Berkx, E., Elkhuisen, S. G., Kuijper, B., Kazemier, G., & Collaborative, D. O. R. B. (2016). Dedicated operating room for emergency surgery generates more utilization, less overtime, and less
- Vancroonenburg, W., Smet, P., & Berghe, G. V. (2015). A two-phase heuristic approach to multi-day surgical case scheduling considering generalized resource constraints. *Operations Research for Health Care*, 7, 27-39.
- Wang, T., Meskens, N., & Duvivier, D. (2015). Scheduling operating theatres: Mixed integer programming vs. constraint programming. *European Journal of Operational Research*, 247(2), 401-413.

- Xiang, W., Yin, J., & Lim, G. (2015). A short-term operating room surgery scheduling problem integrating multiple nurses roster constraints. *Artificial intelligence in medicine*, 63(2), 91-106. cancellations. *The American Journal of Surgery*, 211(1), 122-128.
- Xiao, G., van Jaarsveld, W., Dong, M., & van de Klundert, J. (2016). Stochastic programming analysis and solutions to schedule overcrowded operating rooms in China. *Computers & Operations Research*, 74, 78-91.
- Xiang, W., Yin, J., & Lim, G. (2015b). An ant colony optimization approach for solving an operating room surgery scheduling problem. *Computers & Industrial Engineering*, 85, 335-345.
- Zhao, Z., & Li, X. (2014). Scheduling elective surgeries with sequence-dependent setup times to multiple operating rooms using constraint programming. *Operations Research for Health Care*, 3(3), 160-167.

## OPTIMAL CONTROL OF AGENTS IN AN AUTONOMOUS MOBILITY-ON-DEMAND (AMoD) SYSTEM

Dilay Çelebi  
İstanbul Technical University

Dilşad Evcı  
İstanbul Technical University

### ABSTRACT

In this paper, we present a predictive control algorithm to optimize demand acceptance and vehicle routing in an Autonomous Mobility-on-Demand (AMoD) system. AMoD systems provide a transformative and rapidly developing mode of transportation wherein robotic, self-driving vehicles transport passengers in a given environment. Specifically, we present a dynamic programming model for deciding the approval of incoming requests for autonomous vehicle agents, to maximize the expected profit of serving both current and future travel requests. The model uses historical data on a transportation network to predict origin and destination points of both current and future mobility demands to determine (1) whether given mobility demand should be accepted, (2) best routes for reaching the point of demand, and (3) waiting locations when the vehicle is idle. Our approach for the optimal control of an agent in an AMoD can be extended to model the multi-agent behavior in competitive systems.

**Keywords:** *Autonomous Mobility-on-Demand (AMoD) system, dynamic programming, vehicle allocation*

## 1. INTRODUCTION

An automated vehicle (AV), is an advanced type of vehicle which can drive itself on existing roads and can navigate many types of roadways with reduced direct human input (Fagnant and Kockelman, 2014). There are six levels of driving automation from level 0 “no automation” to level 5 “full automation” (SAE International, 2014). Currently, several IT companies and automobile manufacturers are in the process of developing AVs. Google’s self driving car, Waymo, has already driven more than millions of kilometers on public streets since 2009 and is planning to make these cars available to the public in 2020 (Waymo, 2018). Many other companies like Toyota, Uber, General Motors, BMW, Renault all expect to sell vehicles which can drive themselves by 2020 (Liang et al., 2016).

Autonomous vehicles are likely to bring a fundamental revolution in transport. They are expected to make traveling safer (Fagnant and Kockelman, 2015), cheaper (Boesch, et al, 2016), more comfortable, more sustainable (Brown et al, 2014), and significantly reduce the generalized costs of travel (Meyer et al, 2017). Moreover they will make single car rides possible for children, elderly and the disabled (Anderson et al., 2014). If all those assumptions are realized, autonomous vehicles will not only revolutionize transportation, but dramatically change the urban mobility structures.

With efficient and smart autonomous vehicles becoming available, the attractiveness of driving and owning a car will decrease, creating a replacement of conventional driven vehicles with AVs as a possible option for city traffic. It is expected that autonomous taxi (AT) services will take over a significant amount of traffic handled nowadays by conventionally driven vehicles (Bischoff and Maciejewski, 2016). As the use of ATs starts commonly used for personal mobility in densely populated cities, they will increase the use of mobility-on-demand systems as a more economical and sustainable alternative. One of the main challenges in managing mobility-on-demand systems is vehicle allocation, assignment of vehicles to customers to ensure a good service for the customers at lowest cost. This problem is also related to the problem of balanced distribution, which is critical especially for the cities where some origins and destinations are more popular than others (Chong et al, 2012).

This paper presents an initial stage of an ongoing study for vehicle allocation problem for Autonomous Mobility-on-Demand (AMoD) system for smart vehicles. We propose a model that can be used to maximize the benefits in a mobility-on-demand system. Specifically, we present a dynamic programming model for deciding the approval of incoming requests for autonomous vehicle agents, to maximize the expected profit of serving both current and future travel requests. Our approach differs from the previous studies that our model considers the AT as a smart agent with an objective of maximizing its profits. We believe that this is a more realistic approach to handle the practical cases where mobility-on-demand services are provided by privately owned vehicles or profit seeking companies.

## 2. PREVIOUS STUDIES

Most of the research done so far on AVs has looked at the impact that several levels of adoption of AVs and cooperation between vehicles will have on traffic flows on interurban roads. For example, Kimet al. (2015) used an activity-based model to study the travel behaviour impact of autonomous vehicles (Johnson, 2015). In a similar study, Childress et al. (2015) observed significant increases in travel demand (20%) for the scenarios with privately owned autonomous vehicles, but an extreme decrease (35%) in travel demand for the scenario with a fleet of shared autonomous vehicles. Liu et al. (2017) addressed the problem from the perspective of mode shifts and empty rides. Meyer et al. (2017) simulated the impact of autonomous vehicles on accessibility of the Swiss municipalities and show that autonomous vehicles could cause another breakthrough in accessibility. Correia and Arem (2016) studied how replacing privately owned conventional vehicles with automated ones affects traffic delays and parking demand in a city. Their model dynamically assigns family trips in their automated vehicles in an urban road network from a user equilibrium perspective.

Vehicle allocation is generally handled as a part of agent based models for ATs as the mechanism under which vehicles are assigned to passenger requests. In most cases, vehicles are allocated in response to dynamic passenger requests, yet some studies consider bookings in advance (Liang et al., 2016). For taxis, the most common approach is for the nearest available vehicle to a passenger. This heuristic is simple and fast. Some models develop more complex algorithms to reach more optimal allocations, such as mixed integer programming (Maheo et al., 2016), local minimization of passenger travel time via constraint programming (Martinez et al., 2015), and linear programming (R. Zhang et al., 2015). Fagnant and Kockelman (2014) used an agent-based simulation model to study the implications of having a fleet of AVs in a city to serve part of its mobility needs. Bischoff and Maciejewski (2016) simulated a citywide replacement of private cars with AT fleets of various sizes in Berlin.

### 3. PROBLEM DEFINITION

In this study, we present a dynamic programming optimization method, which accounts for future, predicted, requests to route the vehicles. Our model is based on probability distribution over future demand, which can be estimated by historical data.

We consider a single vehicle, which serves in an area that can be represented as a graph of the streets with estimated travel time. When a network representation of the map is available, standard techniques, such as Dijkstra's algorithm, can be used for efficiently computing shortest paths.

Passenger demand is unknown and can arise any time at any random location. When the demand comes, the vehicle instantly evaluates the demand and decides whether to take the passenger or not. The decision of the vehicle depends not only on the expected profit from the passenger but also the location of the vehicle after dropping the passenger and the possible lost demand which may arise during the trip. This is a sequential decision problem over  $T$  periods. As it is illustrated in Figure 1, depending on the destination of the passenger, the vehicle may decline the demand of the closest customer and accept another customer's demand even though the first passenger is closer.

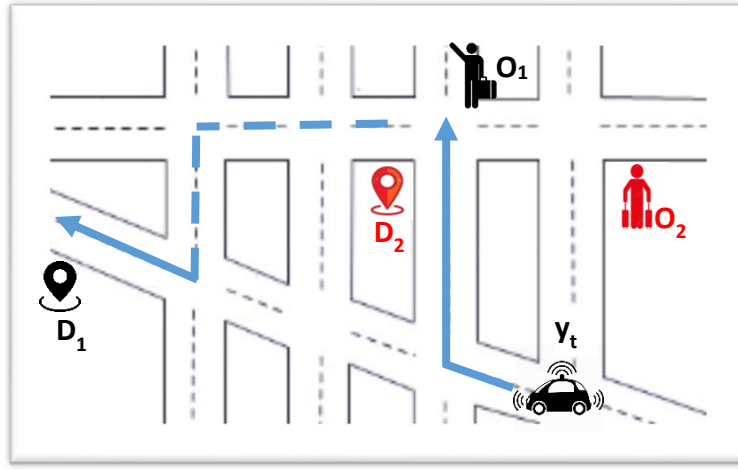


Figure 1 - System Representation

We built the model under following assumptions:

1. The vehicle demand in a location is random and distributed with a known probability distribution function
2. Each vehicle can take a single passenger
3. Once a passenger is assigned to a vehicle, the decision cannot be changed even if the passenger is not picked up yet.
4. Decision making is decentralized (Each vehicle works as an agent which decides its own moves)
5. The destination of the passengers is unknown before being picked up
6. Each agent just know the position of other agents but does not know their intention
7. Shortest paths between origin and destination points are known and constant
8. There is no relocation of the vehicles. Any idle vehicle stays at its position when empty.

### 4. MODEL FORMULATION

The probabilistic and sequential nature of the problem leads to a stochastic dynamic programming formulation for determining the optimal decision.

We use the following notation for our formulation:

- $r$ : passenger index,  $r \in \mathbb{Z}$ ,  
 $t$ : time index,  $t \in \mathbb{Z}$ ,  
 $i, j$ : location index,  $i, j \in \mathbb{Z}$ ,  
 $s_t$ : state of the vehicle at time  $t$ : 0 if empty, 1 if occupied,  
 $O_r$ : origin of the passenger  $r$ ,  
 $D_r$ : destination of the passenger  $r$ ,  
 $y_t$ : position of the vehicle at time  $t$ ,  
 $\Delta_t$ : position change of the vehicle on the current route,  
 $P_t(i)$ : probability of a demand at point  $i$  at time  $t$ ,  
 $\Gamma_{ijt}$ : probability that a customer at point  $i$  goes to point  $j$  at time  $t$ ,

$\pi_{it}$ : expected profit from point  $i$  at time  $t$ ,  
 $\rho$ : unit price per unit distance,  
 $c$ : unit cost per unit distance,  
 $\beta_{it}$ : expected opportunity cost of losing customers when the vehicle is at point  $i$  and time  $t$ ,  
 $d_{ij}$ : distance between points  $i$  and  $j$ ,

The objective is to maximize expected profit for an agent over a predetermined time period  $T$ . The decision of the vehicle at time  $t$  depends on two state variables: (1) the position of the vehicle in the network, (2) the state of the vehicle – whether it is empty or occupied. We define  $f_t(y_t, s_t)$  as the maximum profit at time  $t$  under given states of  $y_t$  and  $s_t$ .

The decision variable  $x_t$  is defined as:

$$x_r = \begin{cases} 1 & \text{if the customer } r \text{ is accepted} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

The dynamic programming recursion then can be written in the following form:

If the vehicle is empty at time  $t$ :

$$f_t(y_t, 0) = \max_{x_r \in R} \begin{cases} g(x_r, t) - \beta_{y_t t} + f_{t+1}(y_t + \Delta_t, 1) & \text{for } x_r = 1 \\ f_{t+1}(y_t, 0) & \text{for } x_r = 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$f_T(y_T, 0) = 0. \quad (3)$$

If the vehicle is occupied at time  $t$ :

$$f_t(y_t, 1) = \max_{x_r \in R} \begin{cases} f_{t+1}(y_t + \Delta_t, 0) + f_t(y_t, 0) & \text{if } y_t + \Delta_t = D_r \\ f_{t+1}(y_t + \Delta_t, 1) - \beta_{y_t t} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

$$f_T(y_T, 1) = 0. \quad (5)$$

In Equation (2), we define function  $g(x_r)$  as the expected profit if customer  $r$  is picked up:

$$g(x_r, t) = \begin{cases} (\rho - c) \sum_j \Gamma_{orjt} d_{orj} & \text{if } x_r = 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

where expected opportunity cost of losing customers at time  $t$  is:

$$\beta_{it} = \sum_j (P_t(j) - c d_{ij}). \quad (7)$$

The solution of the model can easily be obtained by a software that allows formulation of recursive algorithms.

It worth to mentioning about how probability distributions of demand can be estimated in the model. We suggest using a frequentist approach, where the number of requests going from every origin region to every destination region are counted for each predetermined time interval. With this frequency table, it is possible to determine the probability of a destination point given the origin and the time interval. If we denote the trip frequency with  $\mathcal{F}$ , the probability distribution then can be constructed as a conditional probability function.

$$\Gamma_{ijt} = P_t(i)P_t(i \setminus j), \quad (8)$$

where

$$P_t(i) = \frac{\sum_j \mathcal{F}_{ijt}}{\sum_k \sum_j \mathcal{F}_{kjt}}, \quad (9)$$

and

$$P_t(i \setminus j) = \frac{\mathcal{F}_{ijt}}{\sum_k \mathcal{F}_{kjt}}. \quad (10)$$

## 5. CONCLUSIONS

In this paper, we presented a model that can be used for deciding the approval of incoming requests for autonomous vehicle agents, to maximize the expected profit of serving both current and future travel requests. This is an early stage of an ongoing study for vehicle allocation problem for AMoD system for smart vehicles. We consider extending the paper in various dimensions.

First, we plan to implement the model over a numerical example based on real life data and observe the impact of different scenarios over the system performance measures such as level of balance in the system. It also worth investigating the other objective functions to include some important performance measures other than profit, such as customer waiting times.

One other possible extension we consider is increasing the number of vehicles in the systems, such that each vehicle acts as an agent to maximize its profit in a competitive environment. This is a very exciting direction, which requires a detailed study of vehicle behaviour under game theory methods. Our plan is to simulate such a system to observe the differences between decentralized, semi-centralized, and fully centralized systems.

The current model assumes that the vehicles stay in their position after dropping its customer off. We also plan to relax this assumption by allowing vehicles to relocate to get to locations with higher expected profit. This will allow us to study the cost of relocation as opposed to cost of opportunity losses.

## 6. REFERENCES

- Anderson, J. M., Kalra, N., Stanley, K. D., Sorensen, P., Samaras, C., & Oluwatola, O. A. (2014). *Autonomous vehicle technology - A guide for policymakers*. Santa Monica, California: RAND Corporation.
- Boesch, P. M., Ciari, F., & Axhausen, K. W. (2016). Autonomous vehicle fleet sizes required to serve different levels of demand. *Transportation Research Record*, 2542, 111-119.
- Brown, A., Gonder, J., & Repac, B. (2014). An analysis of possible energy impacts of automated vehicle. In G. Meyer (Ed.), *Road vehicle automation*, pp. 137-153, Springer International Publishing.
- Bischoff, J., Michal Maciejewski, Simulation of City-wide Replacement of Private Cars with Autonomous Taxis in Berlin, *Procedia Computer Science*, Volume 83, 2016, Pages 237-244.
- Childress, S., Nichols, B., Charlton, B., & Coe, S. (2015). Using an activity-based model to explore the potential impacts of automated vehicles. *Transport Research Record*, 2493, 99-106.
- Chong et al., "Autonomy for mobility on demand," 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Vilamoura, 2012, pp. 4235-4236.
- Correia, G. H de Almeida, Bart van Arem, Solving the User Optimum Privately Owned Automated Vehicles Assignment Problem (UO-POAVAP): A model to explore the impacts of self-driving vehicles on urban mobility, *Transportation Research Part B: Methodological*, Volume 87, 2016, Pages 64-88.
- Fagnant, D. J., & Kockelman, K. M. (2014). The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios. *Transportation Research C: Emerging Technologies*, 40.
- Fagnant, D. J., & Kockelman, K. M. (2015). Preparing a nation for autonomous vehicles: Opportunities, barriers and policy recommendations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 167-181.
- Freedman, J., & Nicholson, J. (2015). The travel impact of autonomous vehicles in Metro Atlanta through activity-based modeling. In 15th TRB National Transportation Planning Applications Conference. Atlantic City.
- Johnson, B. (2015). *Disruptive mobility*. Research report, Barclays.
- Kim, K., Rousseau, G., Freedman, J., & Nicholson, J. (2015). The travel impact of autonomous vehicles in Metro Atlanta through activity-based modeling. In 15th TRB National Transportation Planning Applications Conference. Atlantic City.
- Liang, X., de Almeida Correia, G. H., & Van Arem, B. (2016). Optimizing the service area and trip selection of an electric automated taxi system used for the last mile of train trips. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 93, 115-129.
- Liu, J., Kockelman, K. M., Boesch, P. M., & Ciari, F. (2017). Tracking a system of shared autonomous vehicles across the Austin, Texas network using agent-based simulation. *Transportation*, 44(6), 1261-1278.
- Maheo, A., Kilby, P., & Van Hentenryck, P. (2016). *Benders Decomposition for the Design of a Hub and Shuttle Public Transit System*.
- Martinez, L. M., Correia, G. H., & Viegas, J. M. (2015). An agent-based model to assess the impacts of introducing a shared-taxi system in Lisbon ( Portugal ). *Journal of Advanced Transportation*, 49(3), 475-495.
- Meyer, J., Henrik Becker, Patrick M. Bösch, Kay W. Axhausen, Autonomous vehicles: The next jump in accessibilities?, *Research in Transportation Economics*, Volume 62, 2017, Pages 80-91.
- SAE International, 2014. Summary of SAE International's Level of Driving Automation for On-Road Vehicles.
- Waymo, Google Self-Driving Car Project, 2018. <https://waymo.com/> (Online: accessed September, 2018).
- Zhang, R., Spieser, K., Frazzoli, E., & Pavone, M. (2015). Models, Algorithms, and Evaluation for Autonomous Mobility-On-Demand Systems, 2573-2587.



## PİSAGOR BULANIK AKILLI ÇOK ÖLÇÜTLÜ YASAL TAKİP AVUKATLIK OFİSİ PERFORMANS DEĞERLENDİRME MODELİ

Sezi Çevik Onar  
İstanbul Teknik Üniversitesi

Ersan Öztürk  
Turkcell Teknoloji

Başar Öztayşı  
İstanbul Teknik Üniversitesi

Mustafa Yüksel  
Turkcell Teknoloji

Cengiz Kahraman  
İstanbul Teknik Üniversitesi

### ÖZET

Firmalar, müşterilerinin kendilerine olan ve yasal takibi gerektirmeyecek süre içinde ödenmemiş borçlarını avukatlık ofisleri vasıtasıyla tahsil etmeye çalışmaktadırlar. Firmalar aynı anda birçok avukatlık ofisi ile çalışmaktadırlar. Borçlu dosyalarının bu ofislere performansları dikkate alınarak dağıtılması, borç toplama performansını dolayısıyla karlılığı arttıracaktır. En iyi performans gösteren firmaların belirlenmesi, birbiriyle çelişebilecek birçok ölçütün aynı anda dikkate alınmasını gerektiren çok alternatifli bir problemdir. Bu değerlendirme süreci sayısal olduğu kadar dilsel değerlendirmelerin de kullanılabilmesi için faydalı araç ve teknikler sunmaktadır. Tip 1 bulanık kümelerin son zamanlarda literatüre katılan türevleri, tip-n bulanık kümeler (Type-n fuzzy sets), kararsız bulanık kümeler (hesitant fuzzy sets), sezgisel bulanık kümeler (intuitionistic fuzzy sets), nötrosofik kümeler (neutrosophic sets) ve Pisagor bulanık kümeler (Pythagorean fuzzy sets)'dir. Bunlar üyelik fonksiyonu tanımına iyileştirmeler getirmiş ve belirsizlik altında karar verme problemlerinin daha detaylı analiz edilmesine imkân vermişlerdir. Pisagor bulanık kümeler, sezgisel bulanık kümelerin bir üst türevidir ve karar vericiye üye olma ve üye olmama derecelerini belirlerken daha geniş bir alan tanımlanmaktadır. Bu çalışmada Pisagor bulanık AHP (Oztaysi ve diğ. 2018) ile bulanık bir akıllı çok ölçütlü yasal takip avukatlık ofis performans değerlendirme modeli önerilmektedir.

**Anahtar Kelime:** Performans değerlendirme, AHP, Pisagor Bulanık sayılar, Bulanık mantık

### ABSTRACT

Firms try to collect their unpaid debts from their customers through their law offices during the period that a legal procedure is not required. These firms work with many lawyers' office at the same time. The distribution of debtor's files to these offices taking into account their performance will increase the debt collection performance and therefore profitability. The identification of the best performing companies is a challenging problem that needs many alternatives and conflicting criteria at the same time to be taken into account. The fuzzy set theory provides useful tools and techniques for incorporating linguistic variables into numerical processes. Type-n fuzzy sets, hesitant fuzzy sets, intuitionistic fuzzy sets, neutrosophic sets, and Pythagorean fuzzy sets have recently been added to the ordinary fuzzy sets as their extensions. These have brought improvements to the definition of membership function and allowed for a more detailed analysis of decision-making problems under uncertainty. Pythagorean fuzzy clusters are an upper derivative of intuitive fuzzy clusters and recognize a wider area when determining decision maker membership and non-membership ratings. In this study, a fuzzy intelligent multi-criteria legal attorney office performance evaluation model is proposed with Pythagorean fuzzy AHP (Oztaysi et al., 2018).

**Keywords:** Performance evaluation, AHP, Pythagorean Fuzzy numbers, Fuzzy logic

## 1. Giriş

Pek çok firma alacak tahsilat işlemlerini dışalım (outsorce) yolu ile yürütmeyi tercih etmektedir. Özellikle borçlu ve borçlu sayısındaki fazlalaşması alacak takibi konusunda uzmanlaşmış kurumların sayısının artmasına yol açmıştır. Ayrıca alacak takibi işlemlerini yönetmek özel uzmanlık gerektirmektedir. Bu sebeplerle pek çok firma alacak takiplerini bağımsız çağrı merkezleri ve alacak takibi yapan avukatlık büroları aracılığıyla yapmaktadır. Su, elektrik, telefon, banka vb. çok sayıda alacaklı olan kurumlar aynı anda pek çok alacak takibi yapan farklı özelliklerdeki firmalar ile çalışmaktadır. Türkiye'deki yasalara uygun olarak zamanında borcunu ödemeyen müşteriler için İdari Takip süreci başlatılmaktadır. İdari takip sürecinde firmalar, doğrudan veya aracı kurumlar ile müşteriye uygun biçimde ulaşarak borcunu hatırlatır ve borcunu ödemesi konusunda uyarılarda bulunur. İdari takip süresi boyunca borcunu ödemeyen müşteriler için ise Yasal Takip süreci başlatılmaktadır. Bu süreç avukatlar tarafından yürütülmesi gereken bir mahkeme sürecini içerir. Yasal takip başlatıldığında müşteri ya borcunun tamamını ödeyecektir ya da mahkeme süreci başlatılacaktır. Borcun ödenmediği durumda ceza olarak yüksek faizlerle karşı karşıya kalınabilmektedir. Ayrıca yasal takibin sonrasında mahkeme kararı ile icra veya gelirin bir kısmına el koyulması gibi işlemler de gerçekleşebilmektedir. Yasal takip, konusunda uzman avukatlar tarafından yürütülmesi gereken bir süreçtir. İdari takip süreçleri ise konusunda uzman idari takip acentelerinin yürütmesi gereken bir süreçtir. İlgili dosyaların farklı bölgelerde yerleşmiş durumda farklı alacak takibi yapan kurumlara uygun biçimde dağıtılması ve sonuçların raporlanması firmaların temel problemlerinden birisidir. Ne var ki mevcut uygulama sonuçları göstermektedir ki tüm alacak takibi yapan kurumlar takip sürecinde aynı sonuçları alamamaktadır. Bunun bir sonucu olarak yeni oluşan dosyaların hangi alacak takibi yapan kuruma verileceği firmalar için önemli bir karar haline gelmektedir. Bu önemli kararı verirken, alacak takibi yapan kurum performanslarının objektif ve açıklanabilir biçimde hesaplanması gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı, alacak takibi yapan kurum performanslarının olabildiğince objektif bir şekilde belirlenmesidir. Alacak takibi yapan kuruma farklı zamanlarda farklı nitelikteki dosyalar aktarılmakta olduğu için işi iyi yapan ofisler ile diğerleri arasında net bir ayırımı yapılması zor olmaktadır. Bunun bir sonucu olarak ilgili yöneticilerde alacak takibi yapan kurumları ile ilgili bir performans algısı oluşabilmekte ama bu algının verilerle karşılaştırılarak doğrulanması gerekmektedir. Alacak takibi yapan kurumların performansının ölçülmesi, farklı performans sınıfları oluşturulması ve alacak dosyalarının tahsilat miktarını en büyüleyecek şekilde dağıtılması firmalara yüksek bir kar sağlayabilecektir. Avukatlık bürolarının performansının belirlenmesinde alacaklılardan tahsil edilen para tutarı, tahsilat toplama ortalama süresi gibi sayısal parametrelerin yanında alacaklılara olan tutum, uygulama prosedürlerine uyum gibi sözel performans göstergeleri de dikkate alınmalıdır. Avukatlık bürolarının performans ölçümü sistemini ile çok sayıdaki göstergenin (maliyet, zaman ve kalite), çok sayıdaki seviyede (organizasyon, süreç ve insan) dengelenmesi sağlanabilir. Performans ölçümünün objektif, şeffaf ve firmanın belirlediği göstergelere göre gerçekleştirilebilmesi için çok kriterli karar verme alanındaki yöntemler kullanılmalıdır.

Ancak avukatlık bürolarının performans ölçümünde kullanılan kriterler sözel değerlendirmelerin yanında belirsizlikler içermektedir. Literatürde yer alan çok ölçütlü karar verme yöntemleri klasik mantık temelinde kesin sayılar kullanılacak şekilde geliştirilmiştir. Ne var ki gerek karar vericinin net değerleri belirlemekte zorlanması gerekse kesin sayıları gerçek değerlendirmeleri ifade etmekte eksik kalması nedeniyle bu alanda bulanık mantık kullanılmaya başlanmıştır. Çalışma kapsamında özellikle kullanılacak gösterge değerlerinin belirlenmesinde karar vericilere dilsel değişken kullanma imkanı verilmesi ve bu dilsel değişkenlerin de yeni bulanık sayı tipleri ile ifade edilerek uzman görüşlerinin en iyi biçimde sisteme aktarılması amaçlanmaktadır. Bulanık kümeler teorisi performans ölçümündeki belirsizliğin ortadan kaldırılması için önemli bir araçtır. Klasik bulanık kümeler katkı olarak geliştirilmiş kararsız bulanık kümeler (hesitant fuzzy sets) (Torra, 2010), sezgisel bulanık kümeler (intuitionistic fuzzy sets) (Atanossov, 1986) ve Pisagor bulanık kümeler (Pythagorean fuzzy sets) (Yager, 2013) gibi yeni tip bulanık kümeler belirsizliğin değerlendirilmesinde karar vericilere kolaylık sağlamaktadır. Bu çalışmada yasal takip avukatlık ofisi performans değerlendirilmesinde Pisagor bulanık AHP kullanılacaktır.

Çalışmanın devamında, ikinci kısımda literatürdeki performans ve avukatlık ofis performans değerlendirme modelleri anlatılmıştır. Üçüncü kısımda Pisagor bulanık kümeler kısaca tanıtılmış ve dördüncü bölümde kullanılan Pisagor-AHP yöntemi açıklanmıştır. Daha sonra yapılan uygulama ve en son olarak da çalışmanın sonuçları açıklanmıştır.

## 2. Avukatlık ofis performans değerlendirme

Literatürde performans kelimesi günlük kullanılan anlamından farklı olarak şu özellikler ile tanımlanmaktadır (i) objektif bir gerçeklik değildir, önceden yapılmış bir tanıma bağlı olmalıdır, (ii) tamamlanan bir faaliyet sonrasında gerçekleşir, (iii) şirketin bulunduğu zamana ve yere bağlıdır, (iv) şirketin vizyon ve stratejisine bağlıdır, (v) gelecekteki performansın öngörülmesine bağlıdır. Bu

tanımlardan çıkartılacak en önemli sonuç, performans olgusu ağırlık, uzunluk gibi objektif ölçülebilir olmadığı, önceden bazı hedef tanımlamalarının yapılması gerektiği ve bu tanımların da firmanın durumu, konumu, hedefine göre zaman içinde değişebilecek olmasıdır. Konu ile ilgili önemli diğer bir nokta ise performans ölçümü ile performans yönetimi arasındaki farktır. Literatürde performans ölçümü, çeşitli göstergeler için hedefler belirlemek, bu hedeflerin gerçekleşme durumlarını değerlendirerek performansın sayısallaştırılmasını içermektedir. Performans yönetimi ise dönemsel olarak performans hedeflerini belirlemek, performans ölçüm sonuçlarını değerlendirerek eğitim, eleman takviyesi, yeni teknoloji edinme vb. yönetsel kararların verilmesini içermektedir.

Bir performans ölçüm sistemi, organizasyonun faaliyetlerini çeşitli idari seviye ve departmanlar arasında bütünleştirmeyi hedefler. Avukatlık bürolarının performansının belirlenmesindeki amaç, avukatlık bürolarının hedefini hangi oranda gerçekleştirdiğinin nesnel olarak ve periyodik biçimde ölçülmesidir. Tipik olarak performans ölçümü, kurumsal değişimin ve gelişimin yönlendirilmesi, stratejik planlamayı destek olması bağlamında kullanılmaktadır. Örneğin, süreç iyileştirme çalışmalarının bir parçası olarak bir organizasyonun performans ölçümü, girdiler, iç süreçler, prosedürler, çıktılar ve sonuçlar değerlendirmede kullanılabilir. Bu sayede göstergelerin analizi ile doğru karar alınması sağlanabilir ve sürekli iyileştirme yaratılabilecek sınırlı kaynaklar etkin bir şekilde geliştirilebilecek ve bireylere hedefler verilebilir.

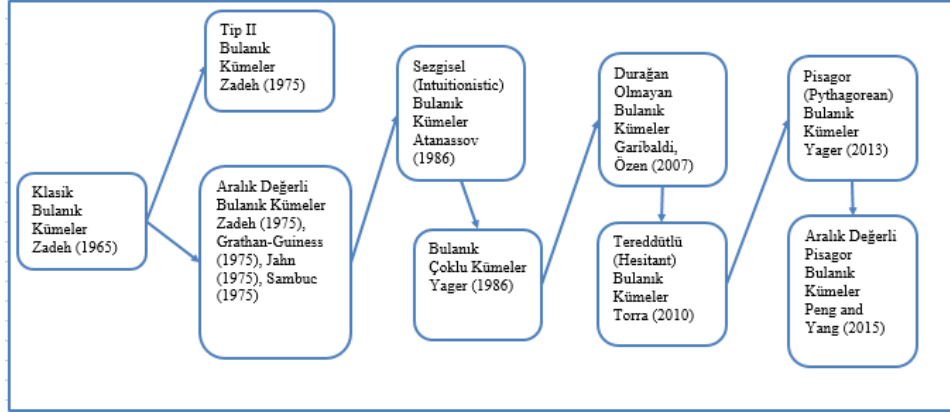
Performans ölçümü yöntemleri üç ana grupta sınıflandırılabilir. Bunlar, performans göstergelerinin önemini tanımlanması için analitik modeller; çeşitli performans göstergeleri arasındaki dengelerin ölçülmesi ve değerlendirilmesi için oluşturulan analitik modeller ve Çeşitli performans göstergeleri arasındaki ilişkilerin ölçülmesi veya keşfedilmesi için oluşturulan analitik modeller. Bilişsel Haritalar, Regresyon Analizi ve Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) gibi çok ölçütlü karar verme tekniklerden performans değerlendirilmesinde yararlanılır. Bilişsel haritalar, kavramlar arasında çevresellik, benzerlik, neden-sonuç, kategori ve devamlılık gibi ilişkileri içerir. Performans ölçümü alanında bilişsel haritalar, algılanan performans değerinin, performansı etkileyen faktörlerin ve bu faktörlerin arasındaki ilişkilerin tanımlanması için kullanılır (Kosmos ve diğ., 2018). Regresyon analizi, bir veya daha fazla bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin modellenmesinde kullanılan istatistiksel bir araçtır. Performans ölçümü alanında, regresyon analiz temel olarak performans tahmini modellerinin oluşturulmasında ve performansı etkileyen etkenlerin belirlenmesinde kullanılır (Pan ve diğ., 2018). Yapay Sinir Ağları (YSA), biyolojik sinir sistemlerinden ilham alınarak oluşturulan matematiksel modellerdir. YSA çok sayıda girdi kabul eder ve eğitim verilerini analiz ederek öğrenir. Çeşitli çalışmalar, firmaların performansını etkileyen parametrelerin belirlenmesinde ve genel performansın tahmin edilmesinde bir yapay sinir ağı kullanılmasının mümkün olup olmayacağını denemiştir (Kwon, 2017). Satty (1980) tarafından geliştirilen analitik hiyerarşi süreci, çok sayıda ölçütün geçerli olduğu karar alma problemlerinde sıkça kullanılan bir araçtır. Analitik hiyerarşi sürecinin amacı, çok sayıda kişi ve niteliğin bulunduğu karar verme sorunlarında insanın bilgi birikimini çözüme aktarmaktır. Analitik hiyerarşi süreci, farklı alternatiflerin, karar kriterleri bakımından tek toplam skora bütünleştirilmesi amaçlamaktadır. Analitik hiyerarşi süreci, tercih derecelerinin belirtilmesine imkân veren ikili kıyaslama prosedürünü kullanmaktadır. Somut kriterlerin yanı sıra nitel (soyut) kriterlerin de karar alma prosesinde tam olarak değerlendirilmesine imkân verir.

Literatürde avukatlık bürolarının performansına odaklanan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar arasında performans ölçüm yöntemlerini kullanan analitik yöntemlerin yanında öznel değerlendirmeleri içeren çalışmalar da bulunmaktadır. Wang (2000) ABD'deki büyük avukatlık bürolarının teknik performansının belirlenmesinde regresyon analizinden faydalanmış, avukat sayısı, gelir, destek elemanı sayısı ve ortak sayısı ile avukatlık bürosu performansı arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Brock ve diğ. (2006) avukatlık bürolarında farklılaşmanın performansının oragnizanın yarattığı yetkinlik kümesine bağlı olduğunu gösteren bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışma kapsamında 76 ABD ve 13 İngiltere menşeli avukatlık bürosu incelenmiş ve yetkinlikler ile performans arasındaki ilişki ortaya konulmuştur. Bu çalışmada avukatlık bürolarının performansının değerlendirilmesinde çok ölçütlü karar verme metodlarından yaygın olarak tercih edilen AHP metodu kullanılmıştır. Bulanık kümeler belirsizlik, eksik bilgi ve bulanıklık altında matematiksel işlemler yapmaya izin verirler. Avukatlık bürolarının performansının belirlenmesi içerisinde çeşitli karmaşıklıklar içermektedir. İlk olarak kriterler belirlenmeli ve bu kriterlerin performansları ortaya konulmalıdır. Ancak değerlendirmeler çoğunlukla eksik, tam ve kesin olmayan bilgiler içermektedir. Bu amaçla bu çalışmada bulanık kümelerden faydalanılacaktır. Bulanık kümeler son yıllarda yeni özellikleri olan formlarda geliştirilmiştir bu yeni formlar insan davranışlarındaki belirsizlik ve kararsızlık durumlarının daha iyi tanımlanabilmesine imkan vermektedir. Pythagorean bulanık kümeler bir kümeye ait olma durumunun yanında ait olmama durumunu yüksek bir serbestlikle modellemektedir. Bu sayede insan yargıları daha iyi ortaya konulabilmektedir. Kararsız bulanık kümeler ise insan yargılarındaki kararsızlığı ifade etmeye imkan kılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, avukatlık bürolarının geliştirilmesi için belirlenen kavramsal bir modelde 5 ana kriter bulunmaktadır. Bu kriterler sırasıyla, tahsilat performansı, hukuk bürosu yaklaşımı, müşteri memnuniyeti, yasal süreçlere uyum ve dosya zorluğu olarak belirlenmiştir.

### 3. Pisagor bulanık kümeler

Bulanık küme teorisi, Lütüfi Zadeh (1965) tarafından literatüre tanıtıldıktan sonra özellikle üyelik fonksiyonunun tanımlanmasına dair çalışmalar üzerine yoğunlaşma olmuştur. Şekil 1’de gösterildiği gibi bu çalışmalarda tip-II bulanık kümelere kadar farklı bulanık küme tipleri geliştirilmiştir.



Şekil 1. Bulanık kümeler ve uzantıları

Atanassov’un önerdiği sezgisel bulanık kümeler (IFS), sıradan bulanık kümelerin bir uzantısıdır. IFS, bir üye olma derecesi  $\mu(x)$  ve bir üye olmama derecesi  $\nu(x)$  ile karakterize edilir ve bu değerlerin toplamı en fazla 1.0 olabilmektedir. Toplam 1’den az ise aradaki fark, karar vericinin kararsızlık derecesi ( $\pi(x) = 1 - \mu(x) - \nu(x)$ ) olarak isimlendirilir. Sezgisel bulanık küme,  $\{(x, \mu(x), \nu(x)) | x \in E\}$  ile gösterilir ve  $0 \leq \mu(x) + \nu(x) \leq 1$  olarak tanımlanır (Atanassov, 1999). Yager (2013), yine IFS gibi üye olma derecesi ve üye olmama derecesi ile tanımlanan, ancak üye olma ve üye olmama derecelerinin karelerinin toplamının 1’e eşit veya daha küçük olması şartını yerine getiren Pisagor bulanık kümeleri (PFS) önermiştir. PFS, karar vericiye üyelik fonksiyonunu tanımlarken daha büyük bir değer atama alanı sağlamaktadır.

Bununla birlikte, pek çok gerçek karar verme probleminde, karar vericilerin düşüncelerini net bir sayı ile tam olarak temsil edebilmeleri mümkün olmayabilmektedir. Üye olma derecesi için bir sayı, üye olmama derecesi için başka bir sayı belirlemek, karar verici için kolay değildir. Bunun yerine,  $[0, 1]$  aralığında olmak koşulu ile, üye olma ve üye olmama derecelerinin bir aralık ile temsil edilmesi bu sorunu çözebilir. Böylece, literatürde aralık değerli Pisagor bulanık kümeler (IVPFS) kavramı ortaya çıkmıştır (Peng ve Yang, 2015). Yager (2013) tarafından tanımlanan PFS şu şekilde ifade edilmektedir:  $X$  boş olmayan bir küme ve  $I = [0, 1]$  kapalı birim aralık olsun.  $\mu_p(x)$  üye olma derecesini ve  $\nu_p(x)$  üye olmama derecesini göstermek üzere bir  $P$  Pisagor bulanık kümesi Eşitlik (1)’deki gibi gösterilir:

$$\tilde{P} = \{(x, \mu_p(x), \nu_p(x)) | x \in X\}; \mu_p(x): X \rightarrow I \text{ ve } \nu_p(x): X \rightarrow I \quad (1)$$

Burada  $0 \leq \mu_p(x)^2 + \nu_p(x)^2 \leq 1$  şartının sağlanması gerekmektedir. Kararsızlık derecesi ise,

$$\pi_p(x) = \sqrt{1 - \mu_p(x)^2 - \nu_p(x)^2} \quad (2)$$

eşitliği ile verilir. Ayrıca  $0 \leq \pi_p(x) \leq 1$  koşulunun sağlanması gerekmektedir.

Peng ve Yang (2015) tarafından tanımlanan aralık değerli Pisagor bulanık kümeler (IVPFS) ise şu şekilde ifade edilmektedir:  $X$  boş olmayan bir küme olsun.  $\mu_Q(x)$  üye olma derecesini ve  $\nu_Q(x)$  üye olmama derecesini belirtmek üzere bir  $Q$  aralık değerli Pisagor bulanık kümesi Eşitlik (3)’teki gibi tanımlanır:

$$\tilde{Q} = \{(x, \mu_Q(x), \nu_Q(x)) | x \in X\}; \quad (3)$$

Burada,  $\mu_Q(x) = [\mu_Q^L(x), \mu_Q^U(x)] \subset [0, 1]$  ve  $\nu_Q(x) = [\nu_Q^L(x), \nu_Q^U(x)] \subset [0, 1]$ ’dir.

Burada aşağıdaki koşulun sağlanması gerekmektedir:

$$0 \leq (\mu_Q^U(x))^2 + (\nu_Q^U(x))^2 \leq 1 \quad (4)$$

Aralık değerli Pisagor bulanık tereddüt derecesi ise aşağıdaki şekilde gibi ifade edilir:

$$\pi_Q(x) = [\pi_Q^L(x), \pi_Q^U(x)] \quad (5)$$

Burada,  $\pi_Q^L(x) = \sqrt{1 - (\mu_Q^U(x))^2 - (v_Q^U(x))^2}$  ve  $\pi_Q^U(x) = \sqrt{1 - (\mu_Q^L(x))^2 - (v_Q^L(x))^2}$  dir.

$a_1 = \{[\mu_{a_1}^L, \mu_{a_1}^U], [v_{a_1}^L, v_{a_1}^U]\}$  ve  $a_2 = \{[\mu_{a_2}^L, \mu_{a_2}^U], [v_{a_2}^L, v_{a_2}^U]\}$  olsun. Peng ve Yang (2015) tarafından formül 5.25’te gösterilen  $a_1$  ve  $a_2$  aralık değerli Pisagor bulanık sayıları olsun.

Toplama işlemi ve çarpma işlemleri aşağıdaki eşitliklerle verilir (Peng ve Yang, 2015):

$$\mu_{a_1 \oplus a_2} = \left[ \sqrt{(\mu_{a_1}^L)^2 + (\mu_{a_2}^L)^2 - (\mu_{a_1}^L)^2 \cdot (\mu_{a_2}^L)^2}, \sqrt{(\mu_{a_1}^U)^2 + (\mu_{a_2}^U)^2 - (\mu_{a_1}^U)^2 \cdot (\mu_{a_2}^U)^2} \right] \quad (6)$$

$$v_{a_1 \oplus a_2} = [(v_{a_1}^L) \cdot (v_{a_2}^L), (v_{a_1}^U) \cdot (v_{a_2}^U)] \quad (7)$$

$$\mu_{a_1 \otimes a_2} = [(\mu_{a_1}^L) \cdot (\mu_{a_2}^L), (\mu_{a_1}^U) \cdot (\mu_{a_2}^U)] \quad (8)$$

$$v_{a_1 \otimes a_2} = \left[ \sqrt{(v_{a_1}^L)^2 + (v_{a_2}^L)^2 - (v_{a_1}^L)^2 \cdot (v_{a_2}^L)^2}, \sqrt{(v_{a_1}^U)^2 + (v_{a_2}^U)^2 - (v_{a_1}^U)^2 \cdot (v_{a_2}^U)^2} \right] \quad (9)$$

Ayrıca üs alma operasyonu ( $\lambda > 0$ ) aşağıda gibi tanımlanır:

$$\tilde{p}^\lambda = \left( [(\mu^L)^\lambda, (\mu^U)^\lambda], \left[ \sqrt{1 - (1 - ((v^L)^\lambda)^\lambda)}, \sqrt{1 - (1 - ((v^U)^\lambda)^\lambda)} \right] \right) \quad (10)$$

#### 4. Pisagor Bulanık AHP

Önerilen Pisagor bulanık AHP’nin adımları aşağıdaki gibidir:

**Adım 1:** Pisagor bulanık ikili karşılaştırma matrisi kara vericilerden uzlaşık olarak Eşitlik (11)’deki gibi elde edilir.

$$\tilde{P}_{n \times n} = \begin{pmatrix} (\varphi_{11}, \phi_{11}) & \cdots & (\varphi_{1n}, \phi_{1n}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ (\varphi_{n1}, \phi_{n1}) & \cdots & (\varphi_{nn}, \phi_{nn}) \end{pmatrix} \quad (11)$$

**Adım 2:** Her satırda Eşitlik (9) ve Eşitlik (10) kullanılarak, Pisagor üye olma ve üye olmama derecelerinin geometrik ortalaması alınır.

Örneğin, aşağıdaki Pisagor bulanık ikili karşılaştırmalar matrisini dikkate alalım.

$$\tilde{P}_{3 \times 3} = \begin{pmatrix} (0.5, 0.5) & (0.9, 0.2) & (0.8, 0.3) \\ (0.2, 0.9) & (0.5, 0.5) & (0.2, 0.9) \\ (0.3, 0.8) & (0.9, 0.2) & (0.5, 0.5) \end{pmatrix}$$

$\tilde{P}_{3 \times 3}$ ’ün ilk satırı için,  $(0.5, 0.5) \otimes (0.9, 0.2) \otimes (0.8, 0.3) = (0.36, 0.59)$  işlemi yapılır. Önce,

$$(0.5, 0.5) \otimes (0.9, 0.2) = (0.5 \times 0.9, \sqrt{0.5^2 + 0.9^2 - 0.5^2 \times 0.9^2}) = (0.45, 0.529)$$

Daha sonra,

$$(0.45, 0.529) \otimes (0.8, 0.3) = (0.45 \times 0.8, \sqrt{0.529^2 + 0.3^2 - 0.529^2 \times 0.3^2}) = (0.36, 0.587)$$

hesaplanır. Üs alma operasyonu ise şu şekilde yapılır.

$$(0.36^{1/3}, \sqrt{1 - (1 - 0.587^2)^{1/3}}) = (0.711, 0.363)$$

Diğer iki satır için de benzer operasyonlar yapılır ve aşağıdaki vektör elde edilir.

$$\begin{pmatrix} (0.711, 0.363) \\ (0.271, 0.836) \\ (0.513, 0.602) \end{pmatrix}$$

**Adım 3.** Yukarıdaki adımlar tüm ikili karşılaştırmalar matrisleri için tekrarlanır. Ana kriterlerin ağırlıkları ile alt kriterlerin yerel ağırlıkları çarpılarak alt kriterlerin global ağırlıkları bulunur

$$\widehat{w}_{C_i, C_{ij}} = \widehat{w}_{C_i} \otimes \widehat{w}_{C_{ij}} \quad (12)$$

Burada  $\widehat{w}_{C_i}$ ,  $C_i$  ana kriterinin ağırlığıdır.  $\widehat{w}_{C_i, C_{ij}}$  ise global ağırlıktır.  $\widehat{w}_{C_{ij}}$ , alt kriter  $C_{ij}$ 'nin yerel ağırlığıdır. Böylece, Tablo 1 elde edilir.

**Tablo 1. Ana kriterlerin, Alt kriterlerin ve alternatiflerin ağırlıkları**

Alternatifler	Kriterler									
	$C_1 (\widehat{w}_{C_1})$		$C_2 (\widehat{w}_{C_2})$		...	$C_n (\widehat{w}_{C_n})$				
	$C_{11} (\widehat{w}_{11})$	...	$C_{1y} (\widehat{w}_{1y})$	$C_{21} (\widehat{w}_{21})$	...	$C_{2z} (\widehat{w}_{2z})$	...	$C_{n1} (\widehat{w}_{n1})$	...	$C_{ns} (\widehat{w}_{ns})$
A <sub>1</sub>	$\widehat{w}_{A_{111}}$	...	$\widehat{w}_{A_{11y}}$	$\widehat{w}_{A_{121}}$	...	$\widehat{w}_{A_{12z}}$	...	$\widehat{w}_{A_{1n1}}$	...	$\widehat{w}_{A_{1ns}}$
A <sub>2</sub>	$\widehat{w}_{A_{211}}$	...	$\widehat{w}_{A_{21y}}$	$\widehat{w}_{A_{221}}$	...	$\widehat{w}_{A_{22z}}$	...	$\widehat{w}_{A_{2n1}}$	...	$\widehat{w}_{A_{2ns}}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
A <sub>m</sub>	$\widehat{w}_{A_{m11}}$	...	$\widehat{w}_{A_{m1y}}$	$\widehat{w}_{A_{m21}}$	...	$\widehat{w}_{A_{m2z}}$	...	$\widehat{w}_{A_{mn1}}$	...	$\widehat{w}_{A_{mns}}$

Burada  $\widehat{w}_{A_{mns}}$ , m. alternatifin  $C_{ns}$  alt kriterine göre ağırlığıdır.

**Adım 4.** Eşitlik (13) kullanılarak her alternatifin skoru ( $\mathcal{S}_{p, A_q}$ ) hesaplanır.

$$\mathcal{S}_{p, A_q} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{y, z, \dots, s} (\widehat{w}_{C_i} \otimes \widehat{w}_{C_{ij}}) \otimes \widehat{w}_{A_{qij}}, \quad (13)$$

Burada,  $q$ , alternatif numarasını göstermektedir.

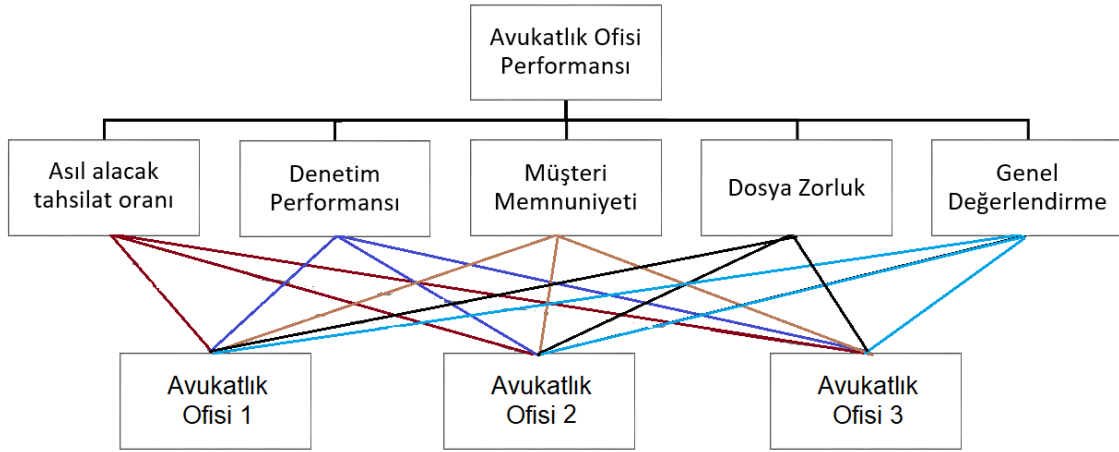
Adım 5. Alternatifler Eşitlik (14)'ten bulunan skorlara göre sıralanır.

$$Def(\mathcal{S}_{p, A_q}) = \frac{1 - v_p^z}{2 - v_p^z - \mu_p^z} \quad (14)$$

Aralık değerli Pisagor bulanık kümelerin kullanılması halinde aynı adımlar izlenir, ancak Eşitlik (8), (9) ve (10) kullanılır.

## 5. Uygulama

Borç ve kredi ödememe konusu genelde finans kurumları için ele alınan bir konu olmasına karşın aslında verdiği hizmet karşılığında fatura kesen tüm firmaların karşı karşıya kalabileceği bir durumdur. Faturasının son ödemesini kaçıran kişiler için idari takip süreci başlatılır. Bu süreç içinde borçluya ulaşılarak borcunu ödemesi sağlanmaya çalışılır. Belirli bir süre içinde borç ödenmez ise bu sefer yasal süreç başlatılır. Özellikle yoğun fatura kesen firmalar için yasal takibe düşen borç ve borçlu miktarı yüksek olabilmekte, bu durumda da takip işlemi firma içinde değil avukatlık ofisleri aracılığı dış kaynak kullanımı olarak yapılmaktadır. Birden fazla avukatlık bürosu ile çalışılması durumunda bu bürolara ait performans değerlendirilmesi yapılması önem kazanmakta ve performans sonuçlarına göre firmalara atanacak dosyaların sayısı değiştirilebilmektedir. Bu çalışma kapsamında avukatlık ofislerinin performans değerlendirmesinin yapılması konusunda çok amaçlı karar modeli oluşturulmuştur. Literatürdeki çalışmalar ışığında oluşturulan olası kriterler uzman görüşleri ile değerlendirilerek kriterler son haline getirilmiştir. Şekil 2'de oluşturulan karar modeli görülmektedir.



Şekil 2. Avukatlık ofis performans değerlendirme için kurulan karar modeli

Bu modelde yer alan kriterler şu şekilde açıklanabilir.

- Asıl alacak tahsilat oranı: Borçlunun ödemediği borç miktarına asıl alacak denmektedir. Yasal takip süreci içerisinde farklı ücretlerde devreye girebilmektedir, fakat bir avukatlık ofisinin performansını esas olarak etkileyen asıl alacakların tahsilatıdır. Bu kapsamda asıl alacak tahsilat oranı bir avukatlık ofisinin belli bir dönem de tahsil ettiği asıl alacak miktarının, atanan tüm dosyalardaki asıl alacak miktarına oranı olarak tanımlanmaktadır.
- Denetim performansı: Avukatlık ofislerinin operasyonlarına sağlıklı biçimde devam edebilmeleri için belirli şartları yerine getirmeleri gerekmektedir. Ana firma periyodik kontroller ile bu şartların yerine getirilip getirilmediğini kontrol etmekte ve buna göre bir değerlendirme yapmaktadır.
- Müşteri memnuniyeti: Tahsilat işlemi ana firma adına yapıldığı için müşterilerin memnuniyetsiz olma durumu ana firmayı etkileyebilmektedir. Bu kapsamda gelen şikayetler değerlendirilmekte, anketler vb. yöntemler ile müşteri memnuniyeti değerlendirilmeye katılmaktadır.
- Dosya zorluk derecesi: Dağıtılan dosyaların farklı zorluk dereceleri olabilmektedir. Avukatlık bürolarına dağıtılan dosyalarda eşit zorluğu yakalamak her zaman mümkün olmamakta, bu durumda da bazı bürolar sadece kolay dosyaları kapatarak yüksek performans gösterebilmektedir. Dosya zorluk derecesi, avukatlık ofisinin kapattığı dosyaların ortalama zorluğunu ifade etmektedir.
- Genel değerlendirme: Ana firmanın her türlü iletişim sonucunda ilgili avukatlık bürosu ile ilgili oluşturduğu kanaati ifade eden bir değerlendirme kriteridir. Belirtilen diğer kriterler ile ifade edilemeyen durumların modele katılması için kullanılmaktadır.

Avukatlık ofislerinin performans değerlendirmesine bir örnek olarak üç farklı avukatlık ofisinin performansı Pisagor bulanık AHP kullanılarak sayısallaştırılmıştır. İlk olarak uzmanlar belirlenen beş kriteri ikili karşılaştırmalar yaparak değerlendirmiştir. Bu değerlendirmelerde aşağıdaki sözel ifadeler ve Pisagor Bulanık karşılıkları kullanılmıştır.

Tablo 2. Sözel değerlendirmeler ve Pisagor bulanık karşılıkları

Sözel Değerlendirme	Kısaltma	Pisagor Bulanık Sayı
Mutlak Güçlü	MG	(0,91;0,11)
Çok Yüksek Güçlü	ÇYG	(0,81;0,21)
Oldukça Yüksek Güçlü	OYG	(0,71;0,31)
Zayıf Güçlü	ZG	(0,61;0,41)
Eşit	E	(0,5;0,5)
Ters Zayıf Güçlü	TZG	(0,41;0,61)
Ters Oldukça Güçlü	TZG	(0,31;0,71)
Ters Çok Güçlü	TÇG	(0,21;0,81)
Ters Mutlak Güçlü	TMG	(0,11;0,91)

Kriterlerin ikili karşılaştırması Tablo 3’de belirtildiği gibi olmuştur.

**Tablo 3. Ana kriterlere ait ikili karşılaştırma matrisi**

	Tahsilat	Denetim	Müş mem.	Zorluk	Gen Değ.
Tahsilat	E	OYG	OYG	ÇYG	MG
Denetim	TOG	E	ZG	ZG	ÇYG
Müş mem.	TOG	TZG	E	OYG	ÇYG
Zorluk	TÇG	TZG	TOG	E	OYG
Gen Değ.	TMG	TÇG	TÇG	TOG	E

Bu ikili karşılaştırma matrisi daha sonra Tablo 2’de yer alan Pisagor bulanık değerler kullanılarak sayısal ifadelerle dönüştürülmüştür (Tablo 4).

**Tablo 4. Pisagor Bulanık ikili karşılaştırma matrisi**

	Tahsilat	Denetim	Müş mem.	Zorluk	Gen Değ.
Tahsilat	(0,5;0,5)	(0,71;0,31)	(0,71;0,31)	(0,81;0,21)	(0,91;0,11)
Denetim	(0,31;0,71)	(0,5;0,5)	(0,41;0,61)	(0,61;0,41)	(0,81;0,21)
Müş mem.	(0,31;0,71)	(0,61;0,41)	(0,5;0,5)	(0,71;0,31)	(0,81;0,21)
Zorluk	(0,21;0,81)	(0,41;0,61)	(0,31;0,71)	(0,5;0,5)	(0,71;0,31)
Gen Değ.	(0,11;0,91)	(0,21;0,81)	(0,21;0,81)	(0,31;0,71)	(0,5;0,5)

Bundan sonra satır bazında tüm değerlerin geometrik ortalaması alınmaktadır. Bunun için önce aynı satır içindeki tüm değerler çarpılır. Örn. ilk satır için formül x kullanıldığında:

$$(0,5;0,5) \times (0,71;0,31) \times (0,71;0,31) \times (0,81;0,21) \times (0,91;0,11) = (0,186;0,649)$$

Ardından Formül y kullanılarak (0,186;0,649) değerinin beşinci dereceden kökü (0,571;0,408) olarak bulunur.

**Tablo 5. Kriterler ve Pisagor bulanık geometrik ortalamalar**

Kriterler	Geometrik ortalamalar
Tahsilat	(0,571;0,408)
Denetim	(0,315;0,655)
Müş mem.	(0,379;0,596)
Zorluk	(0,212;0,763)
Gen Değ.	(0,091;0,897)

Benzer şekilde her bir kriter için alternatifler değerlendirilir. Tablo 6’da bu değerlendirmelere ait sözel ifadeler yer almaktadır.

**Tablo 6. Kriterler bazında alternatiflerin sözel değerlendirilmesi**

Asıl alacak tutarına göre karşılaştırmalar				Dosya zorluğuna göre karşılaştırmalar			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	E	TOG	ZG	A1	E	ZG	OYG
A2	OYG	E	ÇYG	A2	TZG	E	ZG
A3	TZG	TÇG	E	A3	TOG	TZG	E
Denetim puanına göre karşılaştırmalar				Genel değ. göre karşılaştırmalar			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	E	OYG	OYG	A1	E	ZG	E
A2	TOG	E	ZG	A2	TZG	E	TZG
A3	TOG	TZG	E	A3	E	ZG	E



Müşteri Mem. göre karşılaştırmalar			
	A1	A2	A3
A1	E	E	TZG
A2	E	E	TZG
A3	ZG	ZG	E

Sözel ifadelerin sayısal karşılıkları Tablo 7’de görülmektedir.

**Tablo 7. Kriterler bazında alternatiflerin Pisagor bulanık karşılaştırma değerleri**

Asıl alacak tutarına göre karşılaştırmalar			Dosya zorluğuna göre karşılaştırmalar				
	A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	(0,5;0,5)	(0,31;0,71)	(0,61;0,41)	A1	(0,5;0,5)	(0,61;0,41)	(0,71;0,31)
A2	(0,71;0,31)	(0,5;0,5)	(0,81;0,21)	A2	(0,41;0,61)	(0,5;0,5)	(0,61;0,41)
A3	(0,41;0,61)	(0,21;0,81)	(0,5;0,5)	A3	(0,31;0,71)	(0,41;0,61)	(0,5;0,5)
Denetim puanına göre karşılaştırmalar			Genel değ.ye göre karşılaştırmalar				
	A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	(0,5;0,5)	(0,71;0,31)	(0,71;0,31)	A1	(0,5;0,5)	(0,61;0,41)	(0,5;0,5)
A2	(0,31;0,71)	(0,5;0,5)	(0,61;0,41)	A2	(0,41;0,61)	(0,5;0,5)	(0,41;0,61)
A3	(0,31;0,71)	(0,41;0,61)	(0,5;0,5)	A3	(0,5;0,5)	(0,61;0,41)	(0,5;0,5)
Müşteri Mem. göre karşılaştırmalar							
	A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	(0,5;0,5)	(0,5;0,5)	(0,41;0,61)				
A2	(0,5;0,5)	(0,5;0,5)	(0,41;0,61)				
A3	(0,61;0,41)	(0,61;0,41)	(0,5;0,5)				

Benzer adımlar takip edildiğinde kriterler bazında alternatiflerin bulanık Pisagor ağırlıkları Tablo 8’de belirtildiği şekilde bulunur.

**Tablo 8. Kriterlere göre üç alternatifin performans değerlendirmeleri**

	Asıl alacak tutarı	Denetim puanı	Müşteri Memnuniyeti	Dosya Zorluğu	Genel Değerlendirme
A1	(0,456;0,569)	(0,632;0,388)	(0,468;0,541)	(0,601;0,417)	(0,534;0,473)
A2	(0,66;0,367)	(0,456;0,569)	(0,468;0,541)	(0,5;0,518)	(0,438;0,578)
A3	(0,35;0,674)	(0,399;0,62)	(0,571;0,443)	(0,399;0,62)	(0,534;0,473)

Kriterlere göre bulunan ağırlıklar ilgili kriterin ağırlığı ile çarpılarak global performans değerlendirmelerine ulaşılır (Tablo 9).

**Tablo 9. Üç alternatifin global performans değerlendirmeleri**

	Asıl alacak tutarı	Denetim puanı	Müşteri Memnuniyeti	Dosya Zorluğu	Genel Değerlendirme
A1	(0,26;0,661)	(0,199;0,718)	(0,177;0,738)	(0,127;0,81)	(0,049;0,921)
A2	(0,377;0,528)	(0,144;0,784)	(0,177;0,738)	(0,106;0,834)	(0,04;0,932)
A3	(0,2;0,739)	(0,126;0,805)	(0,216;0,694)	(0,084;0,862)	(0,049;0,921)

Alternatiflerin toplam performansını belirlemek için farklı kriterlerdeki global performans değerlendirmeleri toplanır, ardından durulaştırılır ve son olarak normalize edilir.

**Tablo 10: Pisagor bulanık, durulaştırılmış ve normalize performans skorları**

	Pisagor bulanık performans	Durulaştırılmış performans skoru	Normalize performans skoru
A1	(0,386;0,261)	0,523	0,335
A2	(0,443;0,237)	0,54	0,345
A3	(0,329;0,328)	0,5	0,32

Bu sonuçlara göre A2 alternatifi en yüksek performans notuna sahiptir, bunu A1 alternatifi takip etmekte son olarak ise A3 alternatifi gelmektedir.

## 6. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada yasal takip sürecinde alacak tahsilatı yapan avukatlık bürolarının performans değerlendirilmesi üzerine bir karar modeli oluşturulmuştur. Çalışmada beş kriter ve üç alternatif için Pisagor Bulanık AHP yöntemi kullanılmış ve sayısal işlemler detaylı biçimde incelenmiştir. Bu yöntem ile, Pisagor Bulanık sayıların karar sürecinde kullanılması ile sözel ifadelerin sayısal olarak ifade edilmesinde büyük bir rahatlık gözlemlenmiştir.

Çalışma kapsamında alternatiflerin performans değerlendirmeleri de ikili karşılaştırmalar ile sağlanmıştır. Bu durum üç örnek için makul bir işlem süresinde tamamlanabilmektedir, ne var ki alternatif sayısı arttığı zaman karar vericilerin çok fazla ikili karşılaştırma yapmaları gerekebilecektir. Dolayısıyla ilerleyen çalışmalarda ikili karşılaştırmaya değil mutlak değerlendirmelerin olduğu bir karar modelinin geliştirilmesi önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Atanassov, K. T. (1999). *Intuitionistic Fuzzy Sets Theory and Applications* ( 1. Baskı). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Brock, D.M., Yaffe, T., Dembovsky, M. (2006) International diversification and performance: A study of global law firms, *Journal of International Management*, 12( 4), 473-489.
- Garibaldi, J. M.; Ozen, T. 2007. Uncertain fuzzy reasoning: a case study in modelling expert decision making, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems* 15: 16–30.
- Grattan-Guinness, I. (1975). Fuzzy membership mapped onto interval and many-valued quantities. *Z. Math. Logic. Grundlehren Math.* 22(1975).
- Jahn, K. (1975). Intervall-wertige Mengen. *Math. Nach.* 68(1975): 115-132.
- Kosmol, T., Reimann, F., Kaufmann, L. (2018) Co-alignment of supplier quality management practices and cognitive maps – A neo-configurational perspective, *Journal of Purchasing and Supply Management*, 24, 2018, 1-20
- Kwon, H-B. (2017) Exploring the predictive potential of artificial neural networks in conjunction with DEA in railroad performance modeling, *International Journal of Production Economics*, 183, 159-170
- Pan, X., Chen, X., Li, X. (2018), To fit in or stand out? How optimal distinctiveness in technological diversification affects firm performance, *European Management Journal*, basım aşamasında
- Peng, X. ve Yang, Y. (2015). Fundamental Properties of Interval-Valued Pythagorean Fuzzy Aggregation Operators, *International Journal Of Intelligent Systems*, 31, s. 444-487.
- Saaty (1980) *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, ISBN 0-07-054371-2, McGraw-Hill
- Sambuc, R. 1975. *Fonctions  $\phi$ -floues. Application 1' aide au diagnostic en pathologie thyroïdienne*: PhD Thesis. Université Marseille, France.
- Torra, V. (2010). Hesitant fuzzy sets. *International Journal of Intelligent Systems*. 25(2010). 529-539.
- Wang, W. (2000). Evaluating the technical efficiency of large US law firms. *Applied Economics*, 32(6), 689–695. doi:10.1080/000368400322309
- Yager, R. R. 1986. On the theory of bags, *International Journal of General Systems* 13: 23–37.
- Yager, R., & Abbasov, A. (2013). Pythagorean Membership Grades, Complex Numbers, and Decision Making. *Int. J. of Intelligent Systems*, 436-452.
- Zadeh, L. (1975). The Concept of a Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning-1. *Information Sciences*. 8(1975). 199-249.

## SÜRDÜRÜBİLİRLİK VE YAZILIM PERFORMANSI İLİŞKİSİNİN ANALİZİ

Koray Çırak  
İstanbul Teknik Üniversitesi

Hür Bersam Bolat  
İstanbul Teknik Üniversitesi

### ÖZET

Sürdürülebilirlik problemleri gün geçtikçe daha kritik seviyelere ulaşmakta ve insan yaşamını her geçen gün daha fazla tehdit etmektedir. Yazılım ise hızla gelişim gösteren ve hayatımızın her alanına girmekte olan teknolojik toplumun en temel bileşenlerinden birisidir. Yazılım uygulamalarının yaygınlaşması ve doğal kaynaklarımızın limitli olması, araştırmacıların yazılım geliştirme sürecinde sürdürülebilirlik sağlayacak araştırmalara daha çok yönelmesine sebep olmaktadır. Artan popülaritesi ve yazılım birimleri üretirken duyulan güç ve kaynak ihtiyacı sebebiyle yazılım mühendisliği bilimi, sürdürülebilir iyileştirmeleri büyük ölçüde etkileyebilir. Bu çalışmada yazılım geliştirme sürecinde yer alan kişilere yönelik anket çalışması yapılarak yazılım geliştirme sürecine etki eden sürdürülebilirlik faktörleri belirlenmiştir. Daha sonra bu faktörlerin ve yazılım geliştirme sürecinde yer alan kişilerin eğitim düzeyinin, yaşının ve tecrübesinin ISO 25000 standartları referans alınarak hazırlanan model üzerinden ölçülen yazılım performansı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak yazılım geliştirme sürecine sürdürülebilirlik anlamında etki eden faktörlerin ve bireylerin tanımlayıcı özelliklerin yazılım performansı üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** *Sürdürülebilir yazılım geliştirme süreci, Sürdürülebilir yazılım faktörleri, Sürdürülebilirliğin performans üzerindeki etkisi*

### SUSTAINABILITY IN AGILE SYSTEMS

#### ABSTRACT

Sustainability problems are getting more and more critical and increasingly threatening human life day by day. Software, which is developing rapidly and entering into every aspect of our lives, is one of the most fundamental components of the technological society. The widespread use of software applications and limited natural resources have led researchers to focus on research that will ensure sustainability in the software development process. Due to the power and resources requirement to produce software units, software engineering can greatly impact sustainable improvements. In this study, we conducted a questionnaire study concerning the sustainability factors that affect the software development process. Then the effect of these factors and the level of education, age, and experience of the people involved in the software development process on the software performance was investigated using the model prepared with reference to ISO 25000 standards. As a result, it has been determined that the factors affecting the software development process in terms of sustainability and the descriptive attributes of the individual have an effect on software performance.

**Keywords:** *Sustainable software development process, Sustainable software factors, Impact of sustainability on performance*

## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusundaki hızlı artış, doğal kaynakların hızla tüketilmesine ve çevre kirliliği ile ilgili problemlerin artmasına sebep olmuştur. Bu durum, gelecek nesillerin hayatlarını devam ettirebilmek adına doğal kaynaklardan faydalanma imkanlarını tehlikeye sokmaktadır. Günlük yaşamımızın her alanında yer edinen Bilgi Teknolojileri (BT) ile birlikte yazılım sistemlerine de bu anlamda önemli sorumluluklar düşmektedir.

Yazılım günlük yaşamın önemli bir parçası haline geldiği için geleceği yazılım olmadan hayal etmek imkansızdır. Sürdürülebilir BT önlemlerinin en büyük amacı artan enerji tüketimi ve oluşan elektronik atık problemlerine çözüm bulmak olduğundan, enerji, etkinlik ve performans açısından verimli bir yazılım ve yazılım geliştirme süreci kaçınılmazdır. Bu tür yazılımı geliştirebilmek için de yazılım geliştiricilerin ve yazılım geliştirme sürecinde yer alan kişilerin bunu nasıl başarabileceğini bilmeleri ve bu amaca ulaşmak için uygun araçlara sahip olmaları gerekir. Özellikle de yazılım geliştirme sürecinde sürdürülebilirlikle ilgili kavramlara açıklık getirilmelidir. Sürdürülebilirlik kavramı belirlendikten sonra, bu kavram ve diğer etmenlerle birlikte, birim zamanda yapılabilen maksimum iş miktarı, bir isteği yerine getirirken kullanılan kaynak miktarı ve istenilen şekilde çalışmaya devam edebildiği maksimum kullanıcı sayısı üzerinden ölçümlenen yazılım performansının üzerindeki etkileri belirlenerek, yazılım geliştirme sürecinin daha efektif bir şekilde yönetilmesine imkan sağlanabilir.

### 1.1. Amaç

Çalışmanın ilk bölümünde, yazılım geliştirme sürecinde, farklı roller altında yer alan bireylerin yazılım geliştirme evrelerinde sürdürülebilirlik ile ilgili tutumlarının belirlenip, yazılım geliştirme sürecinde aktif rol alan bu kişiler tarafından sürdürülebilirliğin ne tür kriterlere göre değerlendirildiğinin analiz edilip ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda yazılım geliştirme sürecinde yer alan kişilerin sürdürülebilirliğin hangi boyutlarını önemseydiği ve mevcut pozisyonlarında hangilerini uyguladığı araştırılarak yazılım geliştirme sürecine etki eden sürdürülebilirlik faktörleri belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, ISO 25000 standartları referans alınarak oluşturulan, yazılım performansını zaman, kaynak ve kapasite boyutları üzerinden ölçen model kullanılarak, sürdürülebilirlik faktörü ile birlikte yazılım geliştirme sürecinde yer alan bireylerin yaş, tecrübe ve eğitim durumlarının yazılım performansı üzerindeki etkilerinin araştırılması hedeflenmiş, bu doğrultuda oluşturulan hipotezlerin geçerliliği test edilmiştir.

### 1.2. Literatür Araştırması

Kompleks yazılım uygulamalarına olan talebin artmasıyla birlikte, Bilgi İletişim Teknolojileri (BİT) alanında, artan kaynak ve güç tüketimi nedeniyle çevre üzerinde, ciddi seviyelerde olumsuz etkiler oluşmaya başlamıştır. BİT 'in sürdürülebilir kalkınma üzerinde özellikle yazılım alanında etkisi, Yeşil Bilişim (Green Computing) alanında günümüzün en popüler konularından biridir (Dick ve diğ, 2010), (Diamond, 2005). Sürdürülebilir kalkınma, insanların ekolojik, ekonomik ve toplumsal etkileri dikkate alarak, hayati ihtiyaçlarını karşılamak için kaynakları optimal bir biçimde kullanmasını ifade eder. BİT alanında son zamanlarda çevre için verimli çözümler bulunmaya çalışıyor olmasına rağmen, BİT 'nin sağladığı enerji ve kaynak tasarruflarının, bu alanda tüketilen kaynak miktarını aşıp aşmayacağı ise kesinlik kazanmamıştır.

Sürdürülebilir Bilgi ve İletişim Teknolojisi üzerine yapılan birçok araştırma, çevresel sürdürülebilirlik üzerine yoğunlaşmış ve konuya ağırlıklı olarak bilgisayar donanımı açısından yaklaşmıştır. Ancak, yazılımdaki enerji tüketimiyle ilgili konuları incelemek, sürdürülebilir bilişime ulaşmada daha büyük bir yardımcı olabilir. Donanım alanında olduğu kadar, yazılım da CO2 emisyonlarından sorumludur. Yazılım, üzerinde yürütüldüğü donanımı çalıştırdığı ve yönettiği için çevre üzerinde dolaylı bir etkiye sahiptir. Bazı yazılım tabanlı sürdürülebilirlik çözümleri, kaynakları verimli bir şekilde izleyebilir ve kullanılabilir. Diğer çözümler de güncellemeler nedeniyle daha fazla donanım ekleme ihtiyacını sınırlayarak sürdürülebilir olabilir. Fakat bunlar tam manasıyla yeterli değildir. Ne yazık ki, bilgisayar yazılımları ve yazılım geliştirme süreçleri alanında sürdürülebilirlik anlamında model ve çalışma eksikliği bulunmaktadır. Bu çalışma, literatüre, sürdürülebilir yazılım geliştirme sürecine etki eden faktörleri ve etki derecelerini belirleyen bir model geliştirip, bu modeli kullanarak sürdürülebilirlik faktörlerinin yazılım performansı üzerindeki etkisini ölçümleyen bir model kazandırmayı amaçlamıştır.

Shalabh ve diğ. (2012) yapmış olduğu çalışmada dünyadaki BT altyapısının kullanımı nedeniyle güç tüketiminin büyük ölçüde artması ve bu nedenle günlük karbon salınımının artması üzerine, gereksinimlerin elektronik araçlarla toplanması, fiziksel görüşmeler yerine telekonferans kullanılması, uygulamanın veya bilgisayarın kullanılmadığı zaman kapatılması, programcılarının, uygulamaya, programlama diline ve sistemin mimarisine bağlı olarak, verimli algoritmalar ve veri yapıları yazmaları, daha az donanım

kullanarak, sanallaştırılmış sistemlerin kullanılması, işlevsel olmayan gereksinimleri en az sistem kaynağı kullanarak karşılanması ve sunucuların sanallaştırılması önerilmiştir (Shalabh ve diğ., 2012).

Fábio Diniz ve diğ. (2014) yapmış olduğu araştırmada uygulamalar tarafından tüketilen enerji miktarının en aza indirilmesi için her bir iş parçacığının (thread) yalnızca bir çekirdek (core) üzerinde yürütülmesi ve diğer çekirdeklerin kapalı tutulması önerilmiştir (Fábio ve diğ., 2014).

Sunil Kumar ve diğ. (2015) yapmış olduğu çalışmada daha az enerji tüketen yazılım dilleri kullanılması önerilmiştir. Örneğin Java C, C++, FORTRAN ve PASCAL'a göre daha az enerji tükettiği için bu dilin tercih edilebileceği belirtilmiştir. Bunun yanında programcılara yeşil yazılım uygulamak için yardımcı olan Entegre Yazılım Geliştirme Ortam (Integrated Development Environment - IDE)'lerinin ve kodların sürdürülebilirliğini ölçen araçların kullanılması tavsiye edilmiştir (Kumar ve diğ., 2015).

Capretz (2014) yapmış olduğu çalışmada, yazılım uygulamalarının insan faaliyetleri sonucu oluşan bir ürün olduğu ve insanların teknik becerileri dışında da yazılımlardan daha az tahmin edilebilir ve daha kompleks oldukları için tanımlayıcı özelliklerine bağlı olarak yazılım geliştirme sürecinde karmaşık dinamikler yaratacağı, bu sebeple yazılım geliştirme sürecine etki eden her hangi bir kavramdan bağımsız düşünülmeceğini belirtmiştir. Bu sebeple yazılım geliştirme sürecinde yer alan bireylere ait insani nitelikler hem yazılım performansına hem de sürdürülebilirliğe etkisi gösterilecek şekilde yapısal eşitlik modeline dahil edilmiştir.

Amrit ve diğ. (2014) yapmış olduğu araştırmada, yazılım geliştirme sürecinde bireysel veya takım halinde çalışıldığını, iş birliği gerektiren bu sürecin başarılı olup olmasının insanı tanımlayan özelliklere yani insanların niteliklerine derinden bağlı olduğunu vurgulamıştır. Bu çıkarımlardan hareketle oluşturulan H1, H2 ve H3 hipotezleri yazılım sürecinde yer alan bireylerin tanımlayıcı özelliklerini temsil etmek amacıyla modele dahil edilen yaş, eğitim durumu ve tecrübe ifadeleri ile yazılım performansı arasındaki ilişkiyi belirlemek için kurulmuştur.

## 2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

"Sürdürülebilirlik", insanların yaşamlarını devam ettirebilmesi için ihtiyaç duyulan herşeyi üretirken, ekosistemin korunması ve çeşitliliğin devam ettirilmesi üzerine yapılan çalışmalardır (United Nations General Assembly, 1987). Bir diğer tabirle, kendi ihtiyaçlarımızı gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama imkanını tehlikeye sokmadan karşılamak demektir. İnsanlık tarihi boyunca, medeniyetlerin kendi çevrelerine zarar verdiği ve hayatta kalma şanslarını tehlikeye soktuklarına dair sayısız örnekler bulunmaktadır (Diamond, 2005). Günümüzde de modern yaşamın devam ettirilmesi için de birçok doğal kaynak kullanılmaktadır. Sürdürülebilirlik bu anlamda, dünyamızı hasar ve tahripten koruyarak evren ile nasıl uyum içinde yaşayabileceğimizin yollarını araştırır.

### 2.1. Yazılım Sektörü İçin Sürdürülebilirlik

Yazılım sektörü için sürdürülebilirliği iki başlık altında inceleyebiliriz. Bunlardan ilki sürdürülebilir yazılım, diğeri ise sürdürülebilir yazılım mühendisliğidir. Her iki kavramda, Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (Life-cycle Assessment - LCA) başlığı altında yer alan kapsamlı ürün ömrü döngüsünün temeline dayanmaktadır.

Sürdürülebilir yazılım, yazılımın geliştirilmesi ve kullanımından doğan doğrudan ve dolaylı olumsuz etkileri, ekonomi, sosyal yaşam ve çevre üzerinde çok düşük olan veya sürdürülebilir gelişmeye olumlu etki eden yazılımdır (Dick ve diğ., 2010). Eğer yazılım kullanıldığında ortaya çıkacak olumlu ve olumsuz etkiler bilinebilirse eksiksiz bir doğa dostu ve sürdürülebilir bir yazılım ürünü ortaya çıkarılabilir.

Sürdürülebilir yazılım mühendisliği olarak adlandırılan ikinci tanım, sürdürülebilir bir tasarım prosedürüyle doğa dostu ve sürdürülebilir yazılım uygulaması oluşturma uzmanlığıdır. Diğer bir deyişle, yazılım ürününü olması gerektiği gibi karakterize etme ve oluşturma uzmanlığıdır. Böylece, yazılım ürününün tüm yaşam döngüsü boyunca, uygulanan pratik iyileştirmelerin yazılım üzerindeki olumsuz ve olumlu etkileri sürekli olarak değerlendirilir raporlanır ve yazılım ürününün daha da iyileştirilmesi için kullanılır (Dick ve diğ., 2010).

Sürdürülebilir yazılımın avantajlarını ve bu avantajları elde etmek için neler yapılabileceğini aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

- Yazılımlar uygulamalarında zamanla performans sorunları ortaya çıkmaktadır. Bunun çeşitli sebepleri olabilir. Kullanıcı sayısının proje planlamasında düşünülenden çok hızlı bir artış göstermesi, proje geliştirilirken performans sorunlarının göz önünde bulundurulmaması bu sebeplerden bazılarıdır. Performans sorunlarının çözümü için başvurulan yöntemlerden biri mevcut donanımların daha performanslı donanımlarla değiştirilmesidir. Fakat bu yöntem sürdürülebilirlik açısından uygun bir yaklaşım değildir. Bu yöntemin yerine daha hızlı çalışan kodların tercih edilmesi donanımın hızlı bir şekilde değiştirilmesini önemli ölçüde azaltacaktır.
- Yazılım projelerine başlamadan önce maliyet analizleri yapılmaktadır. Bu analizlere çevresel maliyetlerin de dahil edilmesi sürdürülebilirlik açısından tavsiye edilen bir uygulamadır. Bu sayede

daha fazla sunucu kullanılmasının önüne geçilerek, daha etkili algoritma geliştirme yolları aranacaktır.

- Yazılım uygulamalarında hafıza yönetimi son derece önemlidir. Bu sebeple kısıtlı olan hafızanın optimum şekilde kullanılması gerekmektedir. Optimum hafıza kullanımı ile düşük hafızaya sahip eski bilgisayarlarda kullanılmaya devam edilecektir. Bu sayede elektronik atık minimuma indirgenmiş olacaktır.
- Geliştirmelerin firmanın kendi kaynakları ile gerçekleştirilmesi 3. Parti komponentlerin ve gereksiz kaynak kullanımını engelleyecektir.
- Yazılım geliştirme mühendisleri karşılaştıkları problemler karşısında genellikle akıllarına ilk gelen yöntemi uygulamaktadır. Bunun en önemli sebebi geliştirme süreci için ayrılan sürenin kısıtlı olmasıdır. Yazılan kodu daha sonra geri dönerek gözden geçirmek ve tekrar çözmek daha etkin ve hızlı kodların geliştirilmesini sağlayacaktır.

Sürdürülebilirlik genel olarak yazılım geliştirme ilk aşamalarından itibaren dikkate alınmalıdır (Dick ve diğ.,2010). Ancak bu her zaman mümkün değildir. Çünkü yazılım geliştiricilerin çalışma biçimini değiştirmek kolay değildir. Dahası, yazılım mühendisliğinin, geliştirilmekte olan sistemlerin sürdürülebilirliğinin geliştirilmesine nasıl katkıda bulunabileceğine ilişkin çok az sayıda rehber kaynağı bulunmaktadır.

## 2.2. Yazılım Geliştirme Sürdürülebilirlik Boyutları

Yazılım sürdürülebilirliği, beş sürdürülebilirlik boyutuna göre karakterize edilmiştir: çevresel, teknik, sosyal, bireysel ve ekonomik.

**Çevresel sürdürülebilirlik boyutu:** Çevresel sürdürülebilirlik boyutu, yazılımın çevre üzerindeki etkisini minimuma indirmek suretiyle nasıl oluşturulacağı, kullanılacağı, korunacağı ve atılabileceği üzerine odaklanmaktadır. Ürünün enerji tüketimi, enerji verimliliği, çalışma zamanı verimliliği, işlemci yoğunluğu, hafıza kullanımı, boşa kalma ve algoritma verimliliğini içeren verimliliği ile kontrol edilebilir. Yazılım mühendisliği için, çevresel sürdürülebilirlik anlamında sormamız gereken soru “Yazılım, geliştirme ve bakım sırasında çevreyi nasıl etkiliyor?”.

**Teknik sürdürülebilirlik boyutu:** Sistemlerin, değişen çevresel koşullar ve ilgili gereksinimlerle birlikte uzun süre kullanılması ve bunların yeterli gelişiminin sağlanması teknik sürdürülebilirliğin ana hedefi olmuştur. Teknik yazılımların sürdürülebilirliği, yazılım sistemlerinin uzun süre kullanılması ile ilgilidir ve ebedi olarak adlandırılmaktadır. Yazılım mühendisliği için, teknik sürdürülebilirlik anlamında sormamız gereken soru “Gelecekteki değişime kolayca adapte olabilmek için yazılım nasıl oluşturulabilir?”.

**Sosyal sürdürülebilirlik boyutu:** Bu boyutta sosyal sermaye değerini artıracak yazılımın nasıl geliştirilebileceği üzerine odaklanılmaktadır. Dolayısıyla bu boyut, yazılımın toplumsal katma değerlerine odaklanmaktadır. Yazılım mühendisliği için, sosyal sürdürülebilirlik anlamında sormamız gereken soru “Yazılım sistemlerinin topluma ne gibi etkileri (iletişim, etkileşim, yönetim vb.) vardır?”.

**Bireysel sürdürülebilirlik boyutu:** Bu boyutta yazılımlar, geliştiricilerin mesleğinden uzun süre tatmin olmasını sağlayacak şekilde nasıl oluşturulabileceği ve destek verilebileceği üzerine odaklanılmaktadır. Yazılım mühendisliği için, bireysel sürdürülebilirlik anlamında sormamız gereken soru “Yazılımlar, geliştiricilerin mesleğinde uzun süre tatmin olmasını sağlayacak bir şekilde nasıl oluşturulabilir ve bakımı yapılabilir? “ (Penzenstadler ve Femmer, 2013).

**Ekonomik sürdürülebilirlik boyutu:** Bu boyutta paydaşların uzun vadeli yatırımları ve varlıkları ekonomik risklerden mümkün olduğunca güvenli olacak şekilde yazılım sistemlerinin nasıl oluşturulabileceği üzerine odaklanılmaktadır. Varlıklardan kasıt sadece sermaye değil aynı zamanda katma değeri de içermektedir. Ekonomik açıdan sürdürülebilir olması için, yazılımın düşük maliyetli bir sürece, uzun vadeli bir kara sahip olması gerekmektedir (Barney ve diğ., 2009). Yazılım mühendisliği için, ekonomik sürdürülebilirlik anlamında sormamız gereken soru “Yazılım sistemleri, paydaşların uzun vadeli yatırımlarının ekonomik risklerden mümkün olduğunca güvenli olmasını sağlamak için nasıl oluşturulabilir?”.

## 3. METODOLOJİ

Araştırma konusunun belirlenmesi ile başlayan süreç literatür araştırması ile devam etmiştir. Hipotezlerin kurulmasının ardından sürdürülebilirlik faktörlerinin ölçümlemek amacıyla anket soruları hazırlanmıştır. Ardından veriler toplanmış, verilerin normal dağılıp dağılmadığı kontrolü ve güvenilirlik analizi yapılmıştır. Açıklayıcı faktör analizi ile yazılım geliştirme sürecine etki eden faktörler belirlenmiş, doğrulayıcı faktör analizi ile faktör yapısı doğrulanmıştır. Ölçüm modeli uyumluluğu testi yapıldıktan sonra modellerin geçerliliği doğrulayıcı faktör analizi uygulanarak test edilmiştir. Yol analizi ile hipotezler test edildikten sonra, son aşamada sonuçlar yorumlanmış ve ileride yapılacak çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

### **3.1. Araştırmanın Modeli**

Araştırmanın modeli; sürdürülebilirlik ölçüm modelinin ve yazılım geliştirme sürecinde yer alan bireylerin tanımlayıcı özelliklerini ölçümlemek için kullanılan ölçüm modelinin yazılım performansı ölçüm modeli üzerindeki ilişkilerinin araştırılmasına yönelik bir çalışmadır. Yazılım geliştirme sürecinde aktif olarak rol alan kişilerin yaş, tecrübe ve eğitim durumuna yönelik bilgilerle birlikte yazılım geliştirme sürecinde sürdürülebilirlik anlamında etki edebilecek kavramlar üzerindeki görüşleri değerlendirilerek sürdürülebilirlik etkenlerinin yazılım geliştirme süreçlerini ne yönde etkiledikleri ve bu etkilerin yazılım geliştirme sürecinde yer alan işlemler üzerinde ne oranda yansıdığı gösterilmek istenilmiştir. Ayrıca sürdürülebilirlik etkenlerinin, yazılım geliştirme sürecine ne ölçüde etki ettiği ile ilgili ifadelerle açıklayıcı ve doğrulayıcı faktör analizleri uygulanmıştır. Bu sayede etkilerin hangi faktörler altında toplandığı belirlenmiştir. Elde edilen yazılım sürdürülebilirliği faktörü ile birlikte yazılım sürecinde yer alan bireylerin yaş, eğitim ve tecrübe gibi tanımlayıcı özellikleri ve yazılım performansı ölçüm modeli ile birlikte yapısal eşitlik modeli kurularak birbirleri üzerindeki etkilerinin ölçülmesi amaçlanmıştır.

### **3.2. Araştırmanın Örnekleme**

Çalışmamızın ana kütlesi, Türkiye sınırları içerisinde farklı sektörlerde yazılım geliştirme sürecinde aktif olarak görev alan çalışanlardır. Kısıtlı kaynak ve zaman unsurları sebebiyle, veriler, internet ve sosyal medya aracılığıyla, Türkiye'nin Marmara bölgesinde konumlanan, Finans, Pazarlama, Sigortacılık, Turizm ve Telekomünikasyon sektörlerinde faaliyet gösteren firmalarda Yazılım Geliştirme Uzmanı, İş Zekası Uzmanı, İş Analisti ve Yönetici pozisyonlarında aktif olarak çalışan bireylere yönelik bir örneklem çalışması sonucunda elde edilmiştir. Araştırmanın örnekleme 132 kişiden oluşmaktadır. Bu çalışmada, örneklem araştırma problemlerine bilinçli olarak yanıt verebileceğine inanılan kişiler arasından oluşturulup, zaman ve maliyet faktörleri göz önünde bulundurulduğu için tesadüfi olmayan örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Bu sebeple örnekleme şans unsuru barındırmadan oluşturulmuştur.

### **3.3. Hipotezler**

Yapılan ölçüm modelleri sonucunda, sürdürülebilirlik faktörleri, yazılım performansı ve yazılım geliştirme sürecinde yer alan bireylere ait tanımlayıcı özellikler (yaş, eğitim ve tecrübe) arasında aşağıdaki hipotezler oluşturulmuştur:

H1: Yaş faktörü ve yazılım performansı arasında anlamlı bir ilişki vardır.

H2: Eğitim faktörü ve yazılım performansı arasında anlamlı bir ilişki vardır.

H3: Tecrübe faktörü ve yazılım performansı arasında anlamlı bir ilişki vardır.

H4: Ekonomik sürdürülebilirlik boyutu ve yazılım performansı arasında anlamlı bir ilişki vardır.

H5: Çevresel sürdürülebilirlik boyutu ve yazılım performansı arasında anlamlı bir ilişki vardır.

H6: Sosyal sürdürülebilirlik boyutu ve yazılım performansı arasında anlamlı bir ilişki vardır.

H7: Teknik sürdürülebilirlik boyutu ve yazılım performansı arasında anlamlı bir ilişki vardır.

H8: Bireysel sürdürülebilirlik boyutu ve yazılım performansı arasında anlamlı bir ilişki vardır.

### **3.4. Açıklayıcı Faktör Analizi**

Faktör sayısını belirlemek için özdeğer hesaplaması baz alınmıştır. Özdeğer istatistiği 1 veya 1'den büyük olan faktörler kullanılmıştır. Bu değer altında kalan faktörler dikkate alınmamıştır. Faktör analizi yapıldıktan sonra, faktörleri oluşturan maddelerin bu faktörlere bağlı yük değerlerinin 0.50 veya daha yüksek değere sahip olduğu görüldüğü için bu maddelerin çıkarılmasına gerek duyulmamıştır. Sonrasında döndürülmüş faktör matrisi üzerinde birden fazla faktöre 0.3 veya daha üzere bir değerle yüklenmiş veya herhangi bir faktöre 0.5 veya daha yüksek bir değerle yüklenmemiş olan maddeler olup olmadığına bakılmıştır. Bu işlemler sonucunda 5 faktör ve bu faktörler altında kalan 23 madde elde edilmiştir. Yapılan test sonucunda Kaiser Meyer Olkin (KMO) testi ölçümü 0.831 çıkmıştır. Bu da verilerin açıklayıcı faktör analizi için kullanılabilirliğini göstermektedir. Faktör sayısı belirlendikten sonra, faktör altında toplanan ifadeleri belirlemek için döndürme işlemi uygulanmıştır. Döndürme işlemi sonunda elde edilen model matrisi Çizelge 1'de görülebilir.

Çizelge 1. Temel Faktör Analizi

	Faktör				
	1	2	3	4	5
CS07	,871				
CS05	,855				
CS04	,851				
CS02	,801				
CS03	,768				
CS06	,768				
CS01	,678				
ES02		,902			
ES01		,893			
ES03		,885			
ES04		,864			
ES05		,844			
SS01			,948		
SS02			,915		
SS03			,899		
SS04			,885		
TS02				,925	
TS04				,913	
TS01				,891	
TS03				,875	
BS01					,941
BS02					,938
BS03					,922

Çıkarım Yöntemi: Temel Faktör Analizi.

Döndürme Yöntemi: Promax with Kaiser Normalleştirilmesi.

a. 5 iterasyon sonucu ulaşılmıştır.

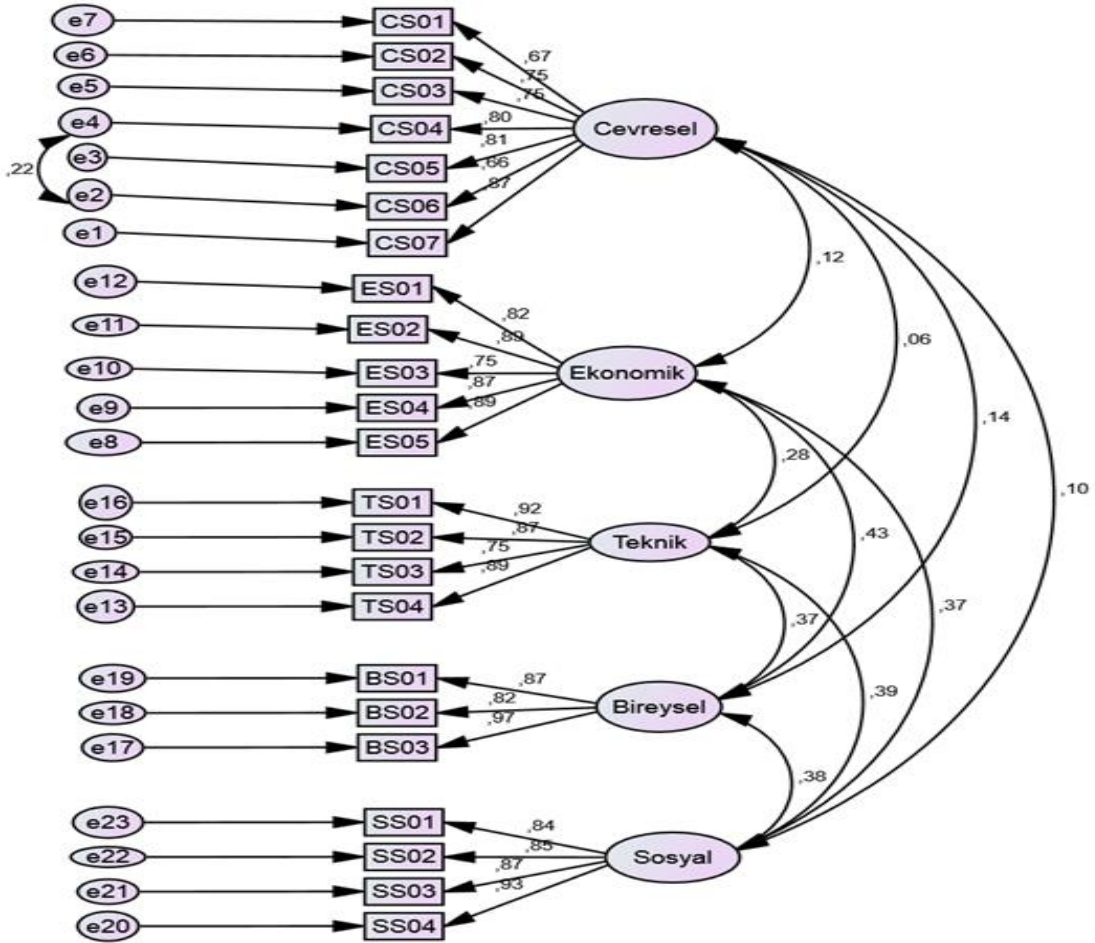
Faktörler altında toplanan ifadeler dikkate alındığında isimlendirlemeler çevresel sürdürülebilirlik (1), ekonomik sürdürülebilirlik (2), sosyal sürdürülebilirlik (3), teknik sürdürülebilirlik (4) ve bireysel sürdürülebilirlik (5) olarak yapılmıştır. Genel olarak kabul edilen 3 sürdürülebilirlik boyutunun (çevresel, ekonomik ve sosyal) yanında yapılan çalışmada teknik ve bireysel sürdürülebilirlik boyutu ortaya çıkarılmıştır.

### 3.5. Doğrulayıcı Faktör Analizi

Çalışmamızda anket aracılığıyla gözlemlenen değişkenlerin ve bu değişkenlerden elde edilen faktörler arasında bir ilişkinin var olduğunu savunan hipotezi test etmek amacıyla doğrulayıcı faktör analizi yapılmıştır. Açıklayıcı faktör analizi sonucu elde edilen 5 faktörün geçerliliği doğrulayıcı faktör analizi yapılarak geçerli nitelikleri taşıyıp taşımadığı araştırılmıştır.

AMOS programı ile doğrulayıcı faktör analizi sonucunda elde edilen yol haritası Şekil 1’de görülebilir. Yol haritasında yer alan değerlerin 1’den küçük olması gerekmektedir. Doğrulayıcı faktör analizi sonucu ortaya çıkan yol haritasında da tüm korelasyon değerlerinin 1’den küçük olduğu görülmüştür. Faktörler arasında yer alan korelasyonlar arasındaki en büyük değer 0.43 ile bireysel sürdürülebilirlik faktörü ile ekonomik sürdürülebilirlik faktörü arasındaki korelasyona aittir. En küçük değer ise 0.06 ile çevresel sürdürülebilirlik faktörü ile teknik sürdürülebilirlik faktörü arasında kalan korelasyona aittir





Şekil 1. Doğrulayıcı faktör analizi yol haritası modeli

### 3.6. Ölçüm modelleri testleri

Ölçüm modellerinin test edilmesi aşamasına ilk olarak 1. aşama modellerin test edilmesi ile başlanmıştır. Bu anlamda çevresel sürdürülebilirlik boyutu, ekonomik sürdürülebilirlik boyutu, yazılım geliştirme sürecinin teknik sürdürülebilirlik boyutu, bireysel sürdürülebilirlik boyutu, sosyal sürdürülebilirlik boyutu ve yazılım performansı boyutu ölçüm modelleri incelenmiştir. Yazılım geliştirme sürdürülebilirlik faktörü iki aşamalı bir ölçüm modelidir. Bu sebeple bu modeli ölçümlemek için ayrı bir analiz çalışması yapılarak model faktör yükleri kontrol edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda değerlerin kriterlere uygun olduğu görüldüğü için model üzerinde bir iyileştirme yapılmaya gerek duyulmamıştır.

### 3.7. Ölçüm Modelleri Doğrulayıcı Faktör Analizi

Çizelge 2'de görüldüğü gibi doğrulayıcı faktör analizi sonucu değerlerin kriterleri sağladığı görülmektedir. Bu sebeple tüm modellerin yol analizine dahil edilmesine karar verilmiştir.

**Çizelge 2. Ölçüm Modelleri Doğrulayıcı Faktör Analizi Sonuçları**

İndeks	Ölçüm	Eşik	Yorum
CMIN	541,587	--	--
DF	344	--	--
CMIN/DF	1,574	1 ve 3 arası	Mükemmel
CFI	0,931	>0.95	Kabul edilebilir
SRMR	0,073	<0.08	Mükemmel
RMSEA	0,066	<0.06	Kabul edilebilir
PClose	0,017	>0.05	Kabul edilebilir

### 3.8. Yol Analizi

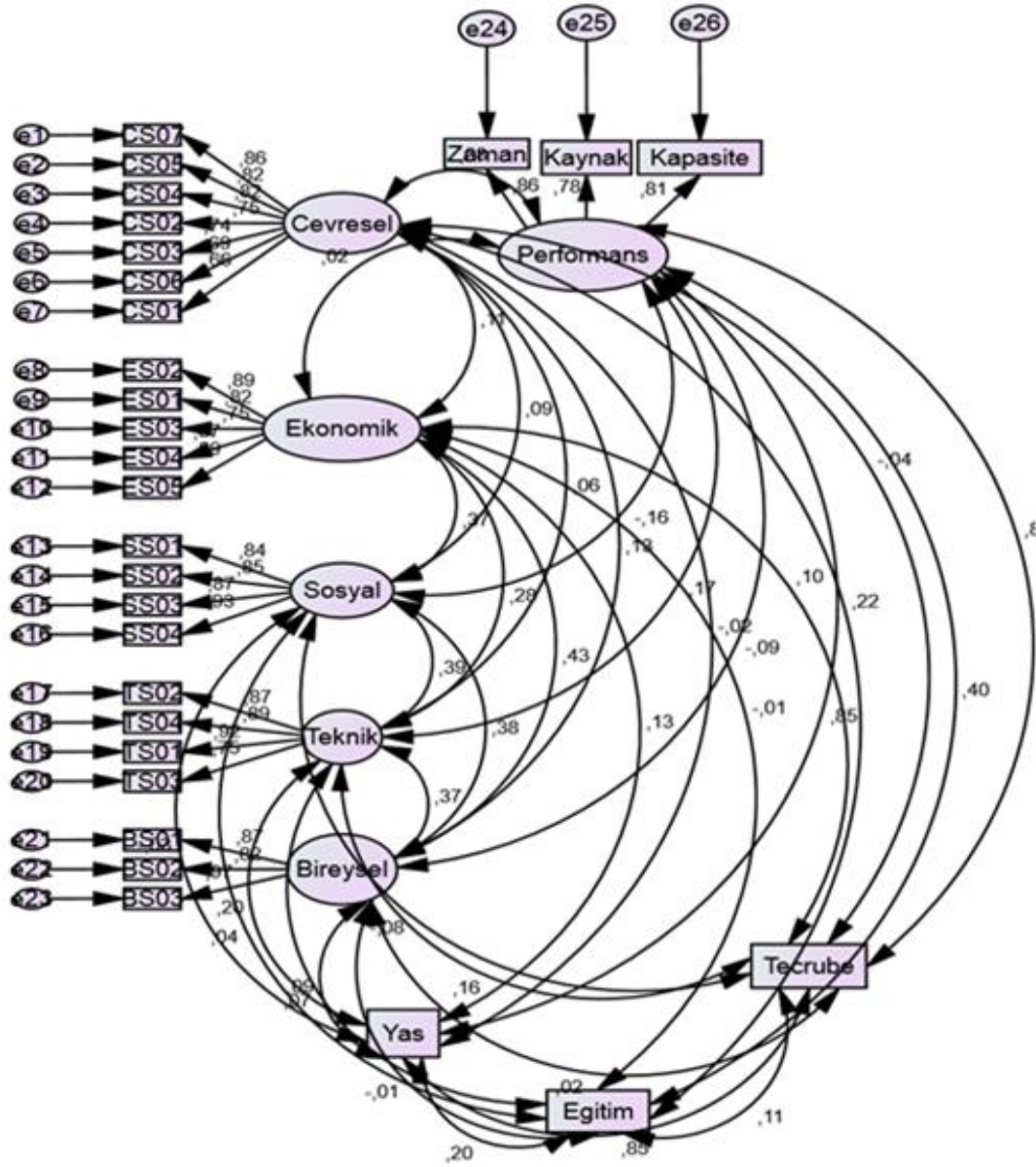
Araştırmanın son aşamasında literatür araştırması sonucu elden edilen veriler doğrultusunda oluşturulan hipotezlerin geçerliliğini test etmek için yol analizi çalışması yapılmıştır. Yazılım geliştirme sürecinde yer alan bireylerin tanımlayıcı özellikleri ile sürdürülebilirlik boyutları arasında ilişkiler tanımlanarak, yaş, eğitim durumu ve tecrübenin sürdürülebilirlik faktörü üzerinden yazılım performansı üzerindeki dolaylı etkisi de ölçümlenmek istenmiştir. Ancak yaş, eğitim durumu ve tecrübe faktörlerinin sürdürülebilirlik boyutları ile arasındaki ilişkilerin tamamı istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmüştür. Bu sebeple bu ilişkiler modelden çıkarılmıştır. Hipotezler doğrultusunda oluşturulan model Şekil 2’de görülebilir.

Çizelge 3’de ana modelin analiz sonuçları gösterilmiştir. Tucker-Lewis Index (TLI) değeri sınırda fakat fakat kabul edilebilir düzeydedir. Sadece PCLOSE değeri istenen aralığın dışında kalmıştır. Veriler geçerli olduğu için model üzerinde bir iyileştirme yapılmamaya karar verilmiştir.

Hipotezlerin geçerliliğine Çizelge 4’de gösterilen model faktör yükleri ve anlamlılıkları tablosunda ki p değerlerine bakılarak karar verilmiştir. Hipotezin geçerli olabilmesi için p değerinin 0,05 değerinin altında olması gerekmektedir. Eğitim durumu ve yazılım performansı arasındaki ilişkiyi test eden H4 hipotezi dışında diğer bütün hipotezlerin anlamlı olduğu görülmüştür.

**Çizelge 3. Ana Model Çıktı Analizi**

	CMIN/DF	TLI	RMSEA	PCLOSE	SRMR	CFI
Kriter	<5	>0,90	<0,10	>0,05	<0,09	>0,80
Gerçekleşen	2,217	,849	,096	,017	,0320	,863



Şekil 2. Ölçüm Modeli Doğrulayıcı Faktör Analizi Modeli

Çizelge 4. Ana Model ve Faktör Yükleri

	Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
Performans <--- Ekonomik	-,207	,024	-8,541	***	
Performans <--- Çevresel	-,297	,030	-9,937	***	
Performans <--- Sosyal	-,196	,026	-7,432	***	
Performans <--- Teknik	-,213	,026	-8,159	***	
Performans <--- Bireysel	-,124	,019	-6,686	***	

	Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
Performans <--- Yas	,104	,040	2,600	,009	
Performans <--- Eğitim	-,054	,058	-,932	,351	
Performans <--- Tecrube	,173	,035	4,959	***	

#### 4. SONUÇ

Literatür araştırmasına göre kurulan 8 hipotezden eğitim durumu faktörünün yazılım performansı üzerindeki etkisini test eden H4 hipotezi dışında kalan 7 hipotez kabul edilmiştir.

Capretz (2014) yapmış olduğu çalışmada, insanların yazılımlardan daha karmaşık ve daha az tahmin edilebilir olduklarını ve yazılım geliştirme sürecinde kompleks dinamikler yaratabileceğini belirtmiştir. Yazılımların insan aktiviteleri sonucunda ortaya çıkarılan bir ürün olduğu düşünüldüğünde, yazılım geliştirme sürecinde etkili olan herhangi bir faktör insanı tanımlayan bir etkenden bağımsız olarak düşünülemez. Amrit ve diğ. (2014) yapmış olduğu çalışmada, yazılım geliştirme sürecinde bireysel veya takım halinde çalışıldığını, iş birliği gerektiren bu sürecin başarılı olup olmamasının insanı tanımlayan özelliklere derinden bağlı olduğunu vurgulamıştır. Bu çıkarımlardan hareketle oluşturulan H1, H2 ve H3 hipotezleri yazılım sürecinde yer alan bireylerin tanımlayıcı özelliklerini temsil etmek amacıyla modele dahil edilen yaş, eğitim durumu ve tecrübe ifadeleri ile yazılım performansı arasındaki ilişkiyi belirlemek için kurulmuştur. Yapılan analiz sonucunda yazılım sürecinde yer alan bireylerin eğitim durumu dışında, yaşı ve tecrübesi ile yazılım performansı arasında pozitif bir etki olduğu görülmüştür. Yazılım geliştirme sürecini sürdürülebilirlik anlamında etkileyen ekonomik, çevresel, sosyal, teknik ve bireysel boyutlar ile yazılım performansı arasındaki ilişkiyi göstermek amacıyla kurulan H4, H5, H6, H7 ve H8 hipotezlerinden hepsi kabul edilmiş ve yazılım sürecini sürdürülebilirlik anlamında etkileyen bütün boyutların yazılım performansı üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Capra ve diğ. (2012) yapmış oldukları çalışmada, yazılım sürecinde performansı ön planda tutan çalışmalara ağırlık verilmesi yazılım sürdürülebilirliğini olumsuz anlamda etkileyeceğini belirtmiştir. Yazılım performansı artırılmak istendiğinde birim zamanda kullanılan işlemci gücü ve diğer kaynak kullanımı artmaktadır. Bu durum daha fazla enerji kullanılmasına ve daha fazla ısının ortaya çıkmasına sebebiyet verecektir. Bu çalışmada, yazılım sürecini sürdürülebilirlik anlamında etkileyen boyutların yazılım performansına negatif etki ettiği görülmüştür. Bu sonuç Capra ve diğ. (2012) yapmış oldukları çıkarımla uyumlu bir sonuç olmuştur.

Yapısal eşitlik modeli üzerinden yapılan analizde performansı olumlu etkileyen etmenlerin yazılım geliştirme sürdürülebilirliğini olumsuz etkilediği gözlemlenmiştir. Bu durum yazılım geliştirme sürecinde yazılım ürününün performansına odaklanırken, sürdürülebilirlik kavramlarından uzaklaşıldığını göstermektedir. Fakat yazılım sektöründen elde edilen marjinal faydanın sürekliliğinin hem üretici hem de tüketici açısından sağlanması isteniyorsa performansın yanında sınırlı kaynakların da optimum kullanılmasına özen gösterilmelidir.

Yazılım performansı geliştirmeleri, yani birim zamanda yapılabilen maksimum iş miktarının artırılması, bir işi yerine getirirken kullanılan kaynak miktarının azaltılması ve istenilen şekilde çalışmaya devam edebildiği maksimum kullanıcı limitinin artırılması, ekstra donanım desteğinden ziyade kodlama sırasında tercih edilen algoritmanın verimliliği ile sağlanmalıdır. Bu bilincin çalışanlara benimsetilmesi, sürdürülebilirliği destekleyici bir eylem olmasının yanında, yazılım performansını da sürdürülebilirliği artırıcı bir sonuç doğurabilir. Ayrıca çalışanlara verimli bir çalışma ortamı sağlanması, yazılım geliştirme sürecine başlamadan önce maliyet-kazanç karşılaştırması yapılması ve yönetsel olarak yol gösterici bir anlayışın belirlenmesi kısa vadede süreci zaman, maliyet ve performans açısından olumsuz etkiliyor gibi görülmese de uzun vadede sürdürülebilirliğin yanında olumsuz görünen alanlarda da pozitif katkı sağlayacaktır. Bu kavramların organizasyon kültürlerine kazandırılması yazılım geliştirme sürecinin sürdürülebilirliği açısından önem arz etmektedir.

Ana model üzerinden yapılan diğer çıkarım, yazılım uygulamalarının insanların bir arada etkileşim halinde çalıştığı bir sürecin sonunda çıkan bir ürün olduğu, bu sebeple insanı tanımlayan faktörlerin yazılım performansı üzerinde bir etki oluşturduğudur. Elde edilen bu sonuçtan yola çıkarak, yazılım sürecinde yer alan bireylerin birbirleri ve çevresi olan etkileşiminin ve iletişiminin sağlıklı olması, yazılım geliştirme sürecinde bireylerin kişisel özelliklerine uygun roller verilmesi ve şirketin sosyal yapısının yazılım geliştirme metodolojisine uygun olması, yazılım performansını doğrudan ve olumlu etkileyeceği görülmüştür.

Yazılım geliştirme sürecinin sürdürülebilir olması sadece gelecek nesiller için daha yaşanabilir bir dünya bırakmaz. Bu durum aynı zamanda sürdürülebilir bir sürece sahip olan firmaların ekonomik yapısına ve verimliliğine de katkı sağlar. Rekabetin yoğun olduğu bir ortamda, kaynakları daha etkin kullanması ve sürdürülebilirlik anlamında duyarlı bir profile sahip olması, firmaların, müşteriler ve çalışanlar tarafından tercih edilmesinde etkin rol oynayabilecektir.

## 5. ÖNERİLER

Araştırma sonucunda elde edilen çıkarımlar neticesinde, ilerde yapılabilecek çalışmalara yönelik önerilerde bulunabilir. Bu çalışmada uygulanan anket çalışması sadece yazılım geliştirme sürecinde aktif rol alan kişiler baz alınarak hazırlanmıştır. Yazılım uygulamasını kullanacak müşteriler ve proje sahipleri de bu çalışmaya dahil edilerek kapsam genişletilebilir ve yeni araştırmalar yapılabilir. Yine çalışma daha geniş bir örneklem üzerinden farklı bir ülke yada şehirde yazılım geliştirme sürecinde aktif rol alan kişiler üzerinde uygulanabilir.

Bu çalışmada sürdürülebilirliğin yazılım performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sürdürülebilirliğin yazılımın diğer boyutları üzerinde ki etkilerinin incelenmesi adına, modele yazılımın güvenliği, kullanılabilirliği, güvenilirliği ve bakım kolaylığı faktörleri de dahil edilebilir.

## 6. KAYNAKÇA

- Amrit C., Daneva M., Damian D. (2014). Human Factors in Software Development. *Information and Software Technology*, 94, 1537–1542. doi:10.1016/j.infsof.2014.07.006.
- Capretz Luiz Fernando (2014). Bringing the Human Factor to Software Engineering. *IEEE Software*, 31 (2), 104-104. Doi: 10.1109/MS.2014.30
- Diamond, J. (2005). *Collapse: How Complex Societies Choose to Fail or Survive*. New York: Penguin.
- Dick M, Naumann S, Kuhn N. (2010). A Model and Selected Instances of Green and Sustainable Software. *Springer Berlin Heidelberg*, 328, 248-259. Doi: 10.1007/978-3-642-15479-9\_24.
- Penzenstadler B, Femmer H. (2013). A generic model for sustainability with process and product-specific instances. In: *Proceedings of the 2013 workshop on green in/by software engineering 2013*, ACM, Fukuoka, Japan. (pp. 3-8). Fukuoka, Japan: March 26-26
- Rossi Fábio Diniz, Xavier Miguel Gomes, Conte Endrigo D'Agostini, Ferreto Tiago, De Rose César A. F. (2014). Green software development for multi-core architectures. *Computers and Communication (ISCC)*, 2014 IEEE Symposium on. Funchal, Madeira, Portugal, Portugal: June 23-26.
- S. Barney, C. Wohlin, A. Aurum. (2009). Balancing software product investments. *Proc. the 3rd International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM 2009)*. Lake Buena Vista, FL, USA: October 15-16
- Shalabh Agarwal, Asoke Nath, Dipayan Chowdhury. (2012). Sustainable Approaches and Good Practices in Green Software Engineering. *International Journal of Research and Reviews in Computer Science (IJRRCS)*, 3(1), 1425-1428.
- Sharma Sunil Kumar, Gupta P.K., Malekian Reza. (2015). Energy Efficient Software Development Life Cycle -An approach towards smart computing. *2015 IEEE International Conference on Computer Graphics, Vision and Information Security (CGVIS)*. Bhubaneswar, India: November 2-3
- United Nations General Assembly (1987). *World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables (Rapor No.ESA/P/WP/248)*. New York: United Nations

## BİLEŞİK MAKİNE ÖĞRENME ALGORİTMALARI İLE ÖĞRENCİ TAKIM ÇALIŞMALARI BAŞARISININ TAHMİNLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Zülfiye Erdoğan  
İskenderun Teknik Üniversitesi

Harika Akalın  
İskenderun Teknik Üniversitesi

Emine Bozoklar  
İskenderun Teknik Üniversitesi

### ÖZET

Günümüz rekabet koşullarına uyum sağlamak ve gelişen teknolojiye ayak uydurmak, işletmelerin varlığını ve devamlılığını sürdürebilmeleri için zorunlu hale gelmiştir. İşletmelerin öncelikle bünyelerindeki personelin uyum içerisinde çalışabilecekleri bir ortam sağlamaları gerekmektedir. Bu sebeple etkin ve verimli bir şekilde rekabet edebilmek için bireysel çabadan çok takım çalışmasına yönelmişlerdir. Bu çalışmada günümüz işletmeleri için zorunlu hale gelen takım çalışmasının başarısının tahminine yönelik bir metodoloji geliştirilmiştir. Yöntem olarak daha önce bu alanda literatürde bulunmayan bileşik makine öğrenme yöntemleri kullanılmıştır. Bu bileşik makine öğrenme yöntemleri; Filtreli Sınıflandırıcı ve Torbalama Algoritması olup, WEKA’da çalıştırılmıştır. İki algoritma için de verinin test ve eğitim verisi olarak ayrılmasında 10 kat çapraz geçerlilik yöntemi kullanılmıştır. Yazılım mühendisliği öğrencilerinin oluşturduğu takımların başarısı tahmin edilmiş ve niteliklerin takım performansı üzerine etkileri incelenmiştir. Algoritma sonuçları 11 zaman aralığı için değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda her bir performans değeri üzerinde farklı algoritmaların daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Bileşik Makine Öğrenmesi, Filtreli Sınıflandırıcı, Tahmin Modeli, Takım Çalışması, Torbalama Algoritması.*

### **FORECAST AND EVALUATION OF STUDENT TEAMWORKS' SUCCESS WITH ENSEMBLE MACHINE LEARNING ALGORITHMS**

### ABSTRACT

It has become compulsory for businesses to be adapted today's competitive conditions and keeping pace with emerging technology for sustaining the existence and continuity. Primarily, businesses need to establish an environment in which their staff can work in harmony. For this reason, they have turned to teamwork rather than individual effort to compete effectively and efficiently. In this study, a methodology is developed for predicting the success of teamwork that became mandatory for today's enterprises. Ensemble machine learning methods that were not previously available in literature in this field have been used as methodology. This ensemble machine learning methods; filtered classifier and bagging algorithm, run in WEKA software. The ten-fold cross validation method has used for both algorithms to divide data into two parts as test and training data. The success of the teams created by software engineering students was forecasted and effects of attributes on team performances were examined. The algorithm results have evaluated for 11 time intervals. When the evaluation results are examined, it is observed that different algorithms give better results on each performance values.

**Keywords:** *Ensemble Machine Learning, Filtered Classifier, Forecasting Model, Teamwork, Bagging Algorithm.*

## 1. GİRİŞ

Küreselleşen dünya ve gelişen teknolojiler ile birlikte artan rekabet ortamında üstünlük sağlamak için işletmelerin takım çalışmalarına verdikleri önem giderek artmaktadır. Farklı yetenek, bilgi, beceri ve deneyimlere sahip bireylerin birlikte yapmış olduğu daha yaratıcı ve etkin çalışmalar işletmelere rekabet üstünlüğü sağlamaktadır. Takım, aynı amaca yönelik bir eylemi gerçekleştirmek için bir araya gelen bireylerden oluşan gruba denilmektedir. Takım çalışması ise, ortak bir eylemi gerçekleştirmek için bir araya gelen bu kişilerin işbirliği halinde göstermiş olduğu çabaların toplamı olarak ifade edilmektedir (Töremen ve Karakuş, 2007). Bir topluluğun takım olarak nitelendirilmesi için bazı özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bu özellikler şu şekilde sıralanabilir: (i) Bir eylemi gerçekleştirmek için açık, net ve ortak amaçlarının bulunması, (ii) Eylemlerin gerçekleştirilmesi için kişilerin birbirine bağımlı olmaları, (iii) Üyelerin sorumluluklarının iyi tanımlanmış olması ve gerçekleştirilen eylemlerin sorumlulukların bütün üyeler arasında adaletli olarak paylaşılması, (iv) Üyelerin birbirlerini tamamlayıcı bilgi ve becerilere sahip olmaları, (v) Takım çalışması sürecinin uygun bir şekilde düzenlenmesi ve yönetilmesi sürecinin bulunmasıdır (Töremen ve Karakuş, 2007). Takım üyeleri arasında sağlanan güven, bağlılık, sorumluluk ve etkin bilgi paylaşımı sayesinde işletmelerde çalışanların performansları ve verimlilikleri orantılı olarak artmaktadır. Takımlar amaçlarına göre çalışma takımları, yönetim takımları, iyileştirme takımları ve problem çözme takımları şeklinde sınıflandırılırken aynı takımlar üretim, ürün geliştirme, mühendislik takımları gibi alt sınıflandırmaya tabi tutulabilirler (Ataman, 2002).

Takım çalışmaları, işletme ve organizasyonlarda olduğu gibi eğitim kurumlarında da büyük önem arz etmektedir. Son yıllarda pek çok üniversitede öğrenci takım çalışmalarına giderek artan önem verilmektedir. Öğrenim perspektifini bireysel öğrenci çalışmalarından giderek daha işbirliğine dayalı ve etkileşimli görevlere aşamalı olarak geçiştiriminin çeşitli nedenleri bulunmaktadır. Öğretmenler, öğrencilerin gelecekteki iş hayatlarında deneyim kazanmalarını sağlamak için takım çalışmalarına önem vermektedirler. Öğrenciler, eğitim kurumlarında problem çözme becerilerini geliştirecek alanlarda farklı öğrencilerle ve hatta uluslararası öğrencilerle çeşitli kültürler edinerek deneyim kazanmaktadırlar. Deneyimlere rağmen, işverenlerin ihtiyaç duydukları takım çalışması becerileri ile lisans dersleri boyunca öğrencilerin geliştirdikleri seviye arasında hala boşluklar bulunmaktadır. Öğretmenlerin her öğrenci ile bireysel olarak buluşma zamanının olmaması nedeniyle, öğrenci takımlarıyla buluşmak, daha makul ve etkili bir zaman kullanımı yaratmaktadır (Bravo vd., 2016). Takım çalışması artık çoğu yükseköğretim kurumunda yaygın olan temel bir uygulamadır. Oluşturulan etkili ve başarılı bir takım kültürü ile birlikte okulların verimliliğinin de dikkat çekici bir şekilde artacağı ön görülmektedir.

Takım çalışması günümüzde mühendislik eğitim programlarının önemli bir bileşeni olarak görülmektedir. Mühendislikte takım çalışmasına ve öğrenci takım projelerinin artan kullanımına vurgu yapılmasına rağmen, mühendislik öğrencilerine gerekli öğrenme çıktılarını en iyi şekilde nasıl geliştirilip uygulanacağına dair anlayış yeterince gelişmemiştir (Borrego vd., 2013).

Mühendislik alanındaki takım çalışmalarının büyük önem arz ettiği şu günlerde işletmeler projelerinde başarılı olmak için bilgisayar ve yazılım mühendisliği takım çalışması becerilerini pratiğe dökmeye yönelmişlerdir (Petkovic vd., 2014). Endüstride yazılım projelerinin başarısızlık oranlarının kabul edilemez derecede yüksek olması, yazılım mühendisliğinin iletişim, organizasyon ve ekip çalışması yönündeki başarısızlıklarından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle örgütlerde kurulacak olan takımların başarı durumlarının öngörülmesi oldukça önemlidir (Petkovic vd., 2016).

Bu çalışma, San Francisco Eyalet Üniversitesi'nde yazılım mühendisliği bölümünde bitirme projesi alan öğrencilerin oluşturdukları takımların başarı durumlarını bileşik makine öğrenme teknikleri ile tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Makine öğrenme teknikleri mevcut verilerden elde edilen öğrenme çıktılarını kullanarak, gelecekte karşılaşılabilecek durumlar için tahmin modelleri oluşturmayı hedeflemektedir. Bireysel makine öğrenme tekniklerinin performansını iyileştirmek için oluşturulan birleştirici algoritmalar ise bileşik makine öğrenme teknikleri olarak tanımlanmaktadır (Maimon ve Rokach, 2010). Çalışma kapsamında bileşik makine öğrenme tekniklerinden Filtreli Sınıflandırıcı ve Torbalama Algoritmaları kullanılmıştır. Çalışmada önerilen tahmin modeli, yazılım mühendisliği öğrencilerinin oluşturdukları takımların başarılı olup olmayacağını öngörmektedir. Modelde kullanılan niteliklerin sonuçlar üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu sayede, ileride kurulacak olan takımların başarı durumları önceden tahmin edilebilecektir.

Çalışmanın ilerleyen bölümleri şu şekilde sıralanmıştır. İkinci bölümde takım kavramı ve makine öğrenmesi teknikleri ile ilgili yapılmış olan önceki çalışmalar ele alınmıştır. Üçüncü bölümde, veri seti ve problem detaylı olarak açıklanmış olup, kullanılan bileşik makine öğrenme teknikleri tanımlanmıştır. Çalışmanın dördüncü bölümünde, önerilen metodolojinin uygulaması yapılmıştır. Son bölümde ise sonuçlar değerlendirilerek gelecekte yapılabilecek çalışmalara dair öneriler sunulmuştur.

## 2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Günümüz rekabet ortamında, teknolojik gelişmelerin büyük bir hızla ilerlediği mevcut koşullarda işletmeler global piyasalarda ileriye doğru gitmek ve rakip firmalarla rekabet edebilecek seviyeye gelmek için bireysel olarak hareket etmek yerine daha etkin ve verimli bir şekilde rekabet edebilmek adına takım çalışmasını benimsemişlerdir. Takım olmanın sağladığı önemli üstünlüklerden biri organizasyon dahilindeki yetenek, bilgi ve deneyimler gibi farklı disiplinleri bir araya getirmesidir. Takım çalışmaları ile ilgili mevcut literatürü incelediğimizde karşımıza çeşitli tanım ve kavramlar çıkmaktadır. Takımı biçimsel bir grup olarak tanımlayan Ataman, çalışmasında grup ve takım kavramlarından detaylı bir şekilde bahsetmiştir. Takım çalışmasının nedenleri, başarı koşulları ve takımların sınıflandırılmasına değinerek mobil iletişim sektöründe örnek bir uygulama yapmıştır (Ataman, 2002). İnce vd., modern yönetim sürecinin önemli bir parçasını oluşturan takım çalışması olgusu, temel stratejiler ve etkili takım yönetimi için sahip olunması gerekli liderlik niteliklerini teorik olarak incelemiştir (İnce vd., 2004). Baker vd., ise takımların temel özellikleri, takım eğitimindeki stratejiler ve sağlık hizmetlerinde takım çalışmasından bahsetmişlerdir (Baker vd., 2006). Takımlar, birçok organizasyon için gün geçtikçe bir yaşam biçimi haline gelmiş ve konu ile ilgili araştırma sayıları da bu hızla ayak uydurarak artış göstermiştir (Salas vd., 2008). Örgütlerin etkili takım çalışması için takım oluşturmaya olan eğiliminin de artması ile takım uygulamaları da doğru orantılı şekilde artmıştır. Borrego vd., ise endüstriyel ve örgütsel psikolojide takım etkinliği teorisinin mühendislik öğrencilerine ait proje takımlarına uygulanmasını çalışmışlardır (Borrego vd., 2013). Demirci vd., ise örgüt kültürü ve takım çalışmasına ilişkin uygulamalar arasındaki ilişkiyi incelemiş ve bu ilişkiyi araştırmak amacıyla bir anket geliştirmişlerdir (Demirci vd., 2014). Çalışmanın sonunda çeşitli takım uygulamalarının örgütün temel kültürel unsurlarından etkilendiği belirlenmiştir. Güçlü ve Oksu ilköğretim öğretmenlerinin etkili takım çalışmasına ilişkin algıları ile örgütsel bağlılıkları arasındaki ilişkiyi incelemiştir (Güçlü ve Okçu, 2015).

Takım çalışması uygulamada genellikle performansla ilişkilendirilerek açıklanmaya çalışılmaktadır. Günümüzde işletmelerin takım çalışmasına önem vererek uygulamaya koymalarındaki temel amaç takım çalışması ile personelin performansını yükseltmektir (Özler ve Koparan, 2006). Literatürde takım çalışmasının performans üzerindeki etkisinin işletmeler için önemli bir rekabet avantajı olduğunun altı çizilmektedir. Bu sebeple takım çalışmasına ilişkin faktörlerin belirlenmesi ve ölçülmesine yönelik birçok çalışma bulunmaktadır (Özler ve Koparan, 2006; İlhan ve İnce, 2015). Özler ve Koparan çalışmalarında iki ayrı ilaç pazarlama işletmesinde çalışan personele yönelik bir anket çalışması yapmışlardır. İlhan ve İnce ise çalışmalarında Gaziantep Üniversitesi turizm otelcilik meslek yüksekokulundaki öğrencilerin takım çalışması eğilimlerini ortaya koyan bir anket çalışması yapmışlardır.

Bileşik makine öğrenme tekniklerinin sınıflandırma işlevi tahmin modelleri oluşturmak için literatürde çeşitli sektörlerde uygulanmıştır. Makine öğrenme tekniklerinin temel amacı, sınıflandırma, kümeleme, tahmin veya diğer benzer görevleri yerine getirmek için kullanılacak bir model üretmektir. Makine öğrenme teknikleri, rüzgar enerjisi, konum hizmetleri, sağlık hizmetleri, kalite ve ekonomi gibi çeşitli uygulama alanlarına sahiplerdir. Enerji alanında makine öğrenme teknikleri; rüzgar enerjisi, enerji fiyatları ve konutlardaki elektrik tüketiminin tahmini için kullanılmışlardır (Heinermann ve Kramer, 2016; Tang, vd., 2018; Chen vd., 2018). Konum hizmetleri için, otel konumunun güvenilir ve objektif bir değerlendirmesi (Yang vd., 2015) ve kullanıcıların gelecekteki yerlerini ve yörüngelerini tahmin etmek (Zhao vd., 2018) amacıyla öğrenme algoritmalarından yararlanılmıştır. Sağlık hizmetleri alanında; güvenilir mikro dizi veri sınıflandırması (Peng, 2006), önemli kolon hücrelerinin tahmini (Kruk vd., 2009), kardiyak kalp çarpıntısı tanısının iyileştirilmesi (Özçift, 2011), manyetik rezonans resimleri ile bilgisayar destekli tanı sistemi geliştirme (Lu vd., 2017), kardiyotokografi izlerinin kullanımı ile sezaryen ve normal doğum türlerinin sınıflandırılması ve kanser araştırmalarında tahmin modellerinin geliştirilmesinde (Kourou vd., 2015; Menden vd., 2013) makine öğrenme teknikleri yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Kaliteye yönelik alanlarda makine öğrenme teknikleri kaliteli omurga teşhisi (Mandal, 2015), endüstriyel polimerizasyon işlemlerinde kalite tahmini (Liu vd., 2018) ve proaktif kalite izleme ve kontrol (Thomas vd., 2018) için kullanılmışlardır. Ekonomi alanında ise kredi skorlarının değerlendirilmesi (Wang vd., 2011), kredi puanlaması (Feng vd., 2018), inşaat sektöründe müteahhitlerin finansal sıkıntılarının tahmini (Choi vd., 2018) ve dengesiz verilerle kredi sınıflandırması yapmak için öğrenme paradigması oluşturmada (Yu vd., 2018) uygulanmışlardır. Bunlara ek olarak, Behoora ve Tucker çalışmalarında düşük maliyetli, aşınmayan sensör donanımı kullanan bir tasarım ekibindeki bireylerin duygusal durumlarını sınıflandırmak için bir makine öğrenme yöntemi kullanılmıştır. WEKA yazılımı ile 4 farklı MÖ tekniği olan C4.5, Rasgele Orman, IBK ve Naïf Bayes sınıflandırıcısı kullanılmıştır (Behoora ve Tucker, 2015).

Bu çalışmada yazılım mühendisliği öğrencilerinin bileşik makine öğrenme (BMÖ) algoritmaları ile öğrenci takım çalışmaları başarısının tahminlenmesi ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Budimac vd., yazılım mühendisliği öğrencilerinin ekip çalışması tabanlı dersinde değerlendirme ve öz değerlendirmesini



yapmışlardır (Budimac vd., 2011). Petkovic vd., yazılım mühendisliği takım çalışmasının öğrenci öğrenimini değerlendirmek ve tahmin etmek için makine öğrenimi kullanmışlardır. Öğrenci takımlarına ait projelerin geliştirilmesi sırasında toplanan verilere dayanarak takım çalışması öğreniminin etkinliğini tahmin etmek için rastgele orman yöntemini kullanmışlardır (Petkovic vd., 2016). Petković çalışmasında takımların performanslarını tek bir zaman aralığını baz alarak bireysel makine öğrenme tekniği ile incelemiştir. Takım çalışanlarının tüm zaman aralıklarında aynı performansı gösterdiği varsayımından yola çıkmıştır. Bu ihmal çalışmanın zayıf yönlerinden biridir. Mevcut literatürden farklı olarak 11 zaman aralığı baz alınmış ve tahmin performanslarını iyileştirme amacıyla bileşik makine öğrenme teknikleri kullanılmıştır.

### 3. METODOLOJİ

Bu çalışmada, yazılım mühendisliği bölümü öğrencilerinin oluşturduğu takımların başarısı tahmin edilmiş ve niteliklerin sonuçlar üzerindeki etkileri incelenmiştir. Takım çalışmalarının başarısının tahmin modelinin kurulumu aşamasında çeşitli algoritmalar denenmiş, ancak DSY (Doğru Sınıflandırma Yüzdesi) değeri dikkate alındığında, özellikle 2 algoritmanın diğer algoritmalarından yüksek oranda başarı elde ettiği gözlemlenmiştir. Denenen algoritmalarından en iyi değerleri veren ilk 6 yönteme ait DSY değerleri Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1. Sınanan algoritmalara ait DSY değerleri**

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
Rastgele Orman	70,31	68,92	63,31	61,91	66,22	68,92	71,62	68,92	68,92	66,22	60,81
Torbalama (Rastgele Orman)	71,88	71,62	64,87	66,67	66,22	70,27	71,62	70,27	71,62	59,48	64,87
Filtreli Sınıflandırıcı (J48)	73,44	78,38	60,81	71,43	62,16	75,67	60,81	81,08	75,68	66,22	63,513
Filtreli Sınıflandırıcı (Lojistik Model Ağacı)	70,31	78,38	63,31	71,43	51,35	75,03	63,51	81,08	74,32	65,57	50
Torbalama (BayesNet)	73,13	70,27	59,46	63,49	63,52	63,51	71,62	67,57	71,62	59,45	64,86
Torbalama (Destek Vektör Makineleri)	70,31	72,97	63,27	66,67	62,16	75,67	70,27	67,57	75,68	52,70	64,57

Tablo 1’de görüldüğü gibi en fazla zaman aralığında en iyi sonucu veren algoritma alt sınıflandırıcı olarak J48 algoritmasını kullanan Filtreli Sınıflandırıcı algoritmasıdır. Alt sınıflandırıcı olarak Rastgele Orman algoritmasını kullanan Torbalama Algoritması ise Filtreli Sınıflandırıcının iyi sonuç vermediği zaman aralıkları için tercih edilmiştir. İki algoritma içinde verinin eğitim ve test verisi olarak ayrılmasında 10 kat çapraz geçerlilik yöntemi kullanılmıştır. İlgili algoritmalar takımların başarı durumunun tahmini için veriyi uygulanmış ve algoritma sonuçları 11 zaman aralığı için değerlendirilmiştir. Her bir algoritmanın tahmin sonuçları farklı zaman aralıkları için iyi sonuçlar vermiştir.

#### 3.1. Veri Seti ve Problemin Tanıtımı

Veri, San Francisco Eyalet Üniversitesi’nde yazılım mühendisliği dersi alan öğrencilerden güz 2012-2015 dönemleri süresince toplanmıştır. Veri içerisinde 5-6 kişiden oluşan 74 takım bulunmaktadır. Her bir takım belirli zaman aralıklarında 84 nitelik ve 1 etiket değeri olmak üzere 85 nitelik dikkate alınarak gözlemlenmiştir. Nitelikler ve başarı durumları arasında bir bağlantı olup olmadığı irdelenmiştir. Veri içerisinde yer alan nitelikler dört grupta incelenmiştir. İlk grupta oluşturulan takımları tanımlayan takım üye sayısı, takımdaki kadın yüzdesi, takım liderlerinin cinsiyeti gibi nitelikler yer almaktadır. İkinci grup, takımların aktifliğini ölçmede kullanılan niteliklerden oluşmaktadır. Bu nitelikler takımların bir araya geldiği toplantı süreleri, toplantılarda sorulan sorulara verilen cevap sayıları, toplantılara katılan takım üye sayıları gibi niteliklere ait ortalama, toplam ve standart sapma gibi istatistiklerdir. Üçüncü grup, takımların aldığı danışmanlık hizmetleri ve dışarıya verdikleri danışmanlık hizmetleri ile ilgili niteliklere ait ortalama, toplam ve standart sapma gibi değerler yer almaktadır. Son grupta ise kodlama yapılmış ya da yapılmamış olarak geçirilen zamanların ortalaması, toplamı ve standart sapması gibi istatistik verilerden oluşmaktadır. Çalışmada, yazılım mühendisliğine ait takım çalışması değerlendirme verilerinden yararlanılmıştır (Petkovic vd., 2016).

#### 3.2. Bileşik Makine Öğrenme Teknikleri

Makine öğrenmesi, bilgisayarın mevcut veriden makinelerin öğrenebileceği algoritmalar üretmesi ile ilgilenen bir disiplindir. Bileşik makine öğrenmesi ise bireysel makine öğrenme tekniklerinin performanslarını iyileştirmek için mevcut algoritmaları bir arada kullanan birleştirici algoritmalar

oluşturmakla ilgilenir (Maimon ve Rokach, 2010). Bu çalışmada bileşik makine öğrenme tekniklerinden Filtreli Sınıflandırıcı ve Torbalama Algoritmaları kullanılmıştır. Kullanılan bileşik algoritmaların her ikisinin de içerisinde sınıflandırma algoritmaları olarak karar ağaçları çalıştırılmıştır. Karar ağaçları; sınıflandırılmamış örneklerle başa çıkabilecek güçlü bir genelleme yeteneğine sahip ve karar ağacı üretmek amacıyla veri setini ağaçtaki her dalda tanımlanan bir dizi test temelinde daha küçük alt bölümlere tekrar tekrar bölen bir sınıflandırma prosedürüdür (Friedl ve Brodley, 1997).

### 3.1.1. Filtreli Sınıflandırıcı Algoritması (Filtered Classifier Algorithm)

Filtreli Sınıflandırma algoritması meta sınıflandırıcılar arasında yer almaktadır. Algoritma içerisinde herhangi bir filtre ve bir sınıflandırma algoritması çalıştırmaktadır (Panda vd., 2010). Çalışmada kullanılan filtre kesikli; sınıflandırma algoritması ise J48 yöntemidir. Algoritmada kullanılan filtrenin yapısı sadece eğitim verilerine dayanmaktadır ve test örnekleri herhangi bir değişikliğe maruz kalmadan filtre tarafından işlenmektedir. Bu nedenle eğitim verileri daha sonra da faydalanılacak olan test verilerinden etkilenmezler (Klaylat vd., 2018). Bu nedenle modelin performansı daha objektif bir şekilde değerlendirilebilir.

### 3.1.2. Torbalama Algoritması (Bagging Algorithm)

Torbalama Algoritmasında aynı boyutlu birkaç eğitim verisi seçilir ve her veri kümesi için bir karar ağacı oluşturulur. Seçilen bir makine öğrenme tekniği kullanılır. Düşünülenin aksine her bir veri kümesi farklı bir tahmin değeri vermektedir (Witten vd., 2016). Her bir karar ağacının bir karar verici olduğunu varsayarsak, en çok tekrarlanan tahmin değeri nihai sonuç olarak seçilmektedir. Her bir karar verici eşit ağırlığa sahiptir (Izenman, 2013). Torbalama Algoritması varyansı azaltırken sapmada da gözle görülebilir bir artışa neden olmaktadır. Fakat algoritma karar ağaçlarına uygulandığında hem sapmayı hem de varyansı azaltmaktadır (Bauer ve Kohavi, 1999). Bu çalışmada Torbalama Algoritması karar ağacı algoritmalarından rastgele orman algoritmasına uygulanmıştır.

### 3.3. Alt Sınıflandırıcılar

Çalışmada kullanılan bileşik makine öğrenme yöntemleri karar ağacı algoritmaları üzerinde uygulanmıştır. Filtreli Sınıflandırma algoritması alt sınıflandırıcı olarak J48 algoritması ve Torbalama Algoritması ise alt sınıflandırıcı olarak rastgele orman algoritmasını kullanmıştır.

#### 3.3.1. J48 Algoritması (C4.5 Algoritması)

Ross Quinlan tarafından tasarlanan C4.5 algoritması ID3 algoritmasının üstesinden gelemediği problemlerin çözümü için ek özelliklerle donatılmış bir öğrenme algoritmasıdır. Karar ağacı oluşturulurken kullanılan C4.5 sınıflandırıcısı WEKA (Witten vd., 2016) yazılımında J48 algoritması ismiyle yer almaktadır (Salzberg 1994). J48 algoritmasındaki temel anlayış, verileri eğitim örneğinde bulunan öğelerin özellik değerlerini temel alarak aralıklara ayırmaktır. J48 karar ağaçlarından üretilen kurallar yoluyla sınıflandırma yapmaktadır (Tina R. Patil ve S. S. Sherekar, 2013).

#### 3.3.2. Rastgele Orman Algoritması (Random Forest Algorithm)

Rastgele orman algoritması ilk olarak Breiman tarafından ortaya atılmıştır (Breiman, 2001). Rastgele orman sınıflandırıcısı, eğitim aşamasında çoklu karar ağaçları kullanan ve kullandığı karar ağacı algoritmalarına ait tahminlerin ortalamasını veren bir öğrenme metodudur (Edla vd., 2018). Sınıflandırıcı rastgele miktarda ağaç ile ormanlar üretir. Her bir ağaçtan çıkan çıktılar çoğunluk oylama ile tek bir çıktıya indirgenir. En çok oy alan ya da tekrarlanan çıktı dikkate alınır.

### 3.4. Veri Setinin Eğitilmesi ve Test Edilmesi

Modelin eğitilmesi ve test edilmesi için mevcut veri eğitim ve test verisi olmak üzere iki veri setine ayrılmıştır. Veri setlerinin elde edilmesinde çapraz geçerlilik yöntemi kullanılmıştır. Çapraz geçerlilik yöntemi, her çevrimde n veri alır ve n veri içerisindeki n-1 gözlemi eğitim seti olarak çapraz bir şekilde seçer. Bu süreç her bir gözlem ele alınmaya kadar devam eder (Fernandez, 2010).

### 3.5. Algoritmalarının Etkinliklerinin Değerlendirilmesi

Algoritmaların tahmin modellerinin etkinliklerinin ölçülmesinde çeşitli performans ölçütleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan performans ölçütleri; Doğru Sınıflandırma Yüzdesi (DSY), Kesinlik, Ortalama Mutlak Hata (OMH) ve Ortalama Hata Kareleri Kökü (OHKK)'dür.

**DSY;** Doğru sınıflandırılmış gözlem değerlerinin toplamının (Doğru sınıflandırılmış pozitif örnekler (DP) ile Doğru sınıflandırılmış negatif örneklerin (DN) sayısının toplamı) toplam örnek sayısına (DP, DN, yanlış sınıflandırılmış negatif örnekler (YN), yanlış sınıflandırılmış pozitif örneklerin (YP) sayısının toplamıdır.) oranıdır.

$$DSY = \frac{DP+DN}{DP+YP+DN+YN} \quad (1)$$

**Kesinlik;** Doğru sınıflandırılmış pozitif örnek sayılarının, doğru sınıflandırılmış negatif ve pozitif örnek sayılarının toplamına oranıdır.

$$Kesinlik = \frac{DP}{DP+YP} \quad (2)$$

**OMH;** Gerçek değerlerden ( $b_n$ ) tahmin değerlerinin ( $a_n$ ) çıkartılarak mutlak değerlerinin toplamının alınması ve toplam değerinden toplam gözlem sayısına ( $n$ ) bölünmesiyle elde edilen değerdir.

$$OMH = \frac{|b_1 - a_1| + \dots + |b_n - a_n|}{n} \quad (3)$$

**OHKK;** Gerçek değerlerden tahmin değerlerinin çıkartılarak karelerinin ortalamasının karekökünü alınmasıyla elde edilen değerdir.

$$OHKK = \sqrt{\frac{(b_1 - a_1)^2 + \dots + (b_n - a_n)^2}{n}} \quad (4)$$

#### 4. UYGULAMA

San Francisco Eyalet Üniversitesi'nde yazılım mühendisliği öğrencilerinden edilen veriler kullanılarak bir takımın başarılı olup olmayacağını öngörülmesi için kurulacak olan modelde iki bileşik makine öğrenme tekniği kullanılmıştır. Filtreli Sınıflandırıcı içerisinde J48 algoritması ve Torbalama Algoritması içerisinde rastgele orman algoritması çalıştırılmıştır. Her bir algoritma için 10 kat çapraz geçerlilik yöntemi kullanılmıştır. Öğrenci takımlarına ait 11 zaman aralığı gözlem değerleri için tahmin modelleri oluşturulmuş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Algoritmaların her biri WEKA (Witten vd., 2016) yazılımında çalıştırılmıştır. Algoritmaların tahmin modellerinin başarısını ölçmede çeşitli performans ölçütleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan performans ölçütleri; DSY, Kesinlik, OMH, OHKK'ya ait değerler Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 2. Sınıflandırıcılara ait performans değerleri**

Sınıflandırıcılar	Filtreli Sınıflandırıcı (J48)		Torbalama (Rastgele Orman)	
	Kesinlik	DSY	Kesinlik	DSY
T1	0,7180	73,4375	0,6970	71,8750
T2	0,7250	78,3784	0,7790	71,6216
T3	0,4850	60,8108	0,6120	64,8649
T4	0,5100	71,4286	0,5000	66,6670
T5	0,4290	62,1622	0,6280	66,2162
T6	0,7500	75,6757	0,6860	70,2703
T7	0,5720	60,8108	0,7060	71,6216
T8	0,8080	81,0811	0,6860	70,2703
T9	0,7590	75,6757	0,7060	71,6216
T10	0,620	66,2162	0,5500	59,4800
T11	0,5510	63,5130	0,6180	64,8649

Tablo 2'de görülen Filtreli Sınıflandırıcının, kesinlik değerleri üzerinde en iyi sonuçları verdiği zaman aralıkları; T1, T4, T6, T8, T9 ve T10; DSY değerleri üzerinde en iyi sonuçları verdiği zaman aralıkları ise, T1, T2, T4, T6, T8, T9 ve T10'dur. Torbalama Algoritmasının, kesinlik değerleri üzerinde en iyi sonuçları verdiği zaman aralıkları, T2, T3, T5, T7 ve T11; DSY değerleri üzerinde en iyi sonuçları verdiği zaman aralıkları ise, T3, T5, T7, T11'dir.

Tablo 3'de OMH ve OHKK değerleri iki bileşik makine öğrenme algoritması için de verilmiştir. Filtreli Sınıflandırıcının, OMH değerleri üzerinde en iyi sonuçları verdiği zaman aralıkları; T1, T4, T8, T9 ve T10; OHKK değerleri üzerinde en iyi sonuçları verdiği zaman aralıkları ise, T4, T6, T8, T9'dur. Torbalama Algoritmasının, OMH değerleri üzerinde en iyi sonuçları verdiği zaman aralıkları, T2, T3, T5, T6, T7 ve T11; OHKK değerleri üzerinde en iyi sonuçları verdiği zaman aralıkları ise, T1, T2, T3, T5, T7, T10 ve T11'dir.

**Tablo 3. Sınıflandırıcılara ait hata değerleri**

Sınıflandırıcılar	Filtreli Sınıflandırıcı (J48)		Torbalama (Rastgele Orman)	
	OMH	OHKK	OMH	OHKK
T1	0,3631	0,4651	0,3826	0,4530
T2	0,4160	0,4613	0,3213	0,4130

T3	0,4597	0,4948	0,4307	0,4737
T4	0,4090	0,4527	0,4210	0,4797
T5	0,4607	0,5140	0,4330	0,4800
T6	0,4342	0,3343	0,3943	0,4422
T7	0,4455	0,5318	0,4160	0,4640
T8	0,2827	0,4119	0,4099	0,4563
T9	0,3450	0,4523	0,4086	0,4540
T10	0,4218	0,5153	0,4399	0,4901
T11	0,4372	0,5042	0,4341	0,4782

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, San Francisco Eyalet Üniversitesi'nde yazılım mühendisliği öğrencilerinin bitirme projeleri için oluşturduğu takımlarının başarısının tahmini için bileşik makine öğrenme teknikleri kullanılmıştır. Veri, dersi güz 2012-2015 dönemleri arasında alan öğrencilerin oluşturduğu 5-6 kişilik 74 takımdan elde edilmiştir. Her takımdan 11 zaman aralığı için toplanan verilerden yararlanılmıştır. Modelin oluşturulmasında 84 nitelik ve 1 etiket değeri kullanılmıştır. Her bir zaman aralığı için oluşturulan tahmin modeli üzerinde etki eden nitelikler farklılık gösterdiğinden, tüm zaman aralıklarında tek bir algoritmanın da en iyi sonucu vermesi mümkün olmayabilir. Bu nedenle çalışmada zaman aralıklarının her biri için en iyi performans değerini veren algoritmalar kullanılmıştır. Kullanılan algoritmalar Filtreli Sınıflandırma ve Torbalama Algoritmasıdır. Filtreli Sınıflandırma algoritması içerisinde J48, Torbalama Algoritması ise içerisinde rastgele orman algoritmasını çalıştırmışlardır. Önerilen algoritmalar için 10 kat çapraz geçerlilik yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan algoritmalar; DSY, Kesinlik, OMH ve OHKK performans göstergeleri için değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçları aşağıda verilmiştir: Hata değerleri, kesinlik ve DSY değerleri için Filtreli Sınıflandırma algoritması T4, T8 ve T9 zaman aralıkları için; Torbalama Algoritması ise T3, T5, T7 ve T11 zaman aralıkları için en iyi sonuçları vermiştir. Torbalama Algoritması DSY performans ölçütü dışında kalan tüm ölçütler için T2 zaman aralığında, Filtreli Sınıflandırma algoritması OMH performans ölçütü dışında kalan tüm ölçütler için T6 zaman aralığında, OHKK performans ölçütü dışında kalan tüm ölçütler için T10 zaman aralığında, OHKK performans ölçütü dışında kalan tüm ölçütler için T1 zaman aralığında en iyi performans değerlerini vermiştir. Literatürde, takım çalışması alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde bileşik makine öğrenme tekniklerini uygulayan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu alanda bireysel makine öğrenme tekniklerini kullanan çalışma sayısı da oldukça azdır. Bunlardan bir tanesi olan Petkovic vd., (2016) çalışmasında takımların performanslarını tek bir zaman aralığını baz alarak incelemiştir. Ancak takım çalışanlarının tüm zaman aralıklarında aynı performansı göstermeleri mümkün değildir. Bu nedenle çalışma gerçekliği yansıtmada yetersiz kalmıştır. Önerilen çalışmada ise, hem gerçekliği yansıtabilmek için zaman aralıkları hem de tahmin performanslarını iyileştirmek için bileşik makine öğrenme teknikleri kullanılmıştır. Çalışmanın çıktıları incelendiğinde bileşik makine öğrenme teknikleri bireysel makine öğrenme tekniklerine kıyasla performans göstergeleri üzerinde nicel olarak daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu sonuçlar dikkate alındığında her bir performans değeri üzerinde farklı algoritmaların daha iyi değerler verdiği gözlemlenmiştir. İleriki çalışmalarda kesin bir algoritma seçimi için performans göstergelerini tek bir değere indirgeyecek çalışmalar yapılabilir.

## KAYNAKÇA

- Ataman, Göksel. 2002. "Takım Çalışması: Mobil İletişim Sektöründe Bir Örnek Olay İncelemesi", Kasım. <http://acikerisim.iku.edu.tr/handle/11413/225>.
- Bauer, Eric, ve Ron Kohavi. 1999. "An Empirical Comparison of Voting Classification Algorithms: Bagging, Boosting, and Variants". *Machine Learning* 36 (1-2): 105-39. <https://doi.org/10.1023/A:1007515423169>.
- Behoora, Ishan, ve Conrad S. Tucker. 2015. "Machine learning classification of design team members' body language patterns for real time emotional state detection". *Design Studies* 39 (Temmuz): 100-127. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2015.04.003>.
- Borrego, Maura, Jennifer Karlin, Lisa D. McNair, ve Kacey Beddoes. 2013. "Team Effectiveness Theory from Industrial and Organizational Psychology Applied to Engineering Student Project Teams: A

- Research Review”. *Journal of Engineering Education* 102 (4): 472–512. <https://doi.org/10.1002/jee.20023>.
- Bravo, Rafael, Laura Lucia-Palacios, ve Maria J. Martin. 2016. “Processes and outcomes in student teamwork. An empirical study in a marketing subject”. *Studies in Higher Education* 41 (2): 302–20. <https://doi.org/10.1080/03075079.2014.926319>.
- Breiman, Leo. 2001. “Random Forests”. *Machine Learning* 45 (1): 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>.
- Budimac, Zoran, Zoran Putnik, Mirjana Ivanović, Klaus Bothe, ve Kay Schuetzler. 2011. “On the Assessment and Self-Assessment in a Students Teamwork Based Course on Software Engineering”. *Computer Applications in Engineering Education* 19 (1): 1–9. <https://doi.org/10.1002/cae.20249>.
- Chen, Kunlong, Jiuchun Jiang, Fangdan Zheng, ve Kunjin Chen. 2018. “A novel data-driven approach for residential electricity consumption prediction based on ensemble learning”. *Energy* 150 (Mayıs): 49–60. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.02.028>.
- Choi, Hyunchul, Hyojoo Son, ve Changwan Kim. 2018. “Predicting financial distress of contractors in the construction industry using ensemble learning”. *Expert Systems with Applications* 110 (Kasım): 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.05.026>.
- David Baker, Rachel Day, ve Eduardo Salas. 2006. “Teamwork as an Essential Component of High-Reliability Organizations”. *Health Research and Educational Trust, Haziran*. <https://doi.org/10.1111/j.1475-6773.2006.00566.x>.
- Demirci, M. Kemal, Kazım Develioğlu, ve Hayrettin Özler ve Sebahattin Özenli. 2014. “Örgütsel Kültür ve Takım Çalışması Uygulamaları Arasındaki İlişki: Ampirik Bir Çalışma”. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 7 (2). <http://dergipark.gov.tr/ogusbd/131512>.
- Derya Ergun Özler, ve Emrah Koparan. 2006. “Akademik Bakış - Hakemli Sosyal Bilimler e - Dergisi”. *Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler E-Dergisi, sayı 8 (Ocak): 29*. <https://www.akademikbakis.org/eskisite/pdfs/8/5.htm>.
- Edla, Damodar Reddy, Kunal Mangalorekar, Gauri Dhavalikar, ve Shubham Dodia. 2018. “Classification of EEG data for human mental state analysis using Random Forest Classifier”. *Procedia Computer Science, International Conference on Computational Intelligence and Data Science, 132 (Ocak): 1523–32*. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.116>.
- Feng, Xiaodong, Zhi Xiao, Bo Zhong, Jing Qiu, ve Yuanxiang Dong. 2018. “Dynamic Ensemble Classification for Credit Scoring Using Soft Probability”. *Appl. Soft Comput.* 65 (C): 139–151. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.01.021>.
- Fernandez, George. 2010. *Statistical Data Mining Using SAS Applications*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/EBK1439810750>.
- Friedl, M. A., ve C. E. Brodley. 1997. “Decision tree classification of land cover from remotely sensed data”. *Remote Sensing of Environment* 61 (3): 399–409. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(97\)00049-7](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(97)00049-7).
- Güçlü, Nezahat, ve Veysel Okçu. 2015. “İlköğretim Öğretmenlerinin Etkili Takım Çalışmasına İlişkin Algıları İle Örgütsel Bağlılıkları Arasındaki İlişki”. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* 12 (1): 49–69. <http://dergipark.gov.tr/yyuefd/272572>.
- Heinermann, Justin, ve Oliver Kramer. 2016. “Machine learning ensembles for wind power prediction”. *Renewable Energy* 89 (Nisan): 671–79. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.11.073>.
- Ilhan, Ahmet, ve Ercan Ince. 2015. “TAKIM ÇALIŞMASI VE TAKIM ETKİNLİĞİNİ BELİRLEYEN FAKTÖRLERİN ÖLÇÜLMESİ: GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİNDE BİR UYGULAMA”. *KSU İİBF Dergisi* 5 (Ocak): 127–52.
- İnce, Mehmet, Aykut Bedük, ve Enver Aydoğan. 2004. “ÖRGÜTLERDE TAKIM ÇALIŞMASINA YÖNELİK ETKİN LİDERLİK NİTELİKLERİ”. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 0 (11): 423–46. <http://dergisosyalbil.selcuk.edu.tr/susbed/article/view/741>.
- Izenman, Alan Julian. 2013. “Committee Machines”. *İçinde Modern Multivariate Statistical Techniques, 505–50*. Springer Texts in Statistics. Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-78189-1\\_14](https://doi.org/10.1007/978-0-387-78189-1_14).
- Klaylat, Samira, Ziad Osman, Lama Hamandi, ve Rached Zantout. 2018. “Emotion Recognition in Arabic Speech”. *Analog Integrated Circuits and Signal Processing* 96 (2): 337–51. <https://doi.org/10.1007/s10470-018-1142-4>.
- Kourou, Konstantina, Themis P. Exarchos, Konstantinos P. Exarchos, Michalis V. Karamouzis, ve Dimitrios I. Fotiadis. 2015. “Machine learning applications in cancer prognosis and prediction”. *Computational and Structural Biotechnology Journal* 13 (Ocak): 8–17. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2014.11.005>.

- Kruk, M., S. Osowski, ve R. Koktysz. 2009. “Recognition and classification of colon cells applying the ensemble of classifiers”. *Computers in Biology and Medicine* 39 (2): 156–65. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2008.12.001>.
- Liu, Yi, Chao Yang, Zengliang Gao, ve Yuan Yao. 2018. “Ensemble deep kernel learning with application to quality prediction in industrial polymerization processes”. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 174 (Mart): 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2018.01.008>.
- Lu, Wei, Zhe Li, ve Jinghui Chu. 2017. “A novel computer-aided diagnosis system for breast MRI based on feature selection and ensemble learning”. *Computers in Biology and Medicine* 83 (Nisan): 157–65. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2017.03.002>.
- Maimon, Oded, ve Lior Rokach, ed. 2010. *Data Mining and Knowledge Discovery Handbook*. 2. baskı. Springer US. [www.springer.com/gp/book/9780387098227](http://www.springer.com/gp/book/9780387098227).
- Mandal, Indrajit. 2015. “Developing new machine learning ensembles for quality spine diagnosis”. *Knowledge-Based Systems* 73 (Ocak): 298–310. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2014.10.012>.
- Menden, Michael P., Francesco Iorio, Mathew Garnett, Ultan McDermott, Cyril H. Benes, Pedro J. Ballester, ve Julio Saez-Rodriguez. 2013. “Machine Learning Prediction of Cancer Cell Sensitivity to Drugs Based on Genomic and Chemical Properties”. *PLOS ONE* 8 (4): e61318. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061318>.
- Özçift, Akin. 2011. “Random forests ensemble classifier trained with data resampling strategy to improve cardiac arrhythmia diagnosis”. *Computers in Biology and Medicine* 41 (5): 265–71. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2011.03.001>.
- Panda, M., A. Abraham, ve M. R. Patra. 2010. “Discriminative multinomial Naïve Bayes for network intrusion detection”. İçinde 2010 Sixth International Conference on Information Assurance and Security, 5–10. <https://doi.org/10.1109/ISIAS.2010.5604193>.
- Peng, Yonghong. 2006. “A novel ensemble machine learning for robust microarray data classification”. *Computers in Biology and Medicine* 36 (6): 553–73. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2005.04.001>.
- Petkovic, D., M. Sosnick-Pérez, S. Huang, R. Todtenhoefer, K. Okada, S. Arora, R. Sreenivasen, L. Flores, ve S. Dubey. 2014. “SETAP: Software engineering teamwork assessment and prediction using machine learning”. İçinde 2014 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) Proceedings, 1–8. <https://doi.org/10.1109/FIE.2014.7044199>.
- Petkovic, D., M. Sosnick-Pérez, K. Okada, R. Todtenhoefer, Shihong Huang, N. Miglani, ve A. Vigil. 2016. “Using the random forest classifier to assess and predict student learning of Software Engineering Teamwork”. İçinde 2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), 1–7. <https://doi.org/10.1109/FIE.2016.7757406>.
- Salas, Eduardo, Nancy J. Cooke, ve Michael A. Rosen. 2008. “On Teams, Teamwork, and Team Performance: Discoveries and Developments”. *Human Factors* 50 (3): 540–47. <https://doi.org/10.1518/001872008X288457>.
- Salzberg, Steven L. 1994. “C4.5: Programs for Machine Learning by J. Ross Quinlan. Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1993”. *Machine Learning* 16 (3): 235–40. <https://doi.org/10.1007/BF00993309>.
- Tang, Ling, Yao Wu, ve Lean Yu. 2018. “A randomized-algorithm-based decomposition-ensemble learning methodology for energy price forecasting”. *Energy* 157 (Ağustos): 526–38. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.05.146>.
- Thomas, Philippe, Hind Bril El Haouzi, Marie-Christine Suhner, André Thomas, Emmanuel Zimmermann, ve Mélanie Noyel. 2018. “Using a classifier ensemble for proactive quality monitoring and control: The impact of the choice of classifiers types, selection criterion, and fusion process”. *Computers in Industry* 99 (Ağustos): 193–204. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.03.038>.
- Tina R. Patil, ve S. S. Sherekar. 2013. “Performance Analysis of Naive Bayes and J48 Classification Algorithm for Data Classification”. *International Journal Of Computer Science And Applications* 6 (2): 256–61. <http://keddiyan.com/files/AHCI/week2/9.pdf>.
- Töremen, Fatih, ve Mehmet Karakuş. 2007. “Okullarda Sinerjinin Engelleri: Takım Çalışması Üzerine Nitel Bir Araştırma”. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri / Educational Sciences: Theory & Practice* 7 (1): 617–45. <http://oldsite.estp.com.tr/tr/makale.asp?ID=285&act=detay>.
- Wang, Gang, Jinxing Hao, Jian Ma, ve Hongbing Jiang. 2011. “A comparative assessment of ensemble learning for credit scoring”. *Expert Systems with Applications* 38 (1): 223–30. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.06.048>.
- Witten, Ian H., Eibe Frank, Mark A. Hall, ve Christopher J. Pal. 2016. *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*. Morgan Kaufmann.

- Yang, Yang, Jingyin Tang, Hao Luo, ve Rob Law. 2015. “Hotel location evaluation: A combination of machine learning tools and web GIS”. *International Journal of Hospitality Management* 47 (Mayıs): 14–24. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2015.02.008>.
- Yu, Lean, Rongtian Zhou, Ling Tang, ve Rongda Chen. 2018. “A DBN-based resampling SVM ensemble learning paradigm for credit classification with imbalanced data”. *Applied Soft Computing* 69 (Ağustos): 192–202. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.04.049>.
- Zhao, Zhongliang, Mostafa Karimzadeh, Florian Gerber, ve Torsten Braun. 2018. “Mobile crowd location prediction with hybrid features using ensemble learning”. *Future Generation Computer Systems*, Haziran. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.06.025>.

## KAMU SEKTÖRÜNDE BÜTÜNLEŞİK PROJE YÖNETİMİ UYGULAMALARININ İNCELEMESİ

Muhammet Ali Erduran  
KAİD Eğitim ve  
Danışmanlık

Gizem Bulu  
KAİD Eğitim ve  
Danışmanlık

Begüm Ferhan Orhan  
KAİD Eğitim ve  
Danışmanlık

### ÖZET

Teknolojinin gelişmesi ve çalışma hacminin büyümesiyle birlikte kamu ve özel sektörde proje yönetiminin aynı standartta gelişmediği ve kamu kurumlarının süreci geriden takip ettiği Türkiye şartlarında, bir kamu kurumu dönüşümü nasıl sağlanmalıdır konusu önem kazanmaktadır. Çalışma kapsamında kamu kurumlarında gerçekleştirilen proje yönetim metodolojisi geliştirme ve uygulama faaliyetleri, getirileri ile birlikte ele alınmıştır. Proje yönetiminin sektörde uygulanma pratiği, bu süreçleri kapsayıcı program yönetiminin kuruma sağladığı fayda ve portföy yönetiminin stratejik hedeflerle uyumunun getirdiği ve geliştirdiği başarılar çalışmada değinilen temel konulardır. Projelerin başlangıç aşamasından kapanış aşamasına kadar olan uçtan uca süreçlerin izlenebilirliği, takip edilebilirliği ve raporlanabilirliğinin kurum başarısını doğrudan etkilediği görülmüştür.

**Anahtar Sözcükler:** *Portföy Yönetimi, Program Yönetimi, Proje Yönetimi*

### EXAMINATION OF INTEGRATED PROJECT MANAGEMENT PRACTICES IN PUBLIC SECTOR

### ABSTRACT

With the technological development and increasing working value, project management is not improve for public and private institutions in the same standard and public institutions has followed the process by behind in the conditions of Turkey, how should be provide the public institution transformation subject is gaining importance. Within the scope of the study, the project governance methodology development and implementation activities carried out in public institutions were taken together with the deliverables. The practice of project management in the sector, the benefits provided by the inclusive program management to these processes, and the achievements and improvements that portfolio management has brought to achieve by aligning with strategic objectives are the fundamental issues addressed in the study. Monitorability, traceability and reportability of the end-to-end processes from the initial stage of the project to the closing stage were found to directly influence the success of the organization.

**Keywords:** *Portfolio Management, Program Management, Project Management*



## 1. AMAÇ

Kamu Sektöründe Bütünleşik Proje Yönetimi Uygulamalarının İncelenmesi çalışması, proje, program ve portföy yönetiminin, organizasyonlarda stratejik amaç ve hedeflerin belirlenmesiyle başlayan ve projelerin kuruma sağladığı fayda ve kazançların takibine kadar olan süreçte, hangi aşamalarla nasıl uygulandığını, geliştirildiğini ve faydalarının neler olduğunu incelemeyi amaçlamıştır.

## 2. GİRİŞ

Organizasyonların teknolojik gelişmelere uyum sağlamak, taleplere karşılık verebilmek, prestiji arttırmak, rakip ilişkilerini düzenlemek gibi hedeflerle gerçekleştirdikleri projelerin ve proje çalışmalarının, belirli bir metodolojiye uygun olarak kurumsal stratejik dönüşümü ve teknoloji yönetiminin sağlanması temel yapıtaşlarıdır. Proje özgün bir ürün, hizmet ya da sonuç ortaya çıkarmak için yürütülen geçici bir girişimdir (PMI PMBOK, 2013). Bu girişim başka bir ögenin bileşeni olan ya da tek başına nihai bir öge teşkil eden bir ürünü, hizmet sürecine katkı sağlayan bir hizmeti, var olan bir üründe ya da servis hattında gerçekleştirilen iyileştirmeyi, bir sonucu ya da belgeyi elde etmek amacıyla gerçekleştirilen çalışmaları kapsamaktadır.

Yönetim ise başarının sürdürülmesi ve verimliliğin artırılması için her geçen gün biraz daha önemli hale gelmektedir. Çoğu kurum ve kuruluş sunduğu hizmet seviyesini ve paydaşların memnuniyetini mümkün olan en yüksek noktaya taşımak için rekabet etmektedir. Bu gibi amaçlara yönelik ögelerin bir araya gelmesi ve düzenli ilişki oluşturmaları sistem olarak adlandırılır. Bu yaklaşım, sistem ve alt sistemlerin uyumlu bir şekilde çalışmalarını sağlar. Tanımdan hareketle, kurum ve kuruluşlar bir sistem, ulaşmak istenen hizmet seviyesi ve müşteri memnuniyeti ise bu sistemin ortak amacı olarak nitelendirilebilir. Böyle bir rekabet ortamında amacına ulaşmak isteyen sistem ya da sistem parçaları bir projeye dolayısıyla bir proje yönetimine ihtiyaç duyar. Proje yönetimi, projelerden beklenen faydaları başarıyla sağlamak için gerekli olan görünürlüğü ve kontrolü sağlar.

Makalenin bundan sonraki ilk bölümünde organizasyonların mevcut durumu, yapılan benzer çalışmalar, proje yönetimi metodolojisinin kamu sektöründe uygulanma aşaması ve pratikte yapılan aktiviteler anlatılarak çalışmaların sağladığı faydalar ele alınmıştır. Birlikte yürütülerek daha fazla fayda elde edilmesini sağlayan projelerin gruplandığı program yönetiminin faydaları ‘Program Yönetimi ve Kurumsal Fayda’ başlığı altında ikinci bölümde anlatılmıştır. Üçüncü bölüm olan ‘Portföy Yönetimi ve Stratejik Hedef’ ise organizasyonların stratejik planları içerisinde yer alan hedefler çerçevesinde proje, proje grupları, alt projeler, program, program gruplarının uyumlu bir şekilde yönetilmesinin örgütsel başarıya etkisi incelenmiştir.

## 3. PROJE YÖNETİMİ VE KAMU SEKTÖRÜNDE PRATİĞİ

Küreselleşen dünya standartlarında ekonomik fayda sağlamak, sağlanan faydayı takip edebilmek, izleyebilmek ve raporlayabilmek için özel sektörde kendine uzun zamandır yer bulan proje yönetimi, kamusal birimlerin de ülkeye sağlayacağı katma değer için önem kazanması üzerine kamusal alanda da aktif şekilde kendini göstermeye başlamıştır. Peki, kamu kurumları proje yönetiminin önemini nasıl anladılar ve kendilerine nasıl uyarladılar? Bu aşamada kamu kurumları aslında neye ihtiyaçları olduğunu tespit etmek, çözüm planı geliştirmek ve onu uygulamak amacıyla çalışmalara başlamıştır. Bu silsile içerisinde en önemli nokta sorunu doğru tespit edebilmektir. Proje yönetimi ihtiyacının ne şekilde giderilmesi gerektiği, dünya genelinde kullanılan standartların nasıl uyarlanacağı konuları sorunun doğru şekilde tespit edilmesiyle ortaya konulabilecek unsurlardır. İhtiyacı doğru belirleyememek istenen sonuca ve faydaya ulaşmak yerine kurum ve kuruluşları başarıdan bir adım daha uzaklaştırabilmektedir. Proje, program ve portföy yönetimini ele alacağımız bu makalede, çerçevemiz proje ve portföy yönetim sistemlerinin kurumlara uygulanış aşamalarını içermektedir. Bu kapsamda makalede bahsedeceğimiz X kurumu bir kamu kurumunu temsil ederken, Y kurumu da bir kamu iktisadi teşebbüsünü temsil etmektedir. X ve Y kurumlarının iyileştirmeye açık alanlarının ve kuvvetli yönlerinin belirlenerek tespit edilmesi, tespit edilen iyileştirmeye açık alanların önceliklendirilmesi ve bu doğrultuda hazırlanacak eylem planları ile yönetim yaklaşımlarının oluşturulması amacıyla “Proje Yönetim Modelinin Kurulması” projesi gerçekleştirilmiştir. Bu projeden hareketle kamu

kurumlarında proje yönetiminin sağlayacağı faydalar X ve Y kurumları üzerinden örneklendirilmiştir. Bu kurumlarda ulaşılması planlanan hedefler şunlardır:

- Kurumsal gelişmeye katkıda bulunulması,
- Şirketin kaynaklarının daha verimli kullanılması ve uluslararası standartlarda sürdürülebilir bir proje yönetim sisteminin oluşturulması,
- X ve Y kurumunda uygulanacak proje yönetim sistemi ve süreçlerinin tasarımı ve yaygınlaştırılması,
- X kurumunda yürütülen/yürütülecek projelerin planlı, kontrollü ve izlenebilir olmasının sağlanması,
- Projelerin fizibilitelelerinin ve planlamaları ile kontrollerinin belirlenecek metodolojiye göre yapılması,
- Projelerin en kısa sürede, en az maliyetle ve en yüksek kalitede bitirilmesi,
- Gruplar arası etkinliklerde koordinasyonun artırılması, projelerde paydaş yönetiminin sağlanması, çalışanların hedefe odaklı çalışması,
- Projelerde gereksiz ve tekrar eden fonksiyonların elenmesi,
- Proje uzmanlığının merkezileştirilip kurumsallaştırılması ile Proje Yönetim Sistemi hakkında kurum çalışanlarının bilinç düzeyinin artırılması,
- Şirketin hedefleri, iç işleyişi ve kültürüne uygun “X Kurumu Proje Yönetimi Prosedürü ve Y Kurumu Proje Yönetimi Prosedürü”nün hazırlanması,
- Şirketin tüm birimlerince yürütülecek proje çalışmalarının başarılı bir şekilde yönetilmesi ve yönetim kademelerinin çalışmaları etkin izleyebileceği periyodik durum raporlamalarının alınabileceği etkin bir sistemin oluşturulması,
- İş tamamlanma sürelerinde ve maliyetlerinde düşüşün sağlanması,
- Kalite artışı yanında proje ile ilgili durumların, bütçe, kapsam, zaman yönetiminin sağlanması ve risklerin erken fark edilmesi, elde edilen bilginin gelecekteki projelerde tekrar kullanılabilmesi, proje tahminlerinin kesinleşmesi, proje yönetiminin daha iyi kavranması, kaynak yönetiminin gelişmesi ve yeni projelere daha hızlı başlanabilmesi.

X ve Y kurumlarında gerçekleştirilen proje çerçevesinde hazırlanan ön analiz ve analiz raporlarında kurum içerisinde tespit edilen sorunlar belirlenmiştir. Proje kapsamına bu sorunların çözüm önerileri ve çözümün sağlayacağı faydalar da dâhildir. X ve Y kurumlarında tespit edilen problemler birbirine benzer olup, başlıca kurumsal altyapının oluşturulamaması, proje çalışmalarındaki belirsizlik ve koordinasyon eksikliği, personel sayısının ve niteliğinin eksikliği, proje çalışmalarının ve sonuçlarının takip edilememesi, kurumsal hafıza, iletişim yönetimi eksikliği ve sürdürülebilir gelişim yönetimi eksikliği ilk aşamada gözlemlenmiştir. Bu proje kapsamında belirlenen problemlerin çözülmesi ile elde edilen faydalar problem detayları ile birlikte aşağıda anlatılmıştır.

Kurumsal altyapının oluşturulamaması problemi çözüme kavuşturulduğunda X kurumu birimlerinin görev ve sorumluluklarının netleştirilmesiyle, personel yetki ve kariyer yollarının belirlenmesiyle, tüm birim süreç ve hedeflerinin netleştirilmesiyle ve birim çalışmalarının etkin takibinin sağlanmasıyla X kurumu çalışanlarının daha etkin ve verimli olabileceği bir çalışma ortamı elde edilecektir. Bu değişimin sağlayacağı fayda, personel ve işletme giderlerinin azalması, verimin artması, işlerin hızının ve kalitesinin artması ve kurumsallığın gelişmesi olarak değerlendirilmektedir. X kurumundaki proje çalışmalarında tespit edilen belirsizlik ve koordinasyon eksikliği sorunu incelendiğinde birimlerin proje ismini verdiği çalışmalarda projenin adının, sahibinin, ekibinin ve güncel durumunun bilinmediği anlaşılmıştır. Projelerde sorumlulukları ve planlama anlamında yapılacakları içeren metodolojilerin kullanılması gerektiği düşünülmektedir. Bu değişimin sağlayabileceği fayda, projelerin başarılı olmasının sağlanması, projelerde çalışmaların zamanında ve tam olarak tamamlanması ve proje çalışmalarının hedefleri karşılaması olarak değerlendirilmektedir.

Y kurumunda proje yönetimi sistemine ihtiyaç duyulmasının temel nedenlerinden biri, birimler arası koordinasyonun sağlanamaması ve bu sebeple proje çalışmalarında başarının hedeflenenden daha düşük seviyelerde olmasıdır. Birimler arası iletişim eksikliği, koordinasyon güclüğü, proje sahipliğinin tam

anlamıyla sağlanamaması ve görev çakışmalarının yaşanması proje çalışmalarının etkililiğini düşürmektedir. Proje başlangıç nedenlerinin stratejik plan ve hedeflere göre ayarlanamaması, kurumsal faydanın göz ardı edilmesi, kurumsal misyonun engeller oluşturması gibi unsurlar proje çalışmalarının belirli bir sisteme uygun yapılmasına karşı engel oluşturmaktadır.

Personel sayısının ve niteliğinin eksikliği sorunu gözlemlendiğinden birimlere verilen görev ve sorumluluklar karşısında birimlerde görevli personel sayısında ve birim görevlerine uygun nitelikli personel sayısında eksiklikler olduğu görülmüştür. Gerekli nitelikli personelin istihdam edilmesi ve personelin gerekli nitelikte yetiştirilmesi ile sağlanacak değişimin sağlayabileceği fayda, atıl insan kaynağının önlenmesi, yürütülecek çalışmaların kısa sürede tamamlanması ve personel eksikliğinden kaynaklanan sorunların giderilmesi olarak değerlendirilmektedir. Proje çalışmalarının ve sonuçlarının takip edilememesi X kurumunda yapılacak projelerin fizibilitelelerinin yapılarak gerekçelerinin analiz edilmemesi ve yürütülen çalışmaların takibinin yapılamayarak sonuca ve sürece gerekli müdahalelerin yapılamadığı yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir. Projelerin talep aşamasında fizibilite çalışmaları ile gerekçelendirilip proje yönetim aşamasında uygulanacak metodoloji ile etkin takip edilmesinin sağlanacağı düşünülmektedir. Bu değişimin sağlayabileceği fayda, proje çalışmalarının hedeflenen sonuçlara uygun olarak gerçekleşmesi olarak değerlendirilmektedir. Kurumsal Hafıza, İletişim Yönetimi Eksikliği ve Sürdürülebilir Gelişim Yönetimi Eksikliği X ve Y kurumu birimleri arasında tanımlı iletişim süreçleri ve iletişimi sağlayacak ve güçlendirecek bilgi sistemleri altyapısının yetersizliği sebebiyle birimler arası koordinasyonu olumsuz etkileyebilecek iletişim ve kurumsal hafıza eksikliği olduğu değerlendirilmektedir. Proje süreçlerinde sağlanacak iletişim yönetimi ve kurumsal hafıza yönetimi ile gerekli iletişim ve bilgi birikimi oluşturma ve kullanma süreçlerinin yapılandırılacağı düşünülmektedir. Bu değişimin sağlayabileceği fayda, işlerin sorunsuz ve hızlı ilerlemesi ve sürdürülebilir bir şekilde geçmiş bilgilerin kullanılarak çalışmaların iyileştirilerek geliştirilmesi olarak değerlendirilmektedir.

### **3.1. PROGRAM YÖNETİMİ VE KURUMSAL FAYDA**

Günümüzde gelişen teknoloji, altyapı, hızlı iletişim araçları ve makroekonomik yapılar kurum ve kuruluşları bu dönüşüme ayak uydurmaları için zorlamaktadır. Bu kapsamda kurum ve kuruluşlar değişen bu global düzende varlıklarını sürdürülebilir hale getirmek için sahip oldukları kaynakları etkili bir şekilde kullanmalıdırlar. Bunu sağlayabilmeleri için bu alanlardan etkili bir şekilde faydalanarak sundukları hizmet ve ürünleri hedef kitlelerin taleplerini karşılayacak ve onları memnun edecek şekilde yapmalıdırlar. Bu çağımızın gerektirdiği kaçınılmaz ve ayak uydurulması gereken bir gerçektir.

Organizasyonların alt yapılarını güçlendirerek sunmuş oldukları hizmet kalitesini artırma ve rekabetçi piyasa koşullarına ayak uydurma zorunlulukları global piyasada hissedilir derecede önem arz etmektedir. Geçmişten gelen alışkanlık ve teamüllerle yönetilen kurum ve kuruluşlar yeni düzene uyum sağlamak için yönetim sistemleri ve politikalarında köklü değişiklikler yapma gerekliliklerini gün geçtikçe daha iyi anlamaktadır. Bu kurum ve kuruluşların yürütmüş oldukları çalışma ve projelerle, hedef kitlelerine sağladıkları hizmet ve ürünlerin kalitesini arttırmak, rekabetçi piyasa koşullarına ayak uydurmadaki gayretleri arasında yer alan öncelikli değişim politikalarıdır. Bu kapsamda bu kuruluşların stratejik hedeflerine ulaşması ve bu hedeflere ulaşmasına destek sağlayacak yürütülen proje ve portföy yönetim sistemi yapılarını benimsemeleri, bu anlamda atılan en önemli adımlardan birisidir. Proje ve portföy yönetim sistemleri kurumun stratejik hedeflerine ulaşmasına olanak sağlayan üst düzey izleme kontrol ve takip yeteneklerini artıran önemli araçlardır. Bu yönetim sistemlerinin odak noktası yürütülen çalışmaların organizasyonların belirlemiş olduğu stratejik hedeflere ulaşmasıdır. Proje ve portföy yönetim sistemlerinin yanında, organizasyonun bu çalışmaları sonucu ortaya çıkan faydaların yönetilmesi de en önemli konular arasında yer almaktadır. Program yönetim sistemi sayesinde, stratejik hedeflerde belirlenmiş faydaları elde etmek için yürütülen projeler ve organizasyonun rutin çalışmaları sonucu elde edilecek faydaların anlamlı gruplandırılmaları neticesinde, kurumun yürütmüş olduğu çalışmaların faydalarının en iyi şekilde yönetilmesi ve elde edilmesi sağlanır.

Makalenin bu bölümünde, program yönetim sisteminin, projeler ve portföylerle ilişkili yapısının incelenmesi, bu kapsamda Program Yönetim Sisteminin önemli tanımları, bu sistemin organizasyonlar için

ne yarar sağladığını ve hangi durumlarda kurumlar için kullanılabilir olduğu ele alınarak geniş çerçevede değerlendirilmiştir.

Program; birbirinden bağımsız olarak yönetilemeyen faydalar elde etmek için koordineli bir şekilde yönetilen ilgili projeler, alt programları ve program faaliyetleri grubu olarak tanımlanır (PMI Standard of Program Management, 2017). Program Yönetimi; ilişkili bir grup projenin, alt programların ve program aktivitelerinin, ayrı ayrı yönetildiklerinde elde edilmeyecek faydayı elde etmek amacıyla koordine içinde yönetilmesidir. Program yönetimi; program gereksinimlerini karşılamak için organizasyonun sahip olduğu kaynaklarının bilgi, becerilerini kullanması ve bu kapsamda program yönetim sisteminin sağlamış olduğu araç ve tekniklerin uygulanması ile projelerin ve organizasyon çalışmalarının tek tek yönetilmesiyle elde edilemeyen faydaları elde etmeye odaklanmış bir yapıya sahiptir. Program yönetimi, organizasyonun stratejik hedefleri doğrultusunda programların belirlenmesi ve bu programların hedeflerine ulaşmak için çoklu bileşenlerin bir araya getirilerek yönetilmesini içermektedir. Bu hedefler arasında önemle takip edilmesi gereken optimize veya entegre edilmiş maliyet, paydaş, fayda, iş durumları ve diğer parametreler yer almaktadır. Bir projenin faydaları genellikle proje bittikten sonra ortaya çıksa da, program faaliyetleri boyunca da tek bir projeden elde edilen bazı faydalar ortaya çıkabilir. Bu kompleks yapıları bir çatı altında gruplandırılması ve program yönetimi kapsamında ele alınması program yönetiminin temel faaliyet alanlarından biridir. Bir program içerisindeki bileşenler, ortak bir sonuç veya toplu faydalar kümesinin oluşturulmasıyla ilgilidir. Program ve Projeler arasındaki ilişki kapsamında bir değerlendirme yapmak gerekirse, bu iki yönetim sisteminde ortak payda olan müşteri, tedarikçi, teknoloji, kaynak gibi bir çalışma eforu yer alıyorsa, bu çaba bir programdan ziyade bağımsız bir proje portföyü olarak yönetilmelidir. Programlarda, bileşenler arasındaki bağımlılıkları entegre etmek ve kontrol etmek önemlidir. Program yöneticisi bunu birbiriyle ilişkili ve birbirine bağlı beş program yönetimi performansı etki alanı ile gerçekleştirilmesini sağlar. Bu alanlar; program stratejisi, organizasyon stratejisine uygun olması veya uyarlanması, program fayda yönetimi, program paydaş katılımı, program yönetimi ve program yaşam döngüsü yönetimi şeklinde tanımlanır (PMI Standard of Program Management,2017). Yapılandırılmış yönetim işlevleri ve alanları aracılığıyla, program yönetimi uygun bileşen bağımlılıkları sağlar ve bunları yönetmek için en uygun yaklaşımı belirlemeye yardımcı olur.

Yapılandırılmış gözetim ve yönetim yoluyla, program yönetimi, programın planlanan stratejik faydalarını elde etmek için program içindeki bileşenler arasında uygun planlama, kontrol, teslimat, geçiş ve faydaların sağlanmasını gerçekleştirir. Program yönetimi; stratejik faydalar, koordineli planlama, yeni ortaya çıkan sorunlar ve risk oluşturacak karmaşık bağımlılıklar, teslim edilebilir entegrasyon, kaynak havuzları ve optimize edilmiş yürütme gibi temel faktörleri göz önünde bulundurarak ilgili çabaları yönetmek için bir çerçeve sunar. Portföy, program ve proje yönetimi arasındaki farklar, etkileşimleri aracılığıyla netleştirilebilir. Portföy yöneticileri, programların ve projelerin, bir kuruluşun istenen organizasyonel değeri gerçekleştirmeye yönelik stratejik planına göre seçildiğini, öncelik verdiğini ve görevlendirildiğini garanti eder. Program yöneticileri, projelerin, bağlı programların ve diğer destekleyici çalışmaların koordineli yönetimi yoluyla kuruluşun stratejik planına uygun kurumsal faydalar sağlamaya odaklanırlar. Proje yöneticileri, bir projenin, bir programın veya bir portföyün bir parçası olarak bir kuruluşun ihtiyaç duyduğu belirli çıktılarının ve sonuçlarının oluşturulmasına odaklanırlar.

Program ve portföy yönetimi işlevleri arasındaki ilişki işbirlikçi bir yapıdadır. Program ve portföy yöneticileri, bir organizasyonun istediği faydaların etkili ve verimli bir şekilde teslim edilmesini sağlamak için birlikte çalışır. Portföy yönetiminin bir parçası olarak kurulan organizasyonel stratejiler ve öncelikler, takip edilecek programların tanımlanması, organizasyonel fayda sağlamak için program stratejilerinin onaylanması ve programların ihtiyaç duyduğu kaynakların tahsis edilmesi için bir temel oluşturur. Faydaların sağlanmasına yönelik program stratejileri, organizasyonel faydaların izlenmesi ve kuruluştan gereken kaynakların tanımlanması için özel araçlar tanımlar. Program ve portföy yönetimi işlevleri, bir kuruluşun stratejik planlarının uygun öncelikli ve kaynak programlarla nasıl destekleneceğini ve verileceğini tanımlayarak kuruluşu desteklemektedir. Program yönetimi ve proje yönetimi arasındaki ilişki (program ve proje yöneticileri tarafından uygulandığı gibi) işbirlikçi bir yapıdadır. Program ve proje yöneticileri, program hedeflerini takip etmek ve böylece program faydaları sağlamak için uygulanabilir stratejileri tanımlamak için birlikte çalışırlar. Program yöneticileri tarafından belirlenen program stratejileri ve üst düzey program planları, proje yöneticileri tarafından denetlenecek projelerin tanımlanması ve onaylanması için bir temel oluşturur. Proje yöneticileri tarafından yönetilen projeler, programın ve bileşenlerinin izlediği stratejik yönün doğrulanması veya uyarlanması için bir temel oluşturan çıktılar sağlar. Program ve proje yöneticileri birlikte, kurumun arzu ettiği veya istediği faydaların sağlanmasını gerçekleştirerek kuruluşu desteklemektedir.

Program yöneticileri ve proje yöneticileri arasındaki etkileşimler ve ilişkiler program yaşam döngüsü boyunca değişebilir. Projeler, bir program süresince çeşitli zamanlarda başlatılabilir ve tamamlanabilir. Bir projenin başlatılması ve planlama aşamaları sırasında, bir program yöneticisinin programın ihtiyaçları ile ilgili gözetim, yönlendirme ve rehberlik sağlayan bir proje yöneticisi ile yakın bir şekilde çalışması gerekebilir. Ancak, program ve proje yöneticileri arasındaki ilişki, bir projenin iş yürütme ve kapanış aşamaları sırasında farklı olabilir. Bu aşamalar sırasında, program yöneticileri genellikle programlarına katkıda bulunan projeler arasındaki bağımlılıkları koordine etmeye odaklanırken, proje yöneticileri iç proje faaliyetlerini yönetmeye odaklanır. Program yöneticileri genellikle bireysel proje bileşenlerini günlük olarak doğrudan yönetmemektedir. Projeler ilerledikçe, program yöneticisinin proje yöneticileri ile olan etkileşimleri, projeler arasındaki karşılıklı bağımlılıkların belirlenmesi ve kontrol edilmesine odaklanır; proje performansını izleme; bileşen projelerini etkileyen artan sorunların ele alınması; Projelerin, iştirak programlarının ve program çalışmalarının katkılarını konsolide ederek program faydalarına katkısını izlemek faaliyetler arasındadır. Proje kapanışında, program ve proje yöneticileri, proje çıktılarının ve sonuçlarının programa etkili bir şekilde aktarıldığından emin olmak için tekrar çalışırlar, böylece bir proje tarafından sağlanan faydalar özelleştirilerek sürdürülür. (PMI Standard of Program Management,2017)

Hollanda Rotterdam Üniversitesi , Kamu Yönetimi Bölümü araştırmacıları olan Arwin Van Buuren, Jean Marie Buijs ve Greet Teisman, program yönetiminin ve proje yönetiminin karşılaştırılmasını yapan bir çalışma ele almışlardır. (Buuren vd., 2009) Bu çalışmada her iki yönetim türü de, ayrı ayrı ele alındığı ve birbiri ile bağlantılı faaliyetleri entegre etmeyi amaçladığı gözlemlenmiştir. Çalışmada Program yönetiminin ayrıca proje uygulama hedeflerini senkronize etmeyi amaçladığı vurgulanmıştır. Bu çalışma kapsamında programın ve proje yönetiminin birbiriyle nasıl rekabet edip birbirini tamamladığı analizinin yapıldığı Amsterdam Büyükşehir Bölgesi'nde bir program yönetimi deneyi ile ilgili bir vaka çalışması yürütülmüştür. Bu araştırmada program yönetimini gerçekleştirirken proje eylemlerinin organizasyondaki süreçlerine entegre edilerek ek katma değerler sağlayıp sağlamadığı ele alınmış ve ayrıca proje yönetiminde sadece proje amacına yönelik aktiviteleri gerçekleştirilmesi söz konusu durumlarda projeler arasındaki çeşitlilik ve rekabet potansiyelini zayıflatıp zayıflatmadığı konuları incelenmiştir. Öncelikle, mekânsal planlama ve bölgesel kalkınma alanında proje yönetiminin teori ve uygulamalarına kısa bir genel bakış sağlanmaktadır. Böyle bir yaklaşımın eksiklikleri vurgulanmıştır. Daha sonra, program yönetimi fikri, proje yönetiminin zayıf yönleriyle başa çıkmak için destekleyici bir yöntem olarak tanıtılmıştır. Buuren, Buijs ve Teisman bu çalışmada, program yönetiminin proje eylemlerinin program hedeflerine entegrasyonu ile nasıl baş edebileceğini ve proje hedeflerinin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi için nasıl bir ayırmanın yapılabileceğini tartışmaktadır. Araştırma konusu, Amsterdam Metropolitan Bölgesi'nde kapsamlı bir uzun süreli vaka çalışması yapılarak ele alınmıştır. Hollanda Yönetimi Kabinesi, 2003 yılında çeşitli izole edilmiş projelerin hayal kırıklığı yaratan etkisizliğine bir tepki olarak, bu ve diğer üç bölgeye bir program yönetimi yaklaşımı uygulama kararı almıştır. 3 yıllık bir süre boyunca, program ekibi üyeleri, katılan proje ekiplerinin temsilcileri, projeden sorumlu kamu görevlileri ve kurumsal paydaşların temsilcileri ile yaklaşık derinlemesine 15 görüşme yapılmıştır. Görüşmeler, proje ve program yönetimi özelliklerine ve karşılıklı ilişkilerine odaklanan yarı yapılandırılmış öğelere dayanmakta olduğu belirtilmiştir. Özellikle görüşmecilere, iki yönetim stili projesi ve program yöneticileri arasında ne tür gerilimlerin yaşandığı ve bunlarla nasıl ilgilendikleri sorulmuştur. Program organizasyonu ve program ekibi ile proje temsilcileri arasındaki etkileşim anları gibi bazı resmi toplantılarda gözlemlenmiştir. Ayrıca, programa ve ilgili projelere ilişkin ilgili belgeler (notlar, raporlar, politika belgeleri ve mektuplar), özellikle bunların yönetimi ve her iki yönetim yaklaşımının birlikte ele alınış biçimleri bakımından analiz edilmiştir. Örnek olay incelendiğinde program yönetiminin proje yönetiminin yerine geçemeyeceği ve uygulanamayacağı, ancak her ikisinin güçlü yönlerini birleştirmeye yönelik girişimlerin yapılması sağlanarak projelerde ayrı ayrı elde edilemeyen faydaların program yönetimi ile elde edildiği ve bu kapsamda bu gibi yapılarda bu yönetimin gerekliliği ortaya konmuştur (Buuren vd., 2009).

Organizasyonun program yönetimi sistemine sahip olmadan önceki fayda yönetimi genel olarak ilgili birimler tarafından yapılan iş ve işlemlere göre bağımsız yürütülen işler olduğu, faydaların makro düzeyde takibinin yapılmadığı ve organizasyonun yönetim biçimine dayalı olarak da birçok elde edilmesi gereken faydanın dikkate alınmayarak yanlış sonuçlar elde edildiği şimdiye kadar yapılan çalışmalar neticesinde görülmüştür. Bunun önüne geçmek için özellikle finans ve yazılım sektöründe faaliyet gösteren kuruluşların program yönetimi konusunda daha tecrübeli oldukları gözlemlenmiştir. Bu kapsamda Organizasyonlar fayda yönetimini daha etkili bir şekilde yapabilmeleri için program yönetiminin önemini kavrayarak bu sistemi kuruluşlarında uygulamaya başlamışlardır. Bu kapsamda program yönetimi, fayda yönetimi açısından büyük önem arz

etmektedir. Program Fayda Yönetimi'nin amacı programın paydaşlarının (program sponsorları, program yöneticisi, proje yöneticileri, program ekibi, program yönlendirme komitesi ve diğerleri), programın süresi boyunca yürütülen çeşitli faaliyetler tarafından sağlanacak çıktılara ve faydalara odaklanmasıdır. Bir fayda, program tarafından sağlanan sonuçların neticesinde kuruluşun ve diğer paydaşların gerçekleştirdiği kazanımlar ve varlıklardır. Bazı faydalar nispeten kesin, kolayca ölçülebilir ve bir kuruluşun mali hedeflerine ulaşma (örneğin gelir veya brüt kar marjında% 20'lik bir artış) veya tüketim için fiziksel bir ürün veya hizmet yaratılması gibi somut veya somut koşulları içerebilir. Diğer faydalar daha kolay ölçülebilir olabilir ve bir şekilde belirsiz sonuçlar doğurabilir. Daha az belirli program sonuçlarının örnekleri, personellerin motivasyonu ve müşteri memnuniyetinde bir iyileşmeyi içerebilir veya toplumun belirli bir kesiminin sağlık durumunun veya hastalığın azalma oranı gibi bir fayda içerebilir. Bu kapsamda değerlendirildiğinde programın odaklanması gereken faydalar niteliksel ve niceliksel faydalar olarak karşımıza çıkmaktadır. PMI Program Yönetimi Standardında da belirtildiği üzere program yönetiminde sorumlu yönetici bu fayda gruplandırmasını ve sıralama faaliyetlerini organizasyonun stratejik hedefleri doğrultusunda yürütülen projeler, organizasyonel çalışmalar ve alt programlar olarak ele alarak standardın belirlemiş olduğu yöntem, araç ve tekniklerle fayda yönetim faaliyetlerini yürütür. Programın Fayda Yönetimi, aynı zamanda, programın tamamlanmasını takiben, kuruluşun bir programa yatırımı tarafından sağlanan faydaların sürdürülebilir olmasını sağlar. Program teslim aşaması boyunca, program bileşenleri planlanan program faydalarının sunulmasını kolaylaştırmak için planlanır, geliştirilir, entegre edilir ve yönetilir. Programın fayda sağlama aşaması sırasında, fayda sağlama analizi ve planlama aktiviteleri, fayda sağlama etkinlikleri ile birlikte, özellikle program faydalarını elde etmek için düzeltici faaliyet gerektiğinde, yinelenmeli bir şekilde gerçekleştirilebilir.

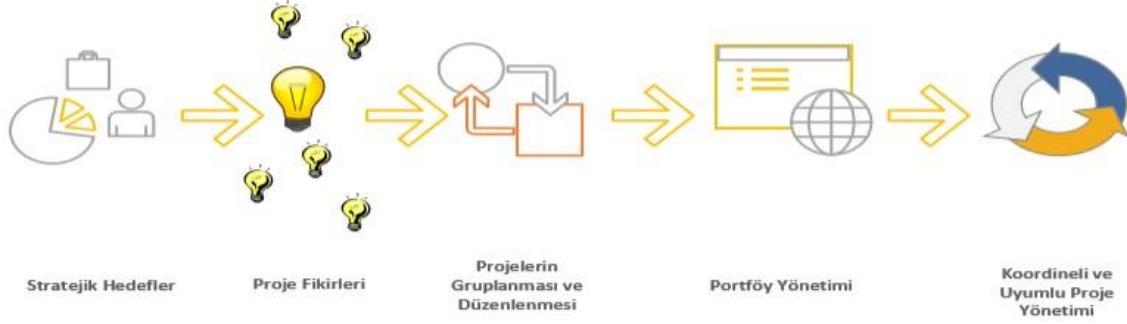
Fayda yönetimi, tekrarlanan bir süreçtir. Fayda analizleri ve planlama ve faydaların sağlanması, özellikle, döngüsel bir ilişkiye sahiptir. Fayda analizi ve planlaması, koşullar değiştikçe sürekli olarak gözden geçirilebilir. Örgütsel ortamın izlenmesinden elde edilen bilgiye cevap olarak düzeltici faaliyetlerin yapılması gerekebilir. Beklenen program sonuçlarının kuruluşun stratejik hedefleriyle uyumunu sağlamak için bileşenlerin değiştirilmesi gerekebilir. Program risklerinin ve ana performans göstergelerinin değerlendirilmesinin bir sonucu olarak düzeltici faaliyetin de yapılması gerekebilir. Bileşenler, programın maliyet, uyum, kalite, güvenlik ve/veya paydaş memnuniyeti ile ilgili performans nedeniyle değişiklik gerektirebilir. (PMI Standard of Program Management,2017)

### **3.2. PORTFÖY YÖNETİMİ VE STRATEJİK HEDEF**

Proje yönetimi uzantısı olarak var olan ve stratejik hedeflere ulaşmak için projelerin, programların, yardımcı portföylerin ve faaliyetlerin bir grup olarak bütünüyle yönetilmesine portföy denir. Tanımı içerisinde yer alan bileşenler ölçülebilir bileşenlerdir. Bu bileşenlerin bir arada yürütülmesi ve ulaşmak istenen stratejik hedef için çalışmaların yapılması sırasında ortak veya ilişkili hedefler olabileceği gibi, birbirinden bağımsız hedefler de bulunabilmektedir. Proje yönetimi odaklı bir organizasyona baktığımızda organizasyonun birden fazla portföye sahip olabileceği gözlemlenebilmektedir. Organizasyon içerisindeki yönetişimin bir parçası olarak portföy, merkezi yönetimin gerçekleştirilmesiyle birlikte başarı oranını artırır. Bu sebeple, stratejik hedeflere ulaşabilmek için bir veya daha fazla portföyün merkezi yönetimine portföy yönetimi denir.

Portföy yönetimi; stratejik yürütmenin mükemmelliği için gayret; şeffaflık, sorumluluk, hesap verilebilirlik, sürdürülebilirlik ve adaleti geliştirmek; genel risklere karşı portföy değerini dengelemek; portföy bileşenlerinde yer alan yatırımların organizasyon stratejisiyle uyumlu olduğundan emin olunması gibi prensiplere sahiptir (PMI Standard of Portfolio Management, 2017.). Bu temel prensiplerin yönetişim politikası içerisine yerleştirilmesi, kamu ve özel sektör kuruluşları için başarıya ulaşma kapsamında değerli bir kilometre taşı niteliğindedir. Proje çalışmalarının merkezi kontrol altında olmaması, kamu ve özel sektör kuruluşları için başarısızlığın temel sebeplerinden biridir. Proje ve program yönetimi yürütme ve teslim hakkında doğru projeler yapmayı amaçlarken, portföy yönetimi portföy girişimi olarak projeleri seçip ve yönetip, doğru zamanda doğru projeleri yapmaya odaklanır (Oltmann,2008.). Kurum içerisinde stratejik hedefleri çıkış noktası olarak kabul eden portföy yönetimi, hedefler doğrultusunda portföy başlıklarının oluşturulması ve proje, program ve/veya yardımcı portföylerin gruplanması ile yönetilir. Proje, program ve portföy yönetiminin literatüre uygun bir şekilde yönetilmesi ve yürütülmesi, teknolojinin gelişmesiyle organizasyonların bu teknolojiye uyum sağlaması safhasında ortaya çıkan işletmecilik sorunlarının giderilmesi için kilit noktalardandır. Portföylerin belirlenebilmesi için kurumun faaliyet alanları ile stratejik hedefler eşleştirilerek, faaliyet alanları içerisinde yer alan proje fikirlerinin gruplandırılması gerekmektedir. Gruplanan projeler, programlar ve yardımcı portföyler ulaşılması hedeflenen stratejik hedefe uygun bir şekilde kendi portföyü içerisinde yönetilmelidir. Portföy yönetimi, kurumların kısıtlı kaynakları, zamanları ve kapasitelerine uygun olarak ihtiyaç duyulan başarıya

ulaşmak için projeler arasında belirli kriterlere göre seçim yapılması ve birbiriyle uyum içerisinde yönetilmesidir.



Şekil 1. Portföy Yönetimi Akışı

Yukarıdaki akışta görüldüğü gibi, kurum içerisinde oluşturulmuş stratejik hedefler odak noktasına alınarak, proje fikirleri ve/veya mevcut proje çalışmaları bu stratejik hedeflere uygun bir şekilde gruplanır. Gruplanan ve önceliklendirilen projeler ortak amaca uygun olarak diğer projelerle koordineli ve birbiriyle konuşabilecek şekilde yürütülür ve takip edilir. Projelerin stratejik hedeflere uygun olarak önceliklendirilmesi, sınırlı kurum kaynaklarının doğru ve ihtiyaç duyulan projelere aktarılmasıyla başarıya ulaşmaya imkân sağlamaktadır.

2017 Pulse Araştırması'na göre stratejik hedeflere uyumlu projelerin proje amaçlarına ulaşma oranı %77 iken, uyumsuz projelerde proje amaçlarına ulaşma oranı %56'ya düşmektedir. Aynı şekilde stratejik hedeflere yüksek uyum sağlayan projeler, %12 oranında başarısızlıkla sonuçlanırken, strateji ile düşük uyum içerisinde olan projeler %18 oranında başarısızlıkla sonuçlanmaktadır. Araştırmanın da ortaya koyduğu gibi kamu ve özel kuruluşlarda %100 stratejik hedef uyumu gözetilerek yürütülen projelerin başarı şansı artırılabilir.

Proje ve portföy yönetimi ofisleri kontrolünde yürütülen proje yönetimi çalışmalarına bakacak olduğumuzda bir kamu kurumu (X) ve bir kamu iktisadi teşebbüsü (Y) deneyimlerini inceleyebiliriz. X ve Y kurumlarında daha önce stratejik hedeflerle uyumlu, koordineli ve merkezi yönetim kontrolünde olan proje temelli bir yönetim mevcut değildi. Bu kurumlarda proje planlamaları, yürütme çalışmaları, izleme ve kontrol mekanizmaları düzenli ve merkezi bir noktadan işletilemediği için, seneler içerisinde yaşanan teknolojik gelişim ve ticari büyümenin sağladığı avantajlar yanlış kaynak kullanımı ve amaçlanan hedeflere ulaşamama başarısızlıkları ile sonuçlanmaktaydı. Kurumlar içerisindeki birimlerin sadece belirlenen bütçe içerisinde kalma hedeflerinin bulunması, proje için harcanan kalemlerin şeffaf ve takip edilebilir olmaması X ve Y kurum yöneticileri için gelecek planlarının doğru tahminlenememesine sebep olmaktaydı. Bir projenin başlangıcından bitişine kadarki uçtan uca olan süreçte toplam harcamanın net bir şekilde ortaya konamaması, proje kapsamının başlangıç aşamasındaki sınırlardan çıkması ve kapsam kaymalarına sebep olması, zaman tahminlemelerinin öngörülebilir olmaması ve planlanan zaman kısıtından uzaklaşılması gibi proje çalışmalarının temel bileşenlerinde eksikler söz konusu olabilmekteydi. Projelerin entegrasyon, kapsam, zaman, maliyet, kalite, kaynak, iletişim, risk, tedarik ve paydaş yönetimi bilgi alanları silsilesi içerisinde yürütülmemesi, yönetici kadrosunun mevcut ve geçmiş proje bilgileri ve durumları hakkında gerçekçi verilere ulaşamamasına sebep olmaktaydı. Merkezi kontrol ve koordinasyon içerisinde yönetilmeyen projeler, hedeflere ulaşma oranının açıkça ortaya konamaması, kurumsal faydanın odak noktasına alınmaması gibi negatif sonuçlar doğurmaktadır. Projelerin izlenebilirliği, takip edilebilirliği noktasında yaşanan iletişim eksiklikleri projelerin başarısını doğrudan etkileyen en önemli etkenlerden biridir. X ve Y kurumları içerisinde mevcut olmayan aktif iletişim ağları ve mevcut iletişim kanallarının verimli kullanılamaması koordinasyon eksikliğinin temel sebebi olarak karşımıza çıkmaktaydı. Pulse araştırmasına göre, projelerde harcanan her 1 milyar ABD Dolarının 75 milyon ABD Doları risk altındadır ve beş projeden ikisi etkisiz iletişim sebebiyle başarısızlıkla sonuçlanmaktadır (PMI's Pulse of the Profession in Depth Report, 2013.). Proje yönetimi içerisindeki uygulamalarda gizli olan kurumsal hafıza faydası ise proje yönetim modeli geliştirilmeden önce gözözetilmekteydi. Proje

çalışmalarında her türlü varsayımın, sorunun, öğrenilmiş derslerin kayıtlarının günlüğünün tutulmaması, gelecek proje çalışmaları için veri tabanı oluşturulmasının önüne geçmekteydi. X ve Y kurumları içerisinde proje çalışmaları verilerini anlamlandırarak bilgi ve rapora dönüştürebilen bir yazılımın kullanılmaması da akıllı çağda mühendisliğin gerektirdiği teknoloji yönetiminin gerçekleşmesini engellemekteydi.



Şekil 2. Proje Uygulama Aşamaları

Proje yönetim modelinin geliştirilmesi kapsamında gerekli çalışmaların eksikliğini gidermek, planlanabilir, öngörülebilir, başarılı tahminlere dayanan, izlenebilir, kontrol edilebilir ve raporlanabilir bir proje ve portföy yönetimi modeli uyarlamaları gerçekleştirilmiştir. Uluslararası proje ve portföy yönetimi metodolojilerinin direkt olarak X ve Y kurumlarına uygulanmaya çalışılması istenilen verimi ortaya koymayacağı için, kurumlar içerisinde ön analiz ve analiz çalışmaları yapılarak kurum ihtiyaçları, istisnaları ve özellikleri göz önünde bulundurulmuştur. Bu sayede X kurumuna ve Y kuruma özgü proje ve portföy yönetim prosedürleri ortaya konulmuş olup, her projenin kendi içerisinde özel olduğu prensibi bu çalışmada da gözler önüne serilmiştir. Ön analiz ve analiz aşamalarında farklı bütçe ve zaman aralığına sahip X ve Y kurumlarının tüm birimlerinde yer alan personelleriyle görüşülerek görev ve sorumlulukları çerçevesinde ve proje çalışmaları çerçevesinde aksayan yönler tespit edilerek, gerekli iyileştirmelerin neler olabileceği konusunda çalışmalar yapılmıştır. Kurum büyüklüklerinin, proje kapsamının ve bütçesinin birbirinden farklı olması proje tipi olarak da farklı tipte değerlendirilmesine neden olmuştur. Tespit edilen aksaklıklar ve bu aksaklıkların proje ve portföy yönetimine olan etkisi analiz edilerek eylem planları ortaya konulmuştur. Bu doğrultuda oluşturulan eylem planı içerisinde ilk adım tüm kurum tarafından ortak dil kullanılmasını sağlamak olmuştur. Ortak dil bilincinin oturtulması ve proje ve portföy yönetim terimlerinden herkesin aynı şeyleri anlaması için öncelikli olarak portföy yönetim ofisi ekibine ve proje yöneticisi adaylarına, daha sonra yönetici kadrosuna ve tüm personele eğitimler verilmiştir. Böylece metodolojiye uygun olarak kurum proje kültürü oluşturulması için önemli bir adım atılmıştır. Portföy yönetim ofisi ekibi ve proje yöneticisi adaylarına verilen ayrıntılı eğitimlerle uçtan uca proje yönetim sürecinin nasıl gerçekleştirilmesi gerektiği ve nasıl koordine edilerek yanlış kaynak kullanımını azaltmak gerektiği konularında açık ve net bir yönetmelik ortaya konulmuştur. Kurumsal hafıza katkı sağlaması için proje aşamalarının belgelendirilmesi, bu dokümanların nasıl takip edilerek gerektiğinde güncellenmesi, onaylanmış değişiklik prosedürü gibi bir çok kritik nokta açıkça proje ve portföy yönetim kılavuzlarında ifade edilmiştir. Her türlü ayrıntının başlangıç, planlama, yürütme, izleme ve kontrol, kapanış süreçleri içerisinde doküman haline getirilerek, varsayım kayıtları, sorun günlüğü ve öğrenilmiş ders kayıtları olarak kurumsal hafıza veri havuzuna dâhil edilmesi gerektiği bilinci oluşturulmuştur.

Proje Kodu	Proje Adı	Proje Sahibi Birim	Proje Durumu	Proje Başlangıç Tarihi	Proje Bitiş Tarihi	Proje İlerleme Yüzdesi	Proje Bütçesi	Proje Tipi	Bağlı Olduğu Program	Bağlı Olduğu Portföy
2018/0001	T Sisteminin Geliştirilmesi	Z Müdürlüğü	Devam Ediyor	01.01.2018	31.12.2018	%80	4.000.000 TL	Orta Büyüklükte Proje (B)	A Sistemi Geliştirme Programı	Sistem Geliştirme Projeler Portföyü
2018/0002	Y Altyapısının Kurulması	V Dairesi	Beklemede	15.06.2018	01.01.2020	%50	12.000.000 TL	Büyük Proje ((A)	Y Altyapısı Kurulum Programı	Altyapı Projeleri Portföyü

Şekil 3. Proje Envanteri

Tüm teorik ve uygulama bilgilerinin aktarılmasıyla beraber, dijital çağa ayak uydurma gereksinimi daha belirginleşmiştir. Teknoloji yönetiminin sağlayacağı avantajlar göz önünde bulundurularak proje ve portföy yönetiminin kolaylıkla sağlanması, takip edilmesi ve raporlanabilmesi için yazılım ihtiyacı giderilmesi gerektiği kurum idarecilerine hissettirilmiştir. Dünya üzerinde önde gelen organizasyonlardaki proje yönetim ağı ve uygulamaları gösterilerek ve resmi verilere dayandırılarak proje yönetimi bilgi sisteminin X ve Y kurumlarına katacağı fayda ortaya konulmuştur. Anlık proje takibinin, durum raporlamasının, görev atamalarının, kaynak kontrolünün, zaman planı izlemelerinin ve iş zekâsı inovasyonu muhtemel senaryoların gelişen teknoloji



sayesinde el altında bulunması ve verinin kontrolü fikri, başarıya giden yolda kilit adımlardan biri olarak değerlendirilmiştir.

#### **4. SONUÇ**

Bu çalışmada, proje, program ve portföy yönetimi metodolojilerinin kamu kurumlarında nasıl uygulandığı ve uygulamalarla elde edilen faydalar incelenmiştir. Uygulama yapılan kurumun gerçeklerinin, ihtiyaçlarının ve hedeflerinin analiz edilerek metodolojilerin başarıyla uygulanabileceği ve organizasyon içerisinde yer alan tüm bireylerin aynı farkındalık seviyesine getirilerek sistemin sürdürülebileceği ifade edilmiştir. Çalışmada kısıtlı sayıda kurum uygulaması üst çerçevede incelenmiştir. Bu çalışma, kamu kurumlarında proje, program ve portföy yönetimi metodolojilerinin uygulanması için uygulayıcılara bir bakış açısı sağlayabilecektir. Gelecek çalışmalar kapsamında, incelemelerin daha geniş bir örneklemi kapsayacak şekilde yaygınlaştırılması ve araştırmaların periyodik aralıklarla ile tekrar uygulanması, uygulama önerilerinin, ilerlemelerin ve tespitlerin genişletilmesi açısından faydalı olacaktır.

#### **5. TEŞEKKÜR**

Bu çalışmanın gerçekleşmesi için desteğini esirgemeyen, KAİD Eğitim ve Danışmanlık Şirketi Danışmanı Emre ALIÇ'a ve bu çalışma kapsamında ifade edilen kurumların ilgili personeline teşekkür ediyoruz.

#### **6. KAYNAKÇA**

- Buuren, A., Buijs, J., Teisman, G. : International Journal of Project Management: Program Management and the Creative Art of the Coopetition: Dealing with Potential Tensions and Synergies Between Spatial Development, 2009.
- Mossalam, A., Arafa, M.: Governance Model for Integrating Organizational Project Management (OPM) with Corporate Practices, 2015.
- Oltmann, J. : Project Portfolio Management: How to do right projects at the right time?, North America, Denver, Co. Paper presented at PMI Global Congress 2008.
- PMI: PMI's Pulse of the Profession in Depth Report: The High Cost of Low Performance: The Essential Role of Communications, s4, Mayıs 2013.
- PMI: PMI's Pulse of the Profession: 9th Global Project Management Survey: Transforming the High Cost of Low Performance, s2, 2017.
- PMI: Proje Yönetimi Bilgi Birikimi Kılavuzu, PMBOK Kılavuz, 5. Baskı, s3, 2013.
- PMI: Standard for Portfolio Management 4th Edition, 2017.
- PMI: Standard for Program Management 4th Edition, 2017.
- Radujkovića, M. Sjekavicab, M.: Project Management Success Factors, Primosten, Croatia, Creative Construction Conference 2017, CCC 2017, 2017.
- Yescombe, E.R., Farquharson, E. : Public-Private Partnerships for Infrastructure (Second Edition) Principles of Policy and Finance, s59-67, 2018 .

## DESIGN FOR LOGISTICS

Hasan Kürşat Güleş  
Konya Food and Agriculture University

Vural Çağlıyan  
Selcuk University

Ayşegül Paralı  
Selcuk University

Emel Gelmez  
Selcuk University

### ABSTRACT

Rapid change and development experienced in the field of modern business affects the business models of the enterprises closely. On one hand, this became an important strategic tool for the companies to deliver the right product to the right customer in the right time and right place and to create a difference from their rivals in the market, on the other hand the value flow activities in pre and post-production phases of companies makes logistic designs valuable in the context of supply chain. In other words, logistics activities are important not only in adding value to business activities but also in creating customer value by establishing business efficiency and establishing the success of business as a whole. This is why the achievement of business objectives at a high-performance level is largely dependent on logistics activities in the context of supply chain management. The aim of the work in this context is to examine the use of the “Design for Logistics” methodology, which is one of the “Design for X” tools, which provides a successful product design and production process, and the possible competitive benefits that can be provided in the context of the literature.

**Keywords:** *Logistic, Design for Logistic, DFX*

## 1. INTRODUCTION

The emphasis on new product development efforts by enterprises is also increasing due to the increasingly difficult competition conditions, the ever-changing and rapidly changing customer needs and expectations, and the shortening of the product life cycle. Therefore, in order to cope with competitive conditions, businesses are aiming to realize all the steps regarding criteria such as delivering products with high quality, low cost and best performance to customers as soon as possible in new product development works as quickly as possible. However, it is also necessary to consider changes and expectations of customer needs in order to develop a competitive product and to shorten the market entry period. Thus, enterprises that have developed new products in accordance with the criteria specified have gained a significant advantage in today's competitive and variable industrial environment. However, in recent years new product development work has become a difficult equation involving cost and time. As a result, new product development necessitates continuous improvement and development of business methods in the direction of changing demands. Due to the necessity that arises, interest in design and innovation in business life is increasing.

Design is an important function of the product development process and an essential function of the product renewal process at the same time. The aim is to improve or recreate products and services by effectively implementing social, organizational and engineering approaches (Büyüközkan, 2005: 279).

In the design process, it is the development work to be done depending on many factors such as product, manufacturability, installability, disassembly, environmental effects, recycling, quality, reliability, sustainability, diversity and logistics. These techniques that make the product perfect are called the Design For X- Design For DFX) methodologies in the literature (Tomiyama, 2009: 553; Dolsak, 2007: 211; Haik, 2003: 12; Watson, 1998: 211; Huang 1996: 3). The aim of the design method for X is to realize and produce the most appropriate design of the product and to consider and solve all the design targets and the constraints and possible problems related to these targets in the design stage (Yang et al., 2007: 180; Akyüz and Yayla, 2005: 199). Therefore, this study is a review of design methodology for logistics from design applications for X, which is important for increasing productivity, boosting customer satisfaction by shortening delivery time, meeting customer demands fast, and consequently increasing competition power.

## 2. DESIGN FOR X

DFX is a methodology that includes information on all parts of a product life cycle (PLC) throughout the design process in design engineering studies (Hepperle et al., 2011: 216; Holt and Barnes, 2009: 123; Tomiyama et al. 2009: 552; Weber, 2006: 86). This information guides the designer through the design, allowing the design to be reviewed. The purpose of the DFX methodologies is to provide all the desired features of the product at the design stage (Holt and Barnes, 2009: 123; Yang et al., 2007: 182; Huang, 1996: 4).

According to the traditional product development concept, each work team or business division has unique ideas and methods within the enterprise. Product development consists of sequential processes and occurs as a result of certain iterations, and therefore takes the basis of tolerances instead of design goals (Driscoll, 2001: 318). According to the DFX concept; product must be developed by taking into consideration all factors such as manufacturability, mountability, environmental effects, recycling, quality, etc. (Tomiyama et al., 2009: 553). In this sense, unlike the traditional product development process, it is important for the customer to know what he / she wants in the product to be obtained and to use this information in the design phase (Watson and Radcliffe, 1998: 112).

DFX is a technique used in the product design process to bring together the parts that make up the systematic development processes, the production and the whole product. The aim is to produce the designed parts in the easiest and fastest way possible, to reduce production losses, to save time and to reduce costs, to achieve the highest quality required in the market (Lehto et al. 2011: 32; Babu et al., 2008: 288; Xie, 2004: 821; Huang, 1996: 3). The DFX methodologies also provide compatibility of product design processes with the production systems. Therefore, it is important that business processes are used in product lifecycle and performance measurement because of the high quality, lower cost and faster product development and product excellence as a result of bringing all desired features to the product during the design phase (Hepperle et al., 2011: 216; Babu et al., 2008: 287). A brief discussion of DFX methodologies in this context is important for a better understanding of the subject.

## 2.1. Design for X Methodologies

The DFX methodology focuses on 11 different methodologies, the different opinions being made in the literature. In this part of the study in this context, these methodologies will be explained in the context of the literature.

### Design for Manufacturing

One of the critical components of the design process is the design for production. Design for Manufacturing (DFM) allows the company to determine the materials, tools and equipment necessary for the production of the product, to prepare it for production, to plan the production, to select the production methods and to integrate the production systems with the other processes of the company (Holt and Barnes, 2009: 124; Prabhakaran et al., 2006: 152; Kuo et al., 2001: 245; Tichem and Storm, 1997: 158). DFM is a technique aimed at bringing together the parts that make up the whole product, production and the development processes systematically during product design. The aim is to produce the designed parts in the easiest and fastest way, to reduce the production losses, to reduce the time and costs, to realize the highest product quality (Holt and Barnes, 2009: 124; Prabhakaran et al., 2006: 152; Haik, 2003: 14; Driscoll, 2001: 318; Huang, 1996: 5; Trybula et al., 1995: 442).

### Design for Assembly

Design for Assembly (DFA) methodology is a technique used to systematically develop processes, implement applications, produce parts of a product, and ultimately bring together the parts that make up the whole product and minimize the number of parts (Boothroyd et al., 2011: 10; Mital et al., 2008: 135; Booker et al., 2005: 281; Tichem and Storm, 1997: 158). At the same time, DFA is a method for analyzing and evaluating designs to simplify assembly processes and thus reduce assembly time (Duakasz and Torkelsson, 2014: 4; Boothroyd et al., 2011: 10). DFA is being used to increase the quality by focusing on reducing the assembly costs, as well as to ensure that the creativity of the design matches with the mounting practices. The design methodology for assembly is generally used for these (Kuo, 2001: 245; Otto and Wood, 2001: 284; Nijssen and Frambach, 2000: 125):

- Examination of the necessity of each part or part of an existing one with the help of the basic criteria and the connection of other parts (Favi et al., 2016: 275; Kuo et al., 2001: 245).
- Estimating the actual installation time and scheduling (Kuo, 2001: 245).
- Effective and efficient use of the time required for installation (Arnette et al., 2014: 377; Kuo et al., 2001: 245).
- Preparing solutions by determining the problems that can be encountered during installation (Iwaya et al., 2013: 186-187; Kuo et al., 2001: 245)
- Identification of technical problems and quality problems that may be encountered in production (Iwaya et al., 2013: 186-187; Kuo et al., 2001: 245).
- The easiest and fastest way to produce the designed parts (Otto and Wood, 2001: 284).
- Reduction of manufacturing losses (Boothroyd et al., 2011: 22; Otto and Wood, 2001: 284).
- Reducing installation time and costs (Shoval et al., 2017: 2806; Favi et al., 2016: 275; Arnette et al., 2014: 377; Batalha, 2012: 66; Namouz et al., 2012: 1-6; Boothroyd et al., 2011: 22; Khan, 2008: 200; Mital et al., 2008: 135; Otto and Wood, 2001: 284, Nijssen and Frambach, 2000: 125).
- Achieving the highest product quality (Batalha, 2012: 66; Ehlers, 2012: 15; Namouz et al., 2012: 1; Khan, 2008: 206; Mital et al., 2008: 135; Otto and Wood, 2001: 284; Nijssen and Frambach, 2000: 125).
- Assembly of product parts in the shortest possible time and with the least amount of parts (Arnette et al., 2014: 377; Mital et al., 2008: 135; Nijssen and Frambach, 2000: 125).

### Design for Quality

Quality is one of the most important features that enable a product to be preferred by the customer. The Design for Quality (DFQ) methodology ensures that the quality of the product is achieved during the design phase. For this reason, product design at the quality level determined by the customers is very important in the processes and decisions of the enterprises in the process (Huang, 1996: 5; Kuo et al., 2001: 241). DFQ's goal is to design a "perfect product" that increases customer expectations, product quality and reliability. In order to achieve the purpose stated in the DFQ methodology, approaches such as Taguchi Method, Quality Function Deployment, Design Axiomatic Principles, Simultaneous Engineering, Product Safety and Quality Management Standards are utilized (Nepal et al., 2007: 388).

### **Design for Environment**

Design for Environment (DFE) methodology allows for consideration of the environmental impact of the product in new product design. It is a methodology used to design the product during its entire lifecycle, taking into account environmental safety and human health effects (Raja Ghazilla et al., 2015: 334; Knight and Jenkins, 2009: 550; Fitzgerald et al., 2007: 2; Giudice et al., 2006: 16; Knight, 2005: 529; Lindahl, 2005: 3). Therefore, taking into account the environmental impacts of the design and the product, the development of the product takes into account many factors such as environmental risk management, product safety, product health and safety effects, protection of natural resources and natural environment, prevention of environmental pollution and recovery at the end of product use (Giudice et al., 2006: 18; Karkkainen et al., 2001: 395; Kuo et al., 2001: 248).

While product development efforts in the last few years have mainly focused on the characteristics of a product in order to fulfill the expected functional characteristics of a product itself, external factors have gained importance as well as the characteristics of the product itself, from a wider perspective today. Prior to and after production, the impacts of the product on the environment, protection of natural resources, recycling after completion of the product's life, safety and healthiness are important external factors (Hermann et al., 2004: 5).

### **Design for Excellence**

Design for Excellence methodology can be used in all stages of the product development process, in product design, in the use of the product, or after completion of the product life cycle to design the product to meet current and future customer expectations (Gonzalez and Palacios, 2002: 264), it is an approach that provides appropriate material selection considering the environmental and human health effects (Araujo et al., 1996: 265).

### **Design for Product Life Cycle**

During product design, product lifecycle evaluation is done, it is included in the design and the product performance is measured in order to take these characteristics into account. It is an effective way to define the design needs for the life cycle of the product, to improve the design accordingly, and to ensure that the expectations of the product are provided to the customer (Kuo et al., 2001: 249). DFLC is a dynamic and proactive tool for improving the environment through product design. Market drivers and legislation motivate design for the life cycle struggle and take into account the whole system in which the product is created, used and deployed while making design decisions (Go et al., 2015: 17).

### **Design for Recyclability**

Design for recyclability (DFR) enables product designs that complements the technological lifetime, especially products made of metal or plastic, to be made into raw materials of reusable products taking into consideration the environmental impacts, and to conserve productive use of natural resources and protect the environment (Hatcher et al., 2011: 2007; Gaustad et al., 2010: 287). It also has a great proposition in R & D studies in today's businesses.

### **Design for Six Sigma**

The Six Sigma approach is a philosophy that has proven itself to be a major quality initiative in the last two decades and provides a systematic approach by implementing numerous tools within the framework of quality improvement methodology (Asad et al., 2006: 1). At the same time, to ensure customer satisfaction in accordance with the definition of quality is a management model that envisages the production of excellent quality goods and services with zero defects (Goudarzlou, 2008: 29; Yang and El-Haik, 2003: 41)

The commonly used Six Sigma Methodology is the DMAIC (define, measure, analyze, improve and control) which is most suitable for improving processes. A proactive approach such as Design for Six Sigma (DFSS) is required to optimize the quality of products and services (Goudarzlou, 2008: 29; Asad et al., 2006: 1). DFSS is a methodology developed to support the design of new processes, which is fairly new and develops more extensively (Arent, 2009: 21). DFSS also helps businesses avoid and anticipate faulty design of products, processes and services (Asad et al., 2006: 1).

### **Design for Sustainability**

More recently, on product design and production, the focus is on the development of prospective programs (Spangenberg et al., 2010: 1486) to provide basic theories and productive practices, including product life cycle and sustainability principles for social, economic and environmental benefits. The concept of sustainable development based on sustainable growth for environmental, economic and social benefits in this context is a crucial point in product design and production.

Products affect the environment in many ways throughout their life cycle. In the design phase for sustainability, environmental characteristics and effects are largely determined without moving from the design stage to the production stage of the products. Design for Sustainable (DFS) is considered the most effective process for improving sustainable performance and aims to minimize the environmental impact of products during the design phase of the product life cycle (Lu et al., 2011: 1).

#### **Design for Cost**

Design for Cost (DFC) is a design management effort that aims to reduce the cost of the product life cycle (production cost, sales cost, usage cost, maintenance cost, recycling cost, etc.). In traditional design management, designers attach importance to other design parameters rather than cost (Xiaochuan et al., 2004: 2834; Chuan, 2004: 293). However, product design in the DFC methodology should be considered equivalent to other design parameters such as cost, performance, timing and reliability in the design process. It is imperative that integration with other DFX methodologies is ensured so that the DFC can be executed efficiently (Xiaochuan et al., 2004: 2835; Chuan, 2004: 293).

#### **Design for Logistics**

Logistics is defined as the process of planning and implementing relevant information between the point of consumption and the point of production to meet the needs of the customers and it is a part of the supply chain process, which controls the forward and reverse goods flow and storage services efficiently and effectively. In this context, Design for Logistics (DFL) is a design methodology that emphasizes that logistics activities must be taken into account in the product creation process (Gubi, 2001: 47). DFL is also a system approach that includes logistical features such as usability, supportability, cost, quality, volume changes, on-time delivery, sequential frequencies, and the functional requirements of a designer (Dowlatshahi, 1999: 62). In other words, DFL is a design approach from the standpoint of a single company, taking into account the capacities of trading partners during product design to improve logistics efficiency and service levels (Kao, 2006: 34). In the next section, more detailed information on design for logistics will be given.

### **2.2. Design for Logistics**

As a requirement of the competition, enterprises are forced to produce quality and economical products, to provide quality service afterwards and to deliver their products at any time and place desired by the customer. This shows that the logistics activities of the enterprises constitute an important functional area for the success of these enterprises. Businesses should develop logistics activities in the light of the overall performance level of the business by taking them as competitive priorities and give priority to the work in this direction. Particularly, it should be noted that logistics has a significant share in customer satisfaction, maintenance and improvement of cost structures of enterprises. It is important to note that today's rapidly growing markets and countries' gross national product have a large share for logistics. In this context, logistics activities can be regarded as a performance dimension that directly affects the competitive power of the enterprises. Businesses have to give importance to logistics units as well as production activities and marketing activities simultaneously. The success of logistics depends on the ability to configure any technology that can contribute to business performance and to produce solutions that will provide customer satisfaction (Bilginer et al., 2008: 1-2).

Logistics is a concept that forms the basis of the thinking system for the calculations and results for the activities carried out in the enterprises (Bilginer et al., 2008: 2). The competition between businesses is increasingly evolving towards supply chains and logistics activities, and it clearly shows the importance given to the concept of logistics. Logistics in general is a system consisting of the processes of planning, executing and controlling the physical flow of goods, services and information from the output points to the consumption points to meet customer demands and expectations. In this framework, logistics consists of activities allowing providing the correct product to the correct customer in the correct place and time (Kotler and Armstrong, 2004: 419). Businesses gain market share advantage over their competitors when they provide the quality and quantity of products desire in the direction of their customers' demand, when they need it, when they want and where they want it, and at a reasonable cost. At the same time, businesses can capture competitive advantage in the market as a result of the implementation of an effective logistics chain, by providing products at low cost, customer service, or both (Pienaar, 2004: 9).

The DFX approach is based on and evaluated according to the qualities of aesthetics, robustness, ergonomics, interchangeability, logistics, sustainability, marketability, manufacturability, availability, reliability, reproducibility, security, planability, serviceability, simplicity, testability and portability in product design in the

early stages of concurrent engineering applications in the design process. The greatest impact and benefits of DFX are the product development process in the design phase. Design decisions made in the early stages of product design and development will have a significant impact on future production and logistics activities (Dowlatshahi, 1999: 59). Logistics activities are part of the supply chain process of planning, implementing and controlling efficient forward and reverse goods flow and storage services between the production and consumption points to meet the needs of the customers. In this context, Design for Logistics is a design model which requires logistic activities to be taken into consideration during product design and creation processes (Gubi, 2001: 47).

DFL is also a system approach that includes logistical features such as usability, supportability, cost, quality, volume changes, on-time delivery, and the functional requirements of a designer. As shown in Figure 1, DFL is divided into four subsystems: Logistics Engineering, Manufacturing Logistics, Design for Packaging, and Design for Transportability. These subsystems are similar in design, production, marketing, logistics, distribution, packaging and general product design (Dowlatshahi, 1999: 62). Designing for Packaging, Designing for Transportability, Logistics Engineering and Manufacturing Logistics should be simultaneously supervised and carried out during the design phase while design activities for logistics are carried out in consideration of the importance of logistics (Chiu and Okudan, 2011: 146; Dowlatshahi, 1999: 59).

In the context of the DFL process, the literature knowledge of Logistics Engineering, Manufacturing Logistics, Design for Packaging, and Design for Transportability are summarized in Table 1.

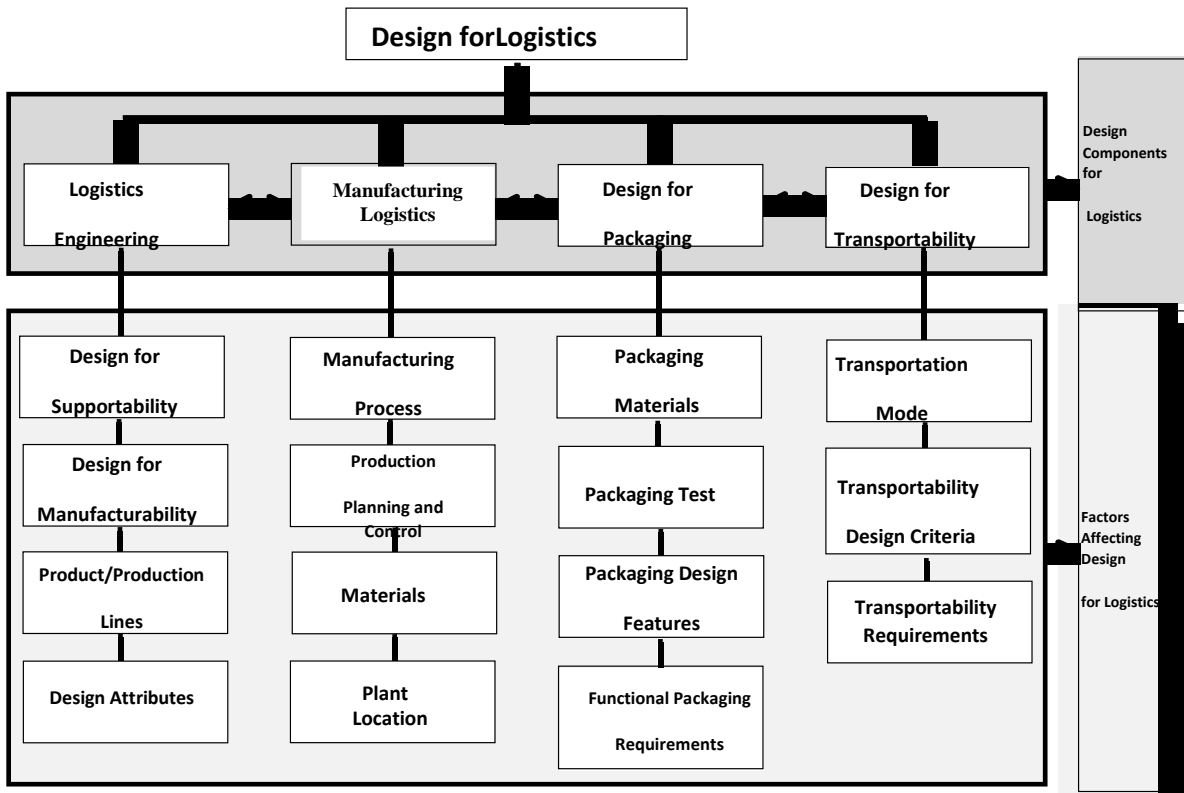


Figure 1. Hierarchical Structure of Design for Logistics (Source: Dowlatshahi, 1999: 64.)

Table 1. Design Components for Logistics

Design Components for Logistics	Explanation
Logistics Engineering	Logistics engineering deals with the supportability of products and systems throughout the product life cycle. It is also concerned with the design process when

	<p>the necessary conditions are met to make it conform to the latest design configuration. The subjects such as the size, weight, reliability, safety, manufacturability, cost of the product designed during the activities of logistics engineering should be an integral part of the design process (Gnanasekaran et al., 2003: 2). Logistics engineering also takes into account environmental impacts, energy savings, solid waste transport and disposal. In addition, design and logistics engineers should collaborate to develop robust and complete design features, periodic visits, effective planning and effective and continuous communication. Logistics engineering criteria also support life cycle aspects of product design (design for product supportability). Design factors related to the subsystem of logistics engineering are Design for Supportability, Design for Manufacturability, Product / Production Lines and Design Features (Dowlatshahi, 1999: 65).</p>
<b>Manufacturing Logistics</b>	<p>The characteristics of manufacturing processes and activities are important determinants in logistics activities and logistics system design. Productivity is a significant contributor to DFL as a key feature of product design (Dowlatshahi, 1999: 65; Gnanasekaran et al., 2003: 2). Design Factors related to Manufacturing Logistics sub-modules are Manufacturing Processes, Production Planning and Control, Materials and Factory / Facility Location (Gnanasekaran et al., 2003: 2).</p>
<b>Design for Packaging</b>	<p>Packaging is an important feature that creates the appearance of a product and increases its cost. Product packaging is an important marketing tool and has a significant impact on total product cost, ease of use and customer perception. Packaging at the same time protects the product from physical problems such as breakage and spillage. In the past, designers' design included only marketing and production requirements. This led to higher operating costs and inefficiency in terms of overall product and system performance. The design factors associated with the design module for packaging are in the form of Packaging Materials, Packaging Testing, Packaging Design and Features, and Functional Packaging Requirements (Dowlatshahi, 1999: 65; Gnanasekaran et al., 2003: 2; Klevås, 2006: 269).</p>
<b>Design for Transportability</b>	<p>Transportation costs are the most important factor in logistics costs for many businesses. An effective design for transportability directly affects competition between businesses, resulting in reduced scale economies and the price of goods and services. Design factors related to design subsystem for mobility are Transportation Mode, Design Criteria and Transportability Requirements (Dowlatshahi, 1999: 65; Gnanasekaran et al., 2003: 2).</p>

### **2.3. Importance and Benefits of Design for Logistics**

Logistic activity in recent years is an important competitive tool in terms of businesses. Logistic activities not only add value to business activities, but also increase the efficiency of operations. At the same time, it has become extremely important for the creation of customer value and the overall success of the business. Today, the developments shaping the business life and the rapid change force enterprises to be dynamic. Especially, it is the main factor to meet customer expectations and needs in a way that will benefit the highest level (Kasımoğlu, 2002: 4). In this context, competition between businesses is increasingly oriented towards logistics activities, which clearly shows the importance of logistics concept in terms of businesses (Kotler and Armstrong, 2004: 419). In addition to this, that the products are cheap only in terms of production and assembly isn't important in terms of competition. At the same time, customer situation, customer responsiveness and flexibility in market dynamics should be designed to be satisfactory for the customer. So, DFL is just as important (Mather, 1992: 7).

As a system approach, the DFL can be used to determine the functional requirements of the designer, as well as the usability, supportability, cost, quality, volume changes, on-time delivery, ordering intervals, logistics requirements (Kao, 2006: 35). DFL methodology is important in that it allows the designer to be an active participant in the design of logistics systems (Gnanasekaran et al., 2003: 5). At the same time, DFL increases logistics efficiency and service levels by considering the trading partners' capacities during product design (Kao,



2006: 34; Smichi, 2003: 1065). For this reason, the examination of the full scope and capacity of the logistics process during the design phase is crucial for the efficiency of the supply components and finally for delivery of the finished product (Kao, 2006: 34). On the other hand, having factors such as delayed product differentiation (Lee and Tang, 1997: 40; Hsu and Wang, 2004: 185; Kao, 2006: 36; Jewkes et al., 2008: 735), localization, partnership, concurrent processing and decomposition tasks and the restructuring of the line shows how important this methodology is. The most important benefit of these elements is that they give the firms postponement and flexibility (Kao, 2006: 36; Lee, 1993: 46). For this reason, DFL is an important design strategy supporting the strengthening and development of logistics. Logistics costs in the process up to storage, transportation materials and the delivery of the final customer through the supply chain constitute an important component of product costs. Therefore, the cost of incorporating design into logistics activities in the product design process will impact significantly and positively, and will provide a competitive advantage (Lee, 1993: 46).

In the light of these explanations, the possible benefits to the implementation of DFL activities can be expressed as follows:

- ✓ DFL methodology enables the designer to be active in the design of logistics systems (Mather, 1992: 7; Downlatshahi, 1999: 57; Gnanasekaran et al., 2003: 5.; Gubi, 2001: 47).
- ✓ DFL methodology can be developed based on different solutions with alternative solutions. Because of this feature, it benefits from the effectiveness of the designer as well as the efficiency of the solution procedures (Downlatshahi, 1999: 75).
- ✓ DFL methodology consists of limited, interconnected, or independent modules. So each module is effectively implemented in the DFL methodology and solves the fully defined part of the system. In this context, each of the DFL modules provides simultaneous design and implementation simplicity (Downlatshahi, 1999: 75).
- ✓ DFL methodology provides the ability to manage and organize a large number of design factors, as well as facilities and time benefits for businesses (Downlatshahi, 1999: 75).
- ✓ DFL methodology allows for different delivery times for different product types and ease of responding to different customer requirements as the logistics activities are taken into account during the product development phase (Downlatshahi, 1999: 75; Gubi, 2003: 47; Chiu and Okudan, 2011: 140).
- ✓ DFL methodology also provides benefits such as reducing the delivery time of the product, the quality and the flexibility in meeting customer demands (Ballou, 1999: 11; Downlatshahi, 1999: 75; Simchi-Levi et al., 2003: 1065; Gubi, 2001: 47; Sezen and Gök, 2004: 719).
- ✓ As a result of the application of the DFL methodology, businesses gain a competitive advantage over their competitors because they can afford to run the product continuously at the right time and place at the quality and quantity desired by their customers (Ballou, 1999: 11; Pienaar, 2004: 9; Kotler and Armstrong, 2004: 419).

### 3. CONCLUSION

As a result of the adoption and use DFX methodologies, the new product development process provides results for companies such as reduction of product development time and costs, product design, reliability, manufacturing technologies and safety, shortening the delivery time of the product, reducing the potential negative effects of the product on the environment and increasing customer satisfaction. In this context, DFL activity in the context of DFX methodology has been studied in the context of literature.

The DFL process consists of modules as Design for Packaging, Design for Transportability, Logistics Engineering and Manufacturing Logistics. Design for Packaging consists of the factors of packaging materials, packaging testing, packaging design features and functional packaging requirements. Transportability Design consists of factors of transportation mode, transportability design criteria and transportability requirements. Logistics Engineering consists of factors for designability, design for manufacturability, product/production lines and design attributes. Manufacturing Logistics consists of manufacturing processes, production planning and control, materials and factory/plant location factors.

Although cooperation in logistics and design activities is also valid for the variety of manufacturing logistics (Manufacturing Operations, Production Planning and Control, Materials and Factory/Facility Location), each firm has a certain set of characteristics resulting from its own particular circumstances and environment, thus care must be taken to ensure that suitable and customized programs are selected. This process allows for more focus on the more important future issues that require attention. If the logistics unit is not a legitimate authority

and representative in the design process of the enterprises, it is inevitable that they fail. In this context, the senior management should encourage logistical participation in the design phase in the real sense. Companies need to know that if they are viewed as an abstract process that is performed sequentially rather than concurrently, then they cannot achieve significant success. An effective dialogue between logistics and design can only take place when barriers and obstacles are removed. At this stage, the support of upper management and a positive institutional culture are necessary to encourage the idea of such an environment. In this context, companies need to concentrate on DFL to be able to compete globally and achieve cost savings.

As a result, an effective logistic design to be implemented in the design phase is of great importance in terms of business performance and customer satisfaction. DFL, one of the DFX methodologies that enables you to respond to rapidly changing market conditions and increasingly diverse customer needs at the same pace, is an increasingly popular approach in recent years, like other DFX methods. Therefore, businesses can achieve significant gains with DFL application.

In this study, DFL methodologies and the possible benefits that could be obtained as a result of applying these methodologies were evaluated in the context of literature. In subsequent studies, field studies to be conducted on a sectoral basis in order to examine the feasibility of DFL methodologies will provide significant contributions to the literature and they will shed light on whether the possible benefits expressed in the literature are provided on a sectoral basis.

## REFERENCES

- Akyüz, B. & Yayla, A.Y. (2005), “Ürün Geliştirme Çalışmalarını Hızlandırmada Kullanılan Araç ve Teknikler”, 1. Uluslararası Mesleki ve Teknik Eğitim Teknolojileri Kongresi-MTET 2005, İstanbul, 5-7 Eylül, 1088-1093.
- Araujo, C.S., Benedetto-Neto, H., Campello, A.C., Segre, F.M. & Wringht, I.C. (1996), “The Utilization of Product Development Methods: A Survey of UK Industry”, *Journal of Engineering Design*, 7(3), 265-277.
- Arendt, M. (2009), “Innovation And Design For Six Sigma”, *Economics And Organization of Enterprise*, 4(2), 22-32.
- Arnette, A.N., Brewer, B. & Choal, T. (2014), “Design for sustainability (DFS): The intersection of supply chain and environment”, *Journal of Cleaner Production*, 83, 374-390.
- Asad, U., Ayon, C. & Kay, Chuan C. (2006), “Comparative Study Of DFSS in Product And Service Innovation”, In *Proceedings Asian Network for Quality Congress, ANQ, Singapore*, 1-11.
- Babu, B. J. C., Prabhakaran, R. T. & Agrawal, V. P. (2008), “DFX Analysis Applied to Composite Products”, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 27(3), 287-311, Los Angeles, London, New Delhi and Singapore.
- Ballaou, R.H. (1999), *Business Logistics Management; Planning, Organizing and Controlling The Supply Chain*, Fourth Edition, Prentice Hall, New Jersey.
- Batalha, G.F. (2012), “Design for X -Design For Excellence”, *Open Access Library*, 6(12), 1-166.
- Bilginer, N., Kayabaşı, A. & Emre Sezici, (2008), “Lojistik Faaliyetlerin Süreçsel Etkinliğine Etki Eden Faktörlerin Değerlendirilmesi Üzerine Ampirik Bir Çalışma”, *Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, 22, 1-21.
- Booker, J. D., Swift, K. G. & Brown, N. J. (2005), “Designing for assembly quality: strategies, guidelines and techniques”, *Journal of Engineering Design*, 16(3), 279-295.
- Boothroyd, G., Dewhurst, P. & Knight, W. A. (2011), *Product design for manufacture and assembly*, Third Edition, CRC Press Taylor & Francis Group, New York.
- Büyüközkan, G. (2005), “Ürün Geliştirme Sürecine Destek Tasarım Teknikleri ve Anahtar Başarı Faktörleri”, V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul.
- Chiu, M.C. & Okudan Kremer, G.E. (2011), “Investigation of the applicability of Design for X tools during design concept evolution: a literature review”, *Int. J. Product Development*, 13(2), 132-167.
- Chuan, C. X. (2004), “The Relationship between Design For Environment (DFE) and Design For Cost (DFC)”, *World Engineers’ Convention 2004*, November 2-6, Shanghai, China, Vol G, s. 293-296
- Dolsak, B. (2007), “Intelligent Design for X”, *Proceedings of the 7th WSEAS International Conference on Systems Theory and Scientific Computation*, Athens, Greece, August 24-26, 211-214.
- Dowlatsahi, S. (1999), “A modeling approach to logistics in concurrent engineering”, *European Journal of Operational Research*, 115, 59-76.

- Driscoll, M. (2002), “Design for manufacture”, *Journal of Materials Processing Technology*, 122, 318–32.
- Ehrs, M. (2012), Is the automotive industry using design for assembly anymore?, *Vaasan Yliopisto Industrial Management*, 27, November, 1-281.
- Favi, C., Germani, M. & Mandolini, M. (2016), “Design for Manufacturing and Assembly vs. Design to Cost: toward a multi-objective approach for decision-making strategies during conceptual design of complex products”, *Procedia CIRP*, 50, 275-280.
- Fitzgerald, D. P., Herrmann, J.W., Sandborn, P. A., Schmidt, L. C. & Gogoll, T. H. (2007), “Design for Environment (DfE): Strategies, Practices, Guidelines, Methods, and Tools”, Chapter 1 in *Environmentally Conscious Mechanical Design*, M. Kutz, Editor, John Wiley & Sons Inc.: Hoboken, New Jersey, 1-24.
- Gaustad, G., Olivetti, E. & Kirchain, R. (2010), “Design for Recycling Evaluation and Efficient Alloy Modification”, *Journal of Industrial Ecology*, 14(2), 286-308.
- Gnanasekaran, J.S., Rathishkumar, J.S. & Shanmugasundharam, S. (2003), “Concurrent Engineering Approach for Modeling to the Logistics”, *Proceedings Of The International Conference On Mechanical Engineering 2003 (ICME2003)*, 26-28 December, Dhaka, Bangladesh.
- Gonzalez, J.M.F. & Palacios, M.B.T. (2002), “The Effect of New Product Development Techniques on New Product Success in Spanish Firm”, *Industrial Marketing Management*, 31, 263-269.
- Gubi, E. (2001), “Design for logistics”, 7th IFPMM Summer School on Advanced Purchasing Research, Salzburg, 47-61.
- Giudice, F., La, Rosa, G. & Risitano, A. (2006), “Product Design for the Environment A Life Cycle Approach”, CRC Press Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742, 1-471.
- Go, T.F., Wahab, D.A. & Hishamuddin, H. (2015), “Multiple generation life-cycles for product sustainability: the way forward”, *Journal of Cleaner Production*, 95, 16-29.
- Goudarzlou, A. (2008), “The Effect Of Implementing Design For Six Sigma In New Service Development”, For The Degree Of Master Thesis, Engineering Department Of Industrial & Systems Engineering National University, Singapore, 1-137.
- Haik, Y. (2003), “Engineering Design Process”, Tomson Learning, Inc., USA.
- Hatcher, G.D., Ijomah, W.L. & Windmill, J.F.C. (2011), “Design for remanufacture: a literature review and future research needs”, *Journal of Cleaner Production*, 19, 2004-2014.
- Hepperle, C., Biedermann, W., Böcker, A. & Lindemann, U. (2011), “Design For X- Guidelines and Lifecycle Phases With Relevance For Product Planning-An MDM-Based Approach”, 13Th. International dependency And Structure Modelling Conference, DSM’1 Cambridge, Massachusetts, USA, September 14-15, 215-228.
- Herrmann, W.J., Cooper, J., Gupta, K.S., Hayes, C.C., Ishii, K. & Kazmer, D.(2004), “New Directions In Design For Manufacturing”, Department of Mechanical Engineering and Institute for Systems Research, University of Maryland, 2-11.
- Holt, R. & Barnes, C. (2009), “Towards an integrated approach to ‘Design for X’: An agenda for decision-based DFX research”, *Res Eng Design*, 21, 123-136.
- Hsu, H.M. & Wang, W.P. (2004), “Production, Manufacturing and Logistics: Dynamic programming for delayed product differentiation”, *European Journal of Operational Research*, 156, 183-193.
- Huang, G.Q. (1996), “Design For X ”, Chapman&Hall, London, UK.
- Iwaya, L. H., Rosso Jr, R. S. U. & Hounsell, M. da S. (2013), “A Design for Assembly application with dynamic information retrieval from case database”, 11th IFAC Workshop on Intelligent Manufacturing Systems The International Federation of Automatic Control, May 22-24, 2013. São Paulo, Brazil, 186-191.
- Jewkes, E. M. & Alfa, A. S. (2009), “A queueing model of delayed product differentiation”, *European Journal of Operational Research*, 199, 734-743.
- Kao, H. (2006), “Design For Logistics in Set-Based Concurrent Engineering Environment”, *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, 23(1), 34-47.
- Karkkainen, H., Piippo, P., Puumalainen, K. & Tuominen, M. (2001), “Assessment of hidden and future customer needs in Finnish business-to-business companies”, *R&D Management*, 31(4), 394-406.

- Kasımoğlu, M. (2002), “İş Ekolojisinin Yeni Paradigması”, Marmara Üniv. SBE Hakemli Dergisi Öneri, 17(5), Year: 8, 4-12.
- Klevås, J. (2006), “Design For Packaging Logistics”, International Design Conference-Design 2006 Dubrovnik - Croatia, May 15-18, 269-276.
- Khan, Z. (2008), “Design for assembly”, Assembly Automation, 28(3), 200-206.
- Knight, W. (2005), “Integrated Design For Manufacture, Service And Environment”, Advances in Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering, 17-30.
- Knight, P. & Jenkins, J.O. (2009), “Adopting And Applying Eco-Design Techniques: A Practitioners Perspective”, Journal of Cleaner Production, 17, 549-558.
- Ko, J. & Hu, S. J (2008), Balancing of manufacturing systems with complex configurations for delayed product differentiation, International Journal of Production Research, 46(15), 4285-4308.
- Kotler P. & Armstrong, G. (2004), Principles of Marketing, International Edition, Tenth Edition, Pearson, Prentice Hall, USA.
- Kuo, T.C., Huang S.H., & Zhang H.C., (2001), “Design for manufacture and design for X: concepts, applications and perspectives”, Computer & Industrial Engineering, 41, 241-260.
- Lee, H. L. (1993), Design for Supply Chain Management: Concepts and Examples, In: Perspectives in Operations Management: Essays in Honor of Elwood S. Buffa, Ed. by R. Sarin. Kluwer Academic Publishers, Boston, 45-65.
- Lee, H. L. & Tang, C. S. (1997), “Modelling The Costs and Benefits Delayed Product Differentiation”, Management Science, 43(1), 40-53.
- Lehto, J., Harkonen, J., Haapasalo, H. , Belt, P., Mottonen, M. & Kuvaja, P. (2011), “Benefits of DfX in Requirements Engineering”, Technology and Investment, 2, 27-37.
- Lindahl, M. (2005), “ Engineering Designers’ Requirements on Design for Environment Methods and Tools”, Doctoral Thesis, Department of Machine Design Integrated Product Development Royal Institute of Technology 10044 Stockholm, Sweden, 1-90.
- Lu, B., Zhang, J., Xue, D. & Gu, P. (2011), “Systematic Lifecycle Design for Sustainable Product Development”, Concurrent Engineering, DOI: 10.1177/1063293X11424513, 1-18.
- Mather, H. (1992), “Design for logistics (DFL) - The next challenge for designers”, Production and Inventory Management Journal, 33(1), 7-10.
- Mital, A., Desai, A. & Subramanian A. (2008), “Designing for Assembly and Disassembly”, Product Development, 135-177.
- Namouz, E., Summers, J. D. & Mocko, G. M., 2012, “Reasoning: Source of Variability in the Boothroyd and Dewhurst Assembly Time Estimation Method”, Gs Of The 2012 International Design Engineering Technical Conferences & Computers And Information in Engineering Conference Idetc/Cie 2012 August 12- 15, 2012, Chicago, Illinois, USA, 1-9.
- Nepal, B., Monplaisir, L. & Singh, N. (2006),” A methodology for integrating design for quality in modular product design”, Journal of Engineering Design, 17(5), 387-409.
- Nijssen, J.E. & Frambach, T.R. (2000), “Determinants of the Adoption of New Product Development Tools by Industrial Firms”, Industrial Marketing Management, 29, 121-131.
- Otto, K.N. & Wood K.L.,(2001), “Product Design Techniques in Reverse Engineering and New Product Development”, Prentice-Hall Inc., ISBN.0-13-021271-7,USA.
- Pienaar, W. J. (2004), “Logistics: It’s Origin, Conceptual Evolution And Meaning as a Contemporary Management Discipline”, International Logistics Congress 2004, Conference Proceedings Vol: I, Dokuz Eylül Pub., ILC İzmir, December 2-3, 1-10.
- Shoval, S., Efatmaneshnik, M. & Ryan, M. J. (2017), “Assembly sequence planning for processes with heterogeneous reliabilities”, International Journal of Production Research, 55(10), 2806-2828.
- Sezen, B. & Gök, M. (2004), “Logistics Management and Just-In-Time Manufacturing Systems”, International Logistics Congress 2004, Conference Proceedings, Vol: II, Dokuz Eylül Pub., ILC İzmir, 719-727.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P. & Simchi-Levi, E. (2000), “Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies”, McGraw-Hill.
- Spangenberg, J.H., Fuad-Luke A. & Blincoe K. (2010), “Design for Sustainability (DfS): the interface of sustainable production and consumption”, Journal of Cleaner Production, 18, 1485-1493.

- Tichem, M. & Storm, T. (1997), “Designer Support For Product Structuring-Development Of A DFX Tool Within The Design Coordination Framework”, *Computers in Industry*, 33(2/3), 155-163.
- Tomiyama, T., Gu, P., Jin, Y., Lutters, D., Kind, Ch. & Kimura F. (2009), “Design methodologies: Industrial and educational applications”, *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 58, 543-565.
- Trybula, W. J. & Konopka, J. (1995), “Development of Design for Manufacture”, 1995 IEEE1CPMT Int'l Electronics Manufacturing Technology Symposium.
- Watson, B. & Radcliffe, D. (1998), “ Structuring Design For X Tool Use for Improved Utilization”, *Journal of Engineering Design*, 9(3), 211-223.
- Weber, G.N. (2006), Looking at “DFX” and “Product Maturity” from Product and Product Development Processes”, *Design Theory*, 85-101.
- Xiaochuan, C., Jianguo, Y., Beizhi, L. & Xin-An, F. (2004), “Methodology and Technology of Design For Cost (DFC)”, *Proceedings of the 5th World Congress on Intelligent Control and Automation*, June 15-19, Hangzhou, P.R. China, 2834-2840.
- Xiaochuan, C. (2004), “The Relationship between Design For Environment (DFE) and Design For Cost (DFC)”, *World Engineers' Convention 2004*, November 2-6, Shanghai, China, Vol G, 293-296.
- Xie, S.Q., Tu, P.L. & Zhou, Z.D. (2004), “Internet-based DFX For Rapid And Economical Tool/Mould Making”, *Int J Adv Manuf Technol*, 24, 821-829.
- Yang, K. & El-Haik, B. (2003), “Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development”, McGraw-Hill, New York.
- Yang, M.C. (2007), “Design Methods, Tools, And Outcome Measures: A Survey of Practitioners”, *Proceedings of IDETC/CIE 2007 ASME 2007 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference* September 4-7, 1-9, Las Vegas, Nevada, USA.

## DEPO İÇERİSİNDE SİPARİŞ TEMELLİ TOPLAMADA DURMA NOKTALARININ BELİRLENMESİ İÇİN MATEMATİKSEL MODEL ÖNERİSİ

Şükrü İmre  
İstanbul Teknik Üniversitesi

Aycan Kaya  
İstanbul Teknik Üniversitesi

Hakan Yorulmuş  
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dilay Çelebi  
İstanbul Teknik Üniversitesi

### ÖZET

Toplama aracının sipariş toplama listesine göre nerede duracağı ve durduğu noktada hangi hücrelerden ürünlerin toplanması gerektiği sipariş temelli toplama yapan firmaların yoğun olarak karşılaştığı problemler arasında yer almaktadır. Depo içerisindeki operasyonların çeşitliliği sebebiyle, bu problemin çözülmesinde kullanılabilir genel bir model literatürde yer almamaktadır. Bu çalışma kapsamında, sipariş toplama problemini çözen bir tam sayılı programlama modeli önerilmiştir. Modelin amacı bir perakende firmasının deposundaki sipariş bazlı toplama yapılan koridorlardaki hücrelerde taleplere göre operatörün kat etmesi gereken toplam mesafeyi minimize etmektir. Geliştirilen modele göre toplama yapan aracın, hangi noktalarda durması, durduğu noktalarda hangi hücrelerden toplama yapması gerektiği ve toplam talebi karşılamak üzere aracın hangi rotayı izlemesi ve kaç tur yapması gerektiği belirlenmektedir. Türkiye’de faaliyet gösteren bir perakende firmasından alınan veriler kullanılarak GAMS/Cplex programı yardımıyla model çözülmüş ve toplama yapan aracın en az yürüme mesafesiyle optimum durma noktaları belirlenmiştir. Ayrıca katarın ürün taşıma kapasitesi ve maximum toplama mesafesi parametreleri değiştirilerek duyarlılık analizi yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Sipariş Temelli Toplama, Depo, Matematiksel Model*

### ***MATHEMATICAL MODEL PROPOSAL FOR DETERMINING THE STOP POINTS IN ORDER PICKING***

### **ABSTRACT**

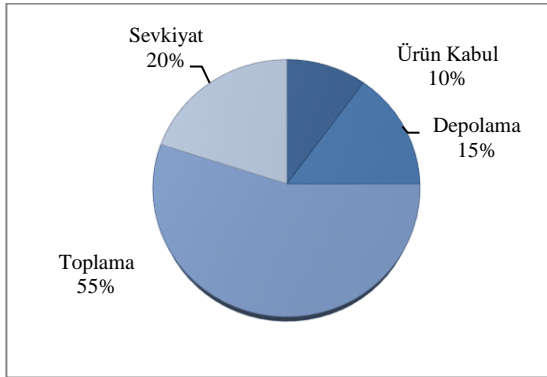
Companies having order-based picking systems commonly face with the problems associated with determining stop points of pickup vehicles and assignment of product cells for collection based on the order picking lists. As a result of variety of operations within the warehouse, a generic model to solve this problem does not exist in the literature. In this study, an integer programming model is proposed to solve an order picking problem. The purpose of the this model is to minimise the total distance an operator must walk to collect products from the cells in each corridor in the warehouse. According to the model developed, we determined: at which points the picking vehicle should stop, from which cells operators should collect the products, the routes that the vehicle should follow, and how many tours picking vehicle should make to meet the total demand. By gathering data from a retail company operating in Turkey, the mathematical model is solved by GAMS / Cplex programme and vehicle's optimum stopping points were determined to give a minimum walking distance. Furthermore, a sensitivity analysis is done over the load capacity and maximum collection distance parameters.

**Keywords:** *Order Picking, Warehouse, Mathematical Model*

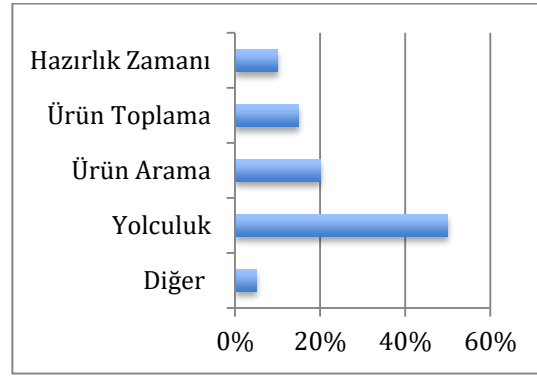
## 1. Giriş

Perakende sektörü, ülkelerin ekonomik koşullardan direkt olarak etkilenen sektörlerdendir. Özellikle ekonomik olarak kırılganlığın arttığı dönemler perakende zinciri üzerinde maliyetlerin azaltılmasına yönelik baskı yaratmaktadır (Çetinkaya, 2018). Diğer taraftan perakende sektörü son yıllarda gelişen teknolojiyle birlikte verimli yöntemlerin kullanımının yaygınlaştığı sektörlerdendir. Bu teknolojiler özellikle depo yönetimi aktivitelerinde kullanılabilir. Firmaların artan maliyetler karşısında operasyonlarını daha verimli bir hale getirerek maliyetlerini azaltmaları mümkündür.

Perakende sektörünün en önemli bileşenlerinden birisi depo yönetimidir. Sipariş bazlı toplamamın etkinliği, perakende sektöründe son kullanıcıya ulaştırılacak malların tam zamanında gitmesini önemli ölçüde etkilemektedir. Operasyonel maliyetler depo faaliyetlerinin en kritik maliyet kalemleridir. Depo operasyonlarının içerisindeki en yüksek maliyet oranına ise toplama operasyonu sahiptir (Tompkins vd., 2003). Şekil 1’den görüldüğü üzere toplama operasyonu toplam depo operasyonları ile ilişkili maliyetin %50’den fazlasını oluşturmaktadır. Toplama maliyetlerini sırasıyla sevkiyat, depolama ve ürün kabul operasyonları ile ilişkili maliyetler takip etmektedir. Ayrıca, depo içerisindeki sipariş toplama toplam işçilik maliyetinin %40-60’ına (Miller, 2004), toplam depo maliyetinin ise %55’ine denk gelmektedir (Roodbergen ve De Koster, 2001). Şekil 2’de ise sipariş bazlı toplamada operatörün hangi aktivitede ne kadar zaman harcadığının yüzdeleri gösterilmiştir (Tompkins vd., 2003). Buna göre sipariş bazlı toplamada en çok vakit alan aktivite operatörün yolculuk ettiği süredir.



Şekil 1. Yıllık operasyon maliyetinin dağılımı (Tompkins vd., 2003)



Şekil 2. Sipariş bazlı toplama aktivitelerinin zamansal olarak dağılımı (Tompkins vd., 2003)

Toplama sürelerinde yapılacak iyileştirme maliyetlerin azalmasına yardımcı olacak, ekonomik kırılganlığın ve rekabetin yoğun olduğu dönemlerde firmaya rekabet avantajı sağlayacaktır. Perakende sektöründeki firmalar akıllı depo yönetimi sistemlerini kullanarak sipariş bazlı toplamalarının zamanlarını düşürebilme imkanına sahip olmakta dolayısıyla depo operasyonlarının maliyetlerini düşürebilme şansı bulabilmektedirler. Toplama operasyonlarının maliyetlerini düşürmek ve etkin bir depo yönetimi sağlamak amacıyla bu çalışma kapsamında bir matematiksel model geliştirilmiş ve LC Waikiki firmasından temin edilen veriler kullanılarak modelin etkinliği test edilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümde literatür araştırması sunulmuştur. Üçüncü bölümde önerilen matematiksel modelin detayları paylaşılmıştır. Dördüncü bölümde, uygulama yapılan perakende firması hakkında bilgi ve modelin varsayımları verilmiştir. Sonuçlar beşinci bölümde tartışılmıştır. Gelecek çalışma altıncı bölümde bahsedilmiştir.

## 2. Literatür Araştırması

Depolama operasyonlarına ilişkin maliyetler firmaların lojistik firmalarının lojistik maliyetlerini ciddi düzeyde etkilemektedir. Dukic ve Tihomir (2010) yapmış oldukları çalışmada depo operasyonlarının, toplam lojistik maliyetleri arasında ABD’de %21’lik paya, AB’de ise %37’lik paya sahip olduğunu belirtmektedirler. Bu maliyetler arasında depolama, ulaşım ve envanter taşıma maliyetleri yer almaktadır. Depodaki toplam operasyon maliyetinin %55’i sipariş toplama operasyonlarından kaynaklanmaktadır. Bu çalışmaya göre sipariş toplama zamanı; ulaşım, ürünlerin toplanması ve kalan işlemler için gereken zaman olarak üçe bölünmüştür.

Ulaşım için harcanan zaman, sipariş toplama eylemi için gerçekleştirilen tüm aktiviteler için gerekli olan zamanın %50'sini oluşturmaktadır. Bu sebeple ulaşım zamanında iyileşme sağlanabilmesi için toplama rotalarının iyileştirilmesi gerekmektedir.

Literatürde sipariş bazlı toplamada, ürün kabulden gelen malların depolanma yöntemleri, müşteriden gelen siparişlerin gruplanması ve gruplanan siparişlerin toplanma rotasının belirlenmesi problemlerini ele alan çalışmalar bulunmaktadır. Sipariş gruplama problemi; bir turda birlikte toplanması gereken siparişlerin belirlenmesi problemidir. Sipariş toplama problemi ise bir turda ne kadar ürün toplanacağıdır.

Ürün kabulden gelen bilgilere göre depolama ya da depodaki boş bulunan alanlara atama stratejileri iyi bir toplama için önem arz etmektedir. Literatürde depolama eylemleri, ürünlerin talepleri, büyüklüğü, tehlikesi, sipariş hacimleri ve devir hızları dikkate alınarak yapılmaktadır (Dukic ve Tihomir, 2010; Gils vd. 2018). Gils vd. (2018) sipariş toplama için 4 farklı rota kombinasyonu oluşturmuş ve depo yerleştirme stratejileriyle sipariş bazlı toplamamın verimliliğini artırmak üzere bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, depolama yöntemleri, siparişlerin bir araya getirilmesi, bölge bazlı toplama ve rota stratejileri aynı anda uygulanmıştır.

Literatürde siparişlerin toplanması ve müşteriden gelen siparişlerin gruplanması problemi birlikte düşünülerek yöntemler geliştirilmiştir. Toplama rotası ve sipariş yığılması (batching) genel toplama performansını geliştirmektedir. Literatürde ayrı olarak bahsedilen siparişleri gruplama yöntemleri arasında sipariş grubu belirlemede, daha iyi parti kombinasyonları için fayda (saving) listesi oluşturulan yöntemler (Clarke ve Wright, 1964) ve genetik algoritmayla ulaşım zamanını minimum yapacak siparişleri gruplama yöntemi (Hsu vd., 2005) yer almaktadır. Yığın algoritmaları bölme/ayırma kararı ve rota kararıyla bir çözüm elde etmektedir. Bölme kararı, atamalardan parti oluşturmak için çok sayıda kombinasyon gerektirmektedir. Bundan dolayı, bölme kararları, parti sayısı, sipariş sayısı ve koridor sayısına önemli derecede bağlıdır (Hong ve Kim, 2017). Bu problemlerin çözümü için literatürde bahsedilen yöntemler arasında; S şeklinde, U-dönüşü (Return), orta nokta (Midpoint), büyük boşluk (Largest gap), S-şekil rota ile diğerlerinin birlikte uygulanabildiği birleşik rota yöntemleri bulunmaktadır (Dukic ve Tihomir, 2010; Hong ve Kim, 2017; Dijkstra ve Roodbergen, 2017; Gils vd., 2018). Diğer taraftan literatürde sipariş toplama için önerilen sezgisel temelli algoritmalar da bulunmaktadır. Şahin ve Kulak (2013) yapmış oldukları çalışmada çapraz geçitli depo yapıları için sipariş toplama problemini Genetik Algoritma (GA)-En Yakın Komşu ve GA-Kazanç adlı sezgisel yöntemlerle çözmüşlerdir. Theys vd., (2010) ise çoklu paralel koridorlarda sipariş toplama rotalarının oluşturulması ve siparişlerin sıralanması problemleriyle ilgilenmişlerdir. Klasik Gezgin Satıcı problemini yeniden formüle ederek sezgisel olarak çözmüşler ve kullandıkları LKH (Lin-Kerhighan-Heisgaun) yöntemiyle toplamda rota mesafesini %47 oranında iyileştirmişlerdir. Wedinger (2018) dikdörtgen alana yayılmış depolama alanında toplama operasyonları için rotalama problemini ele almıştır. Toplama operasyonları için tabu-arama algoritması literatürde sıklıkla tercih edilmektedir, bu çalışmada ise tabu-arama sezgiselinden daha az karmaşık olan bir sezgisel yöntem önerilmiştir. Dijkstra<sup>[1]</sup> ve Roodbergen (2017) yapmış oldukları çalışmada, oluşturdukları dinamik programlama yaklaşımı ile ürünlerin depoda hangi hücrelere yerleştirilmesi gerektiğini bulmuşlardır. İyi bir rota oluşturmak için iyi bir depolama yapmak gerekir prensibiyle bu çalışma, dinamik programlama yöntemiyle bir toplama planı oluşturmuşlardır. U-Dönüşü, S şekli, büyük boşluk ve orta nokta rotalama çeşitleri için dinamik programlamaya dayalı modeller geliştirmişlerdir. Kurulan modelin çözümü sonrasında büyük boşluk ve orta nokta rotaları en iyi sonuçları vermiş ve normal toplama zamanlarını iyileştirmişlerdir. Bu literatür çalışması kapsamında incelenen çalışmalara benzer olarak bu çalışma kapsamında da ürün toplama için rotalar belirlenmektedir, ayrıca önerilen 0-1 tamsayılı programlama modeli kullanılarak toplama araçları için optimal durma noktaları da belirlenerek operatörlerin yürüdüğü mesafe minimize edilmektedir.

### 3. Yöntem

Depo operasyonları maliyetlerinin en büyük kalemini oluşturan toplama ve ulaşım maliyetlerini minimize etmek amacıyla bu çalışma kapsamında 0-1 tamsayılı programlama modeli önerilmiştir. Model geliştirilmesi esnasında bazı varsayımlarda bulunulmuştur:

- Mesafe hesabı Öklid-mesafesi baz alınarak yapılmıştır.
- Tüm talepler karşılanmaktadır, talebi olan her hücreden ürün toplanması zorunludur.
- Bir mağazanın talebinin toplama aracının talebini aşmayacağı, aştığı durumda talebin bölündüğü varsayılmıştır.
- Tek bir yükleme/boşaltma alanının olduğu varsayılmıştır.
- Ürün talebi, operatörün bir seferde taşıyabileceğinden fazla olamaz, olduğu durumda modele aynı parametrelere sahip iki (veya daha fazla) farklı ürün olarak eklenir.



Geliştirilen matematiksel model ve ilgili parametreler şu şekildedir:

**Kümeler**

$i$	Ürünler
$k$	Turlar

**Parametreler**

$t_{ij}$	$i$ ve $j$ ürünü arasındaki mesafe
$d_i$	$i$ ürünün talebi
$f_i$	$\left. \begin{array}{l} \{1, i \text{ ürünü sipariş listesinde yer alıyorsa} \\ \{0, \text{diğer durumda} \end{array} \right\}$
$a$	Katarın toplam taşıma kapasitesi
$c$	Katarın bir noktada durmasının maliyeti
$r$	Katar durduğunda operatörün ürün toplayabileceği mesafe
$l$	Katarın yaptığı bir turun maliyeti
$M$	Büyük bir sayı

**Karar Değişkenleri**

$x_j$	$\left. \begin{array}{l} \{1, \text{katar } j \text{ ürünün olduğu yerde durursa} \\ \{0, \text{diğer durumda} \end{array} \right\}$
$y_{ijk}$	$\left. \begin{array}{l} \{1, \text{katar } k. \text{ turunda } j. \text{ ürünün önünde durup } i \text{ ürününü topluyorsa} \\ \{0, \text{diğer durumda} \end{array} \right\}$
$v_k$	$\left. \begin{array}{l} \{1, \text{katar } k. \text{ turunu yapıyorsa} \\ \{0, \text{diğer durumda} \end{array} \right\}$

**Matematiksel Model**

$$\text{Min } z = \sum_i \sum_j \sum_k t_{ij} y_{ijk} + \sum_j x_j c + l \sum_k v_k k \quad (1)$$

$$\sum_i \sum_k y_{ijk} \leq M x_j \quad \forall j \quad (2)$$

$$\sum_j \sum_k y_{ijk} = f_i \quad \forall i \quad (3)$$

$$\sum_i \sum_j d_i y_{ijk} \leq v_k a \quad \forall k \quad (4)$$

$$t_{ij} y_{ijk} \leq r \quad \forall i, j, k \quad (5)$$

$$x_j, y_{ijk}, v_k = \{0,1\} \quad \forall i, j, k \quad (6)$$

Amaç fonksiyonu operatörlerin yürüdüğü toplam mesafeyi, tur sayısını ve katarın ürün toplamak için durması gereken durak sayısını minimize etmektedir. Kısıt seti 2’de ise talebi olan ürünlerin duraklama için seçilen noktalardan birine atanmasını ve sadece bir turun içinde o ürüne ait talebin karşılanmasını sağlamaktadır. Kısıt seti 3 ise sadece talebi olan ürünlere katarın gitmesini garanti etmektedir. Kısıt seti 4 ise katarın toplama kapasitesinin aşılmasını engellemektedir. Kısıt seti 5’de ise operatörün belirli bir mesafe içerisinde toplama yapmasını sağlamaktadır. Kısıt seti 6’da ise işaret kısıtlarıdır.

#### 4. Vaka Çalışması

Yöntem bölümünde anlatılan modelin uygulaması, LC Waikiki perakende şirketinin sipariş temelli toplama operasyonlarının yürütüldüğü deposunda yapılmıştır. Bu depoda toplamda 48 koridor ve 6 yükleme/boşaltma yapılabilen alan bulunmaktadır. Mevcut durumda sipariş temelli toplama operatörler aracılığıyla 9 koli kapasiteli araçlarla yapılmakta olup bu araçların topladığı maksimum ürün sayısı 450 adettir. Bir aracı bir operatör kullanmaktadır. Mevcut durumda toplama yapılırken, önce verilen siparişlere göre ürün partileri oluşturulmakta ve daha sonrasında oluşturulan partilere göre her bir aracın izlemesi gereken rota en yakın komşuluk yöntemi kullanılarak belirlenmektedir. Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen vaka çalışmasında ise 10 koridor ve 1 yükleme/boşaltma alanından oluşan bir depolama bölgesi için geçmiş sipariş verileri kullanılarak matematiksel model GAMS/Cplex programı kullanılarak çözülmüştür. Katar kapasitesinin 1200 adet ve operatörün maksimum toplama mesafesinin 5 metre olduğu durum için operatörün toplam yürüdüğü mesafe 976.21 metredir, katar ise toplamda 385 talep noktasından ürün toplamak için 56 noktada durmuş ve toplamda 20 tur yapmıştır. Ayrıca katarın değişen kapasite değerleri ve operatörün değişen maksimum toplama mesafe değerleri için duyarlılık analizi yapılmıştır. Kapasite değerlerine göre yapılan duyarlılık analizinin sonucu Tablo 1’de gösterilmektedir.

**Tablo 1. Katarın Kapasite Değerlerine Göre Duyarlılık Analizi Sonuçları**

Koridorlar		Kapasite (adet)		
		450	800	1200
Koridor 1	Toplam mesafe	91.76	91.76	91.76
	Durma noktası sayısı	5	5	5
	Toplam tur sayısı	4	3	2
Koridor 2	Toplam mesafe	87.69	87.69	87.69
	Durma noktası sayısı	6	6	6
	Toplam tur sayısı	4	2	2
Koridor 3	Toplam mesafe	100.68	100.68	100.68
	Durma noktası sayısı	6	6	6
	Toplam tur sayısı	5	3	2
Koridor 4	Toplam mesafe	82.75	82.75	82.75
	Durma noktası sayısı	6	6	6
	Toplam tur sayısı	6	3	2
Koridor 5	Toplam mesafe	103.83	103.83	103.83
	Durma noktası sayısı	6	6	6
	Toplam tur sayısı	5	3	2
Koridor 6	Toplam mesafe	96.39	96.39	96.39
	Durma noktası sayısı	6	6	6
	Toplam tur sayısı	4	2	2
Koridor 7	Toplam mesafe	105.12	105.12	105.12
	Durma noktası sayısı	5	5	5
	Toplam tur sayısı	5	3	2
Koridor 8	Toplam mesafe	92.35	92.35	92.35
	Durma noktası sayısı	5	5	5
	Toplam tur sayısı	4	2	2
Koridor 9	Toplam mesafe	84.61	84.61	84.61
	Durma noktası sayısı	5	5	5
	Toplam tur sayısı	4	2	2
Koridor 10	Toplam mesafe	131.03	131.03	131.03

	Durma noktası sayısı	6	6	6
	Toplam tur sayısı	5	3	2

Tablo 1’de görüldüğü üzere katarın kapasite değerleri 450, 800 ve 1200 olarak değiştirilmiştir ve operatörün maksimum toplama mesafesinin 5 metre olduğu durum için model çözülmüştür. Her bir koridor için elde edilen sonuçlar ayrı olarak verilmiştir. Sonuçlardan da görüldüğü üzere, beklendiği gibi, kapasitenin artması katarın ne kadar durması gerektiğini ve operatörün toplamda yürüme mesafesini etkilemezken, katarın yapması gereken tur sayısını azaltmaktadır. Bazı koridorlarda örneğin koridor 8 ve 9 için ise kapasitenin 800 birimden 1200 birime artması tur sayısını değiştirmemiştir. Bunun sebebi o koridorlarda toplanması gereken toplam ürün miktarının 1600 birimden (800\*2 tur) küçük olmasıdır. Operatörlerin maksimum toplama alanı değeri 1, 3 ve 5 metre olacak şekilde katar kapasitesinin 1200 birim olduğu durum için model çözdürüldüğünde ise Tablo 2’deki sonuçlar elde edilmiştir. Operatörün maksimum toplama mesafesi azaldıkça yürümesi gereken mesafe azalmaktadır, ancak bu durumda katarın durması gereken nokta sayısı ciddi oranlarda artmaktadır. Katarın yapması gereken tur sayısı ise toplama mesafesi parametresinin değişmesinden etkilenmemektedir.

**Tablo 2. Operatörün Maksimum Toplama Alanına Göre Duyarlılık Analizi Sonuçları**

Koridorlar		Maximum toplama alanı (metre)		
		1	3	5
Koridor 1	Toplam mesafe	10	58.44	91.76
	Durma noktası sayısı	22	8	5
	Toplam tur sayısı	2	2	2
Koridor 2	Toplam mesafe	20	59.67	87.69
	Durma noktası sayısı	22	9	6
	Toplam tur sayısı	2	2	2
Koridor 3	Toplam mesafe	17	73.27	100.68
	Durma noktası sayısı	27	9	6
	Toplam tur sayısı	2	2	2
Koridor 4	Toplam mesafe	16	59.1	82.75
	Durma noktası sayısı	23	9	6
	Toplam tur sayısı	2	2	2
Koridor 5	Toplam mesafe	27	74.49	103.83
	Durma noktası sayısı	24	9	6
	Toplam tur sayısı	2	2	2
Koridor 6	Toplam mesafe	18	75.15	96.39
	Durma noktası sayısı	25	8	6
	Toplam tur sayısı	2	2	2
Koridor 7	Toplam mesafe	21	66.47	105.12
	Durma noktası sayısı	21	8	5
	Toplam tur sayısı	2	2	2
Koridor 8	Toplam mesafe	14	68.26	92.35
	Durma noktası sayısı	23	8	5
	Toplam tur sayısı	2	2	2
Koridor 9	Toplam mesafe	16	58.79	84.61
	Durma noktası sayısı		8	5
	Toplam tur sayısı	2	2	2
Koridor 10	Toplam mesafe	30	99.92	131.03

	Durma noktası sayısı	28	8	6
	Toplam tur sayısı	2	2	2

## 5. Sonuçlar

Perakende sektöründe depo operasyonlarına ilişkin maliyetler toplam lojistik maliyetleri açısından bakıldığında büyük bir orana sahiptir. Daha akıllı depolama sistemlerinin kullanılması ve mevcut süreçlerin iyileştirilmesi perakende sektöründe faaliyet gösteren firmaların maliyetlerini önemli düzeylerde azaltarak rakabetçiliklerini artıracaktır. Bu sebeple, bu çalışma kapsamında depo operasyonları içerisinde zaman ve maliyet açısından önemli bir yer tutan ürün toplama faaliyetleri ele alınmış ve bu süreçlerin iyileştirilmesi için bir matematiksel model önerilmiştir. Geliştirilen model, LCW firmasından sağlanan veriler kullanılarak test edilmiş ve çeşitli duyarlılık analizleri yapılmıştır. Katar kapasitesinin artmasının tur sayısını azalttığı ancak operatörün toplam yürüme mesafesi ve katarın durma sayısını etkilemediği gözlemlenmiştir. Operatörün maksimum toplama mesafesinin azalması ise operatörün toplamda yürüdüğü mesafeyi ciddi oranda azaltırken durma noktası sayısını önemli ölçüde artırmaktadır.

## 6. Gelecek Çalışma

Talep noktası sayısının ve talep miktarının az olduğu durumlarda model çok kısa sürelerde sonuç verdiği gözlemlenirken, talep noktası sayısının artması ile birlikte optimal sonuca daha uzun sürelerde ulaşılmıştır. Bu sebeple, gelecek çalışmalarda daha kısa sürede iyi çözümler verecek sezgisel bir model geliştirilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca, vaka çalışması sonucunda elde edilen sonuçların firmanın mevcut kullandığı sistemin sonuçları ile karşılaştırması henüz yapılmamıştır. Bir sonraki çalışmada bu analizin gerçekleştirilmesi ve modelin etkinliğin ölçülmesi planlanmaktadır.

## 7. Teşekkür

Desteklerinden dolayı LC Waikiki Mağazacılık Hizmetleri Ticaret A.Ş. ve İş Analitiği Departmanına teşekkür ederiz.

## 8. Kaynakça

- Clarke, G., & Wright, J. W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations Research*, 12, 568–581.
- Çetinkaya, F. (2018, 01 10). Sektörel Bakış 2018 Perakende. Retrieved 08 12, 2018, from <https://home.kpmg.com/tr/tr/home/gorusler/2018/01/sektorel-bakis-2018-perakende.html>
- Dijkstra, A. R. (2017). Exact route-length formulas and a storage location assignment heuristic for picker-to-parts warehouses . *Transportation Research Part E* , 38–59 .
- Dukic, G. T. (2010). Order-picking Methods and Technologies for Greener Warehousing. *Strojarstvo* 52, 23–31.
- Gils, T. R. (2018). Increasing order picking efficiency by integrating storage, batching, zone picking, and routing policy decisions . *International Journal of Production Economics* , 243–261 .
- Hong, S., Johnson, A. L., & Peters, B. A. (2012). Large-scale order batching in parallel-aisle picking systems. *IIE Transactions*, 44, 88–106.
- Hong, S. a. (2017). A route-selecting order batching model with the S-shape routes in a parallel-aisle order picking system. *European Journal of Operational Research* , 185-196.
- Hsu, C.M., Chen, K.Y., Chen, M.C. (2005). “Batching Orders in warehouse by minimizing travel distance with genetic algorithms”, *Computers in Industry*, 56: 169-178.
- Miller, A. (2004). Order Picking for the 21st Century: Voice vs. Scan Technology. [http://www.logisticsit.com/absolutenm/articlefiles/688-voice\\_vs\\_scanning.pdf](http://www.logisticsit.com/absolutenm/articlefiles/688-voice_vs_scanning.pdf) (12.08.2018)
- Roodbergen, K.J., De Koster, R., 2001. Routing order pickers in a warehouse with a middle aisle. *European Journal of Operational Research* 133, 32–43.
- Şahin, Y. a. (2013). Depo Operasyonlarının Planlanması İçin Genetik Algoritma Esaslı Modeller . *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi* , 141-153.
- Theys, C. B. (2010). Using a TSP heuristic for routing order pickers in warehouses . *European Journal of Operational Research* , 755–763 .
- Tompkins, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. A. (2003). *Facilities planning* (3rd ed.). Hoboken, NJ: John Wiley.

Weidinger, F. (2018). Picker routing in rectangular mixed shelves warehouses . Computers and Operations Research , 139–150.

## TECHNOLOGICAL FORECASTING IN MOBILE TELECOMMUNICATION INDUSTRY: A LITERATURE REVIEW

Gökhan Kalem  
Marmara University

Özalp Vayvay  
Marmara University

Bahar Sennaroglu  
Marmara University

Hakan Tozan  
Medipol University

### ABSTRACT

In the last decade, mobile telecommunication has remarkably become the leading industry in terms of economic magnitude in the world. The evolution of 3G and 4G (*Third & Fourth Generation of Mobile Telecommunications*) has made a huge contribution to the mobility. Nowadays the dramatical growth of smart devices and increasing consumption in mobile internet have been accelerating mobile technologies towards 5G (*Fifth Generation*). In this direction, industry players have to make their managerial decisions and draw strategies based on the forecasts. In this research, it is aimed to enhance the understanding of technological forecasting and explain the areas used in the telecommunication industry. In line with this objective, technological forecasting is firstly defined, then classified in accordance with the literature and finally explained in detail dealing with various forecasting methods. To summarize the results obtained herein, it can be simply considered that using several different forecasting methods simultaneously enable forecast analysts to acquire more efficient results from their forecasting studies.

**Keywords:** *Technological forecasting, telecommunication, mobile telephony*

## 1. INTRODUCTION

Mobile telecommunication, where customer focus is the main issue, has been one of the leading industries in the global economy. The world has witnessed lots of advances in the information and communication technologies after the first mobile dialog performed over GSM (*Global System for Mobile Communications*) network in 1991. Especially the development of 3G (*Third Generation of Mobile Telecommunications*) profoundly contributed to mobile life by means of reaching information via the internet everywhere and every time. Soon afterwards 4G (*Fourth Generation of Mobile Telecommunications*) has been implemented and dominated mobile telecommunication sector in 2010s till today.

MNOs (*Mobile Network Operators*), infrastructure suppliers, OEMs (*Original Equipment Manufacturers*) and OTTs (*Over the Top*) including mobile application developers, content providers and social media companies are the main players in the industry. It means a broader industry than the first day of mobile telecommunication. Voice technology was the driver of GSM technology in 1990s and early 2000s. However, video and social media applications have been driving the 3G and 4G technologies currently. Nowadays the mobile telecommunication is not only between humans, but also between systems and machines. Therefore, the dramatical growth of smart devices and increasing consumption in mobile internet and connectivity have been accelerating mobile technologies towards 5G (*Fifth Generation*) quickly than ever.

Today the industry players need a systematic approach much more than ever in order to respond to customer requirements and expectations under competition throughout the evolution of smart devices in the following mobile era. Especially mobile network operators have to make their managerial decisions and draw strategies based on the foresights and predictions on this area.

Eventually, technology related topics are considered major areas to make forecasting and use different decision making and selection algorithms in the recent years. There are lots of forecasting techniques that can be used to develop technology forecasts. These techniques will be explained in the later sections.

Finally, the main purpose of this research is to enhance the understanding of technological forecasting and explain the areas used in the telecommunication industry reviewing literature remarkably. This paper looks closer to the technological forecasting techniques and applications in telecommunication industry and the structure of the paper is presented as follows. Firstly, definition of the technological forecasting and techniques are given. Then, technological forecasting applications in telecommunications are investigated in detail. Based on the literature review in the related area, drivers are pointed out and use cases of various forecasting techniques are explained. At the end, the future of technological forecasting is discussed and ended with the conclusion remarks.

## 2. TECHNOLOGICAL FORECASTING

In this section, it is aimed to define technological forecasting and explain its objectives and areas encountered in the literature. Then classifications and techniques of technological forecasting are given briefly to clarify the topic from many aspects.

### 2.1. Definition and Purposes

Technological forecasting is defined as the attempt to project technology capabilities and to predict the inventions and spread of technological innovations (Ascher, 1978). According to Porter's definition, technological forecasting is 'anticipation of the character, intensity and timing of changes in technology'. Technological forecasting has a big impact on the design of new technologies. In general, technological forecasting performs systematic approach to foresee and understand the likely direction, characteristics and influences of technological changes, innovation, adoption and use (Porter, 2010).

A successful forecast is expected to provide maximize gain and minimize loss from future conditions. Therefore, almost all organizations in the industry need a technological forecast to be able to allocate their resources to the particular purposes and directions on time.

### 2.2. Techniques

It is possible to face with various classifications for forecasting techniques in the literature. Table 1 divides these methods into three categories. Firstly, *direct* methods try to forecast parameters which make measurement capacity or another attribute of the technology. Secondly, *correlative* methods performs formal or informal assumptions regarding the relationship between the technology and elements of its context. Lastly, *structural* methods deal the interaction between technology and context to depict the paths connecting various elements to each other and to technology (Porter et al., 1991).

**Table 1. Categorizing technology forecasting methods** (Porter et al., 1991)

Category	Definition	Methods
<i>Direct</i>	Direct forecast of parameters that measure an aspect of the technology	Expert opinion, Delphi surveys, nominal group technique, time series analysis, trend extrapolation, growth curves, substitution curves, life cycle analyses
<i>Correlative</i>	Correlates parameters that measure the technology with parameters of other technologies or other background forecast parameters	Scenarios, lead-lag indicators, cross-impact analyses, technology progress functions, analogy
<i>Structural</i>	Explicit consideration of cause-and-effect relationships that affect growth	Causal models, regression analyses, simulation models, gaming, relevance trees, mission flow diagrams, morphology

In the recent years, numerous methods have evolved for technological forecasting, but the quality of such forecast results profoundly depend on appropriate selection and practice of proper techniques on the technology. The next section investigates these forecasting applications encountered in telecommunications.

### 3. TECHNOLOGICAL FORECASTING IN TELECOMMUNICATIONS

The telecommunication industry is regarded as a market-driven industry. So, technological progress and market development are nearly coupled with a high rate in change. It is really required in order to invest correctly and to continue being a competitive player by keeping the company robust throughout the advances and changes in the local and also global environment. In this section, application areas of technological forecasting techniques in telecommunications are researched thoroughly by separating them into three subclasses; mobile telephony and subscription, broadband internet and mobile services, and telecommunication technologies.

Summary of papers identified in this section is given in Table 2 together with their analyses in terms of methodology. The methodologies are compared in detail with strength and weakness of the models used in these researches.

**Table 2. The summary of literature in the technology forecasting in telecommunications**

Title	Year	Methodology	Result
A genetic algorithms approach to growth phase forecasting of wireless subscribers	2002	Bass diffusion model, genetic algorithm	It is found that the predictions from GA (Genetic Algorithm) are robust across many datasets and are better than OLS and NLS with respect to both Relative Absolute Error (RAE) and predictions of time to peak sales.
Long-term technological forecasting	2004	Delphi method, identifying precursor events, trend-curve fitting, and forecasting by analogy	Paper reviews possible methods of technology forecasting and predicts Chinese cellular phone use per 100 inhabitants by analogy using comparable data from Korea, Japan and the US.
The future of the mobile phone business	2007	S-curve, Logistic curve, Natural growth	Active mobile accounts around the globe are expected to grow from 1.7 billion in 2004 to approximately 2 billion in 2008, reaching a peak penetration of 29.2%.



Demand forecasting of high-speed Internet access service considering unknown time-varying covariates	2008	Diffusion model, growth curve model	The proposed model achieved a high accuracy in the case of Internet services.
Diffusion models of mobile telephony in Greece	2008	Bass model, Gompertz model, Fisher–Pry model and Logistic model	Gompertz model is considered as the most appropriate, based on the lowest values of MAPE over the data corresponding to the withheld period (HB) as well as the data that correspond to the take-off dataset (TO).
Technology forecasting for wireless communication	2008	DEA	This forecast predicts that in order for successors to the CDMA based technologies (CDMA 2000 and WCDMA) to be technologically state-of-the-art in 2011.
Diffusion models of mobile telephony	2010	Diffusion models and ARMA	Empirical results demonstrate that the Gompertz model outperforms the other models for the period prior to diffusion take-off, whereas the Logistic model is superior after diffusion inflection.
A look into the future of wireless mobile communication technologies	2010	Trend extrapolation method, regression analysis	A combination of technical parameters (channel bandwidth, channel bit rate, and data capacity) can explain heterogeneous wireless mobile communication technologies.
A computational intelligence-based forecasting system for telecommunications time series	2012	Takagi–Sugeno–Kang fuzzy neural system, time series forecasting	The ability of the proposed system to forecast telecommunication time series has been evaluated by applying it on real-world data.
The diffusion of mobile telephones: An empirical analysis for Peru	2013	Gompertz and Logistic models	The empirical results indicate that the Gompertz model is the most appropriate.
A two stage fuzzy piecewise logistic model for penetration forecasting	2014	Fuzzy piecewise regression, Multiple objective programming, Delphi method	A comparison of the results shows that the proposed model outperforms the technology substitution model and the Norton and Bass diffusion model.
An integrated model for analyzing the development of the 4G telecommunications market in Taiwan.	2014	Conjoint analysis, Delphi method and diffusion model	Suggestions are provided for policy making and strategic actions for 4G stake holders.
The diffusion of mobile telephony in Kazakhstan: An empirical analysis	2016	Logistic, Gompertz and Bass models	It was found that the best fit model of the diffusion process for mobile telephony in Kazakhstan is Gompertz.

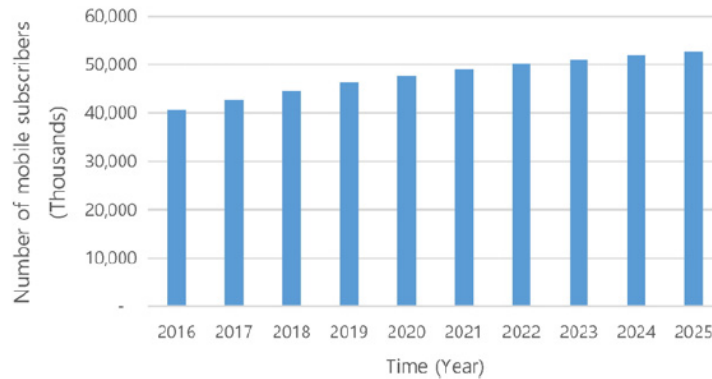
The effect of service rollout on demand forecasting: The application of modified Bass model to the step growing markets	2016	Bass diffusion model	The resulting plan is a network deployment strategy that defines temporal sequence of network layouts.
The effects of price, popularity, and technological sophistication on mobile handset replacement and unit lifetime	2016	Rayleigh, Weibull, and Gamma distribution and regression analysis	The results show that median unit lifetimes decreased during the second half of the study period, indicating a structural change in the mobile handset market.
Forecasting mobile broadband traffic: Application of scenario analysis and Delphi method	2016	Scenario Analysis and Delphi Method	The research findings indicate that mobile traffic will increase rapidly, and the patterns of use for mobile devices will change to some extent.

### 3.1. Mobile Telephony and Subscription

Mobile subscriber number is one of the most important forecast variables in the telecommunications because almost all projections are drawn based on subscriber number to forecast.

Initially, S-curve is taking a fundamental part in the forecasting of the diffusion of mobile technology in a market because it reflects natural growth of an emerging technology. As an example, with the help of this method, the world, Europe and China markets are predicted in the age of GSM by using actual mobile accounts data. The model of natural growth provides numerical estimates and remarkably develops the basic trends for the markets (Boretos, 2007). Similarly in another study, a long-term technological forecast of the Chinese mobile telephony market is figured out (Jeon et al., 2004).

Furthermore, the number of mobile phones is frequently forecasted by means of various diffusion models in the literature. The most famous one amongst these models is *Bass Diffusion Model* (or *Norton-Bass Model*). Norton and Bass (1987) develop this model to describe the process of how new products get adopted in a population. In addition to Bass, both Gompertz and Logistic models are commonly used to investigate mobile telephony diffusion. Most of the forecast studies utilizes these models by comparing or integrating with each other to improve the forecast results. In one of them, mobile phone data for Taiwan between 1988 and 2007 is analyzed to compare three diffusion models in terms of the forecasting capabilities of three conventional diffusion models over the S-shaped diffusion curve. Basic results show that the Gompertz model is superior to the other models for the period of diffusion take-off whereas the Logistic model is better after diffusion inflection (Wu and Chu, 2010; Yamakawa et al., 2013; Michalakelis et al., 2008) Moreover, it is attempted to predict the demand of mobile telephony in Kazakhstan, where the number of subscriptions exceeded the total population since 2009, over the next ten years using a modified Gompertz model in which affecting factors are included. The results can be seen in Figure 1 (Sultanov et al., 2016).



**Figure 1. Demand forecasting of mobile telephony in Kazakhstan** (Sultanov et al., 2016)

As another diffusion based survey, possible scenarios of evolution of 2G, 3G, WiMAX and LTE (known as 4G) technologies in Taiwan are accurately analyzed over the next 10 years and then sales volume is forecasted for these technologies for each scenario by depending on Norton-Bass technique (Tseng et al., 2014).

Besides diffusion models, the other forecasting tools such as Rayleigh, Weibull, and Gamma distributions are substantially utilized in the literature (Riikonen et al., 2016). In another research, genetic algorithm is applied as a meta-heuristic technique in conjunction with the Bass model so as to productively make forecasts during the growth phase of a new product life cycle. Mobile phone adoption data from seven European countries is used in the study to display the advantages of this combined method (Venkatesan and Kumar, 2002).

### 3.2. Broadband Internet and Mobile Services

Diffusion models play an important role in the forecasting of mobile telephony in the industry as stated in the previous section. These techniques are also used in order to forecast demand or consumption in the high-speed (broadband) internet and mobile internet services. In accordance with this purpose, a model is proposed to achieve a high accuracy in the case of internet services provided by a telecommunication company in Korea. The proposed model can be executed for the prediction of demand in new information and communication services, particularly when the influences of time-varying variables are unknown (Sohn et al., 2008).

Further, mobile broadband traffic is forecasted in Korean market by focusing on the devices and usage patterns for mobile services. The research utilizes Delphi technique to complete the experts' opinion in the mobile traffic forecasting over 10 years and scenario analysis to account for uncertainty of dynamic situations in the future. The obtained results display that mobile internet traffic will ascend quickly and the usage pattern of mobile users will change to the higher level (Lee et al., 2016).

### 3.3. Telecommunication Technologies

Technology Forecasting using Data Envelopment Analysis (TFDEA) was initially developed in 2001 as an alternative quantitative approach in the technology forecasting area (Anderson et al., 2001). Firstly, DEA based technique is used to introduce a framework to forecast the wireless communication technologies by including three steps that are technology characterization, assessment and then forecasting. It also stands as the first paper that TFDEA has been applied to wireless communication systems in the industry (Anderson et al., 2008). Then by the same academic group, a technical framework to forecast the commercialization timeline of mobile communication technologies from 1G to the 4G is exhibited on the mobile technologies' path (Kim et al., 2010). Moreover, fuzzy can be integrated into classical forecasting techniques in order to enhance the efficiency of results. In this direction, a new neuro fuzzy forecasting system is introduced as based on the Takagi–Sugeno–Kang fuzzy model by applying onto real-world data in a university campus with more than 6.000 employees and 70.000 students (Mastorocostas and Hilaras, 2012). Additionally, fuzzy integrated models are compared to diffusion models in terms of accuracy performances. For this purpose, a fuzzy piecewise logistic growth model based on the data forecast by both the Scenario and Delphi methods is proposed to predict the market share of multigenerational technologies such as OLED (Organic Light Emitting Diode) and 4G (Tseng and Yu, 2014). Similarly, a new forecasting model is also presented for gradual development of telecommunications network infrastructure in Serbia depending on the fundamental Bass diffusion model (Velickovic et al., 2016).

#### 4. CONCLUSION

In this research it is aimed to enhance the understanding of technological forecasting and explain the areas applied in the telecommunication industry by reviewing papers and book chapters remarkably. In line with this objective, technological forecasting is firstly defined, then classified in accordance with the literature and finally explained in detail dealing with the various forecasting methods encountered in the literature review of the study.

To summarize, it has becoming more and more necessary to use different forecasting methods simultaneously in a study due to the high degree of complexity of technological forecasting and single-handed and limited sight of each technique indeed. Therefore, it can be simply considered that many modified and integrated forecasting models are required under the current circumstances which have the uncertainty profusely. Briefly, using several different forecasting methods simultaneously enable forecast analysts to acquire more efficient results from their forecasting studies.

As figured out in the previous section, Gompertz model is found more robust in comparison to other diffusion techniques. In addition, S-curve or growth curve is individually regarded inadequate in order to forecast emerging technologies in the telecommunication industry. So, modification of classical forecasting techniques with the help of some quantitative and qualitative methods such as Delphi, fuzzy, neural networks and meta-heuristics make the forecast results more reliable and realistic in the complexity of real world to follow in faith. Nevertheless it is not so hard to give insight at this point so that increasing variation in the mobile telecommunication technologies will be requiring pretty smarter forecasting models in the future to be able to meet the complex requirements of the emerging industry. The gap in the literature could be noticed herein when it is surveyed deeper.

In conclusion, it can be comfortably stated that the quality of technological forecasting profoundly depends on proper selection and application of appropriate methodologies in accordance with the technology taken on the research. Thus, it is strongly recommended that evolving technologies in the telecommunication industry should be forecasted with the novel methods developed upon fundamentals of technological forecasting.

#### REFERENCES

- Anderson, T.R. and Hollingsworth, K. (2001). Assessing the rate of change in the enterprise database system market over time using DEA. *Technology Management in the Knowledge Era*, Portland, pp. 384–390.
- Anderson, T.R., Daim, T.U. and Kim, J. (2008). Technology forecasting for wireless communication. *Technovation*, vol. 28, pp. 602–614.
- Ascher, W. (1978). *Forecasting: an appraisal for policy makers and planners*. Baltimore, MD: The Johns Hopkins University Press.
- Boretos, G.P. (2007). The future of the mobile phone business. *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 74, pp. 331–340.
- Jeon, Y., Hyun, K.R. and Granger, C.J. (2004). Long-term technological forecasting. *Telektronikk*, vol. 100, pp. 3–12.
- Kim, J., Daim, T. and Anderson, T. (2010). A look into the future of wireless mobile communication technologies. *Technology Analysis and Strategic Management*, vol. 22, pp. 925–943.
- Lee, S., Cho, C., Hong, E. and Yoon, B. (2016). Forecasting mobile broadband traffic: Application of scenario analysis and Delphi method. *Expert Systems with Applications*, vol. 44, pp. 126–137.
- Mastorocostas, P. and Hilas, C. (2012). A computational intelligence-based forecasting system for telecommunications time series. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 25, pp. 200–206.
- Michalakelis, C., Varoutas, D. and Sphicopoulos, T. (2008). Diffusion models of mobile telephony in Greece. *Telecommunications Policy*, vol. 32, pp. 234–245.
- Norton, J.A. and Bass, F.M. (1987). A diffusion theory model of adoption and substitution for successive generations of high-technology products. *Management Science*, vol. 33 (9), pp. 1069–1086.
- Porter, A.L. (2010). Technology foresight: types and methods. *International Journal of Foresight and Innovation Policy*, vol. 6, pp. 36–45.
- Porter, A.L., Roper, A.T., Mason, T.W., Rossini, F.A., Banks, J. (1991). *Forecasting and Management of Technology*, Wiley, New York.

- Riikonen, A., Smura, T. and Töyli, J. (2016). The effects of price, popularity and technological sophistication on mobile handset replacement and unit lifetime. *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 103, pp. 313–323.
- Sohn, S.Y., Kim, Y. and Hwang, H.Y. (2008). Demand forecasting of high-speed Internet access service considering unknown time-varying covariates. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 54, pp. 45-52.
- Sultanov, A., Lee, D., Kim, K. and Avila L.A.P. (2016). The diffusion of mobile telephony in Kazakhstan: An empirical analysis. *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 106, pp. 45–52.
- Tseng, F.M., Wang, S.Y., Hsieh, C.H. and Guo, A. (2014). An integrated model for analyzing the development of the 4G telecommunications market in Taiwan. *Telecommunications Policy*, vol. 38, pp. 14–31.
- Tseng, F.M. and Yu, J.R. (2014). A two stage fuzzy piecewise logistic model for penetration forecasting. *Applied Soft Computing*, vol. 21, pp. 149–158.
- Velickovic, S., Radojicic, V. and Bakmaz, B. (2016). The effect of service rollout on demand forecasting: The application of modified Bass model to the step growing markets. *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 107, pp. 130–140.
- Venkatesan, R. and Kumar, V. (2002). A genetic algorithms approach to growth phase forecasting of wireless subscribers. *International Journal of Forecasting*, vol. 18, pp. 625–646.
- Wu, F.S. and Chu, W.L. (2010). Diffusion models of mobile telephony. *Journal of Business Research*, vol. 63, pp. 497–501.
- Yamakawa, P., Rees, G.H., Salas, J.M. and Nikolai, A. (2013). The diffusion of mobile telephones: An empirical analysis for Peru. *Telecommunications Policy*, vol. 37, pp. 594–606.

## STRUCTURAL ANALYSIS for INDUSTRY 4.0 ADOPTION CHALLENGES

Saliha Karadayi Usta  
Istanbul Technical University

### ABSTRACT

Industry 4.0 (I4.0) adoption provides an opportunity for high technology based value added processes and requires an infrastructural transformation and more qualified employee involvement. I4.0 literature contains researches presenting an awareness, guidance and complementary activities for I4.0 concept. However, there is no detailed study focusing on the challenges and implementation problems in I4.0 adoption. Hence, the purpose of this study is determining the I4.0 adoption challenges, and analysing these barriers based on the expert opinions. The methodology within the scope of this study contains literature review, interviews with experts who are responsible for the I4.0 projects at Bosch, analysing the determined barriers by ISM (Interpretive Structural Modelling) and MICMAC analysis. The barriers are investigated in a structural base, the relationships between these challenges have been identified, and finally how barriers affect each other have been presented in order to discover the root cause triggering the other factors. An I4.0 practitioner can infer from these two analysis results that which challenge should be focused first in order to reach a solution. Additionally, ISM case study results provides a general view to the I4.0 adoption process. A practitioner can also decide on what to do first by criticizing the results so that they can reduce the negative effects of the adoption process.

**Keywords:** *Industry 4.0 implementation, Industry 4.0 challenges, Interpretive Structural Modelling, MICMAC Analysis*

### ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMALARINDA KARŞILAŞILAN ZORLUKLARIN YAPISAL ANALİZİ

#### ÖZET

Endüstri 4.0 (E4.0) uygulamaları, firmalara teknoloji tabanlı katma değerli süreçler sunma yönünde fırsatlar sunmakta, altyapısal bir dönüşüme ve kalifiye çalışan katılımına ihtiyaç duymaktadır. E4.0 literatüründe konuyla alakalı farkındalık yaratma yönünde, uygulamanın nasıl gerçekleştirileceğine dair ve bütüncü aktivite neler olduğunu anlatan çalışmalar bulunmaktadır. Ancak, bu dönüşüm sürecinde karşılaşılan zorlukları detaylandıran bir araştırma bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu çalışmanın amacı E4.0 uygulamasında karşılaşılan engelleri tanımlamak ve uzman görüşleri ile bu zorlukların analiz edilmesini sağlamaktır. İzlene yöntem ise literatür taraması ile engellerin tanımlanması, uzmanlar ile bu engellerin üzerinden geçerek son bir bariyer listesinin oluşturulması, uzmanlara yöneltilen yapısal sorular ile bu engeller arasındaki ilişkilerin Yapısal Yorumlayıcı Modelleme ve MICMAC analizi ile değerlendirilmesi ve böylelikle engellerin arasında bulunan nedensel ilişkilerin netleştirilmesi şeklindedir. Bu alanda çalışma yapacak bir araştırmacı önerilen modeli inceleyerek, hangi engellerin çözülmesine öncelik vereceğine karar verebilir, uygulama sürecine eleştirel bir bakışla yaklaşarak olumsuz etkileri önceden tahmin edebilir.

**Anahtar Sözcükler:** *Endüstri 4.0 uygulaması, Endüstri 4.0 zorlukları, Yorumlayıcı Yapısal Modelleme, MICMAC Analizi*

## 1. INTRODUCTION

Industry 4.0 is a new accelerating trend connecting the industry by radical changes in production systems that involves features as distributed intelligence, secure value-creation network, digital life cycle management, virtual real-time representation, open standards, fast integration and flexible configuration, and people as key players (Industry 4.0 at Bosch, 2018). Adopting industry 4.0 (I4.0) provides an opportunity for high technology based value added processes. It is defined as an industrial approach to enable “people and things to be connected anytime, anywhere with anyone and anything, by using any path / network and any service” (Saint-Exupery, 2009).

The I4.0 transformation is triggered by:

- New production approaches with cyber physical systems
- New investments for technology, infrastructure, material and labour education (Flynn et al., 2017)
- Data acquisition and data processing (sensors, actuators, cloud computing, big data, analytics, internet of things – IoT,) (Wagner et al., 2017)
- Machine to machine communication (vertical and horizontal integration) (Wagner et al., 2017)
- Human-machine interaction (virtual and augmented reality) (Wagner et al., 2017)
- Intelligent robots and cyber security (TÜSİAD, 2016).

The I4.0 adoption process requires basically an infrastructural conversion and more qualified manpower involvement. Changes in production / logistics and influence of big data / cloud are observed in this computer supported cooperative work environment (Bodrow, 2017). Furthermore, there are expected benefits of the Industry 4.0 adoption such as improved global competitive power, higher rate of value added products, better educated labour profiles (TÜSİAD, 2016).

Literature review provides an awareness, guidance and complementary activities for I4.0 concept. But, there is no detailed study focusing on the challenges and implementation problems in I4.0 adoption. Hence, the purpose of this study is determining the I4.0 adoption challenges, and analysing these barriers based on the opinions of the experts who are responsible for I4.0 conversion projects. Thus, the barriers will be investigated in a structural base, the relationships between these challenges will be identified, and finally how barriers affect each other will be presented in order to discover the root cause triggering the other factors.

The methodology within the scope of this study contains literature review, interviews with experts, analysing the determined barriers by ISM (Interpretive Structural Modelling) and MICMAC analysis as they are stated in the following sections.

## 2. METHODOLOGY

The methodology procedure is presented in Figure 1.

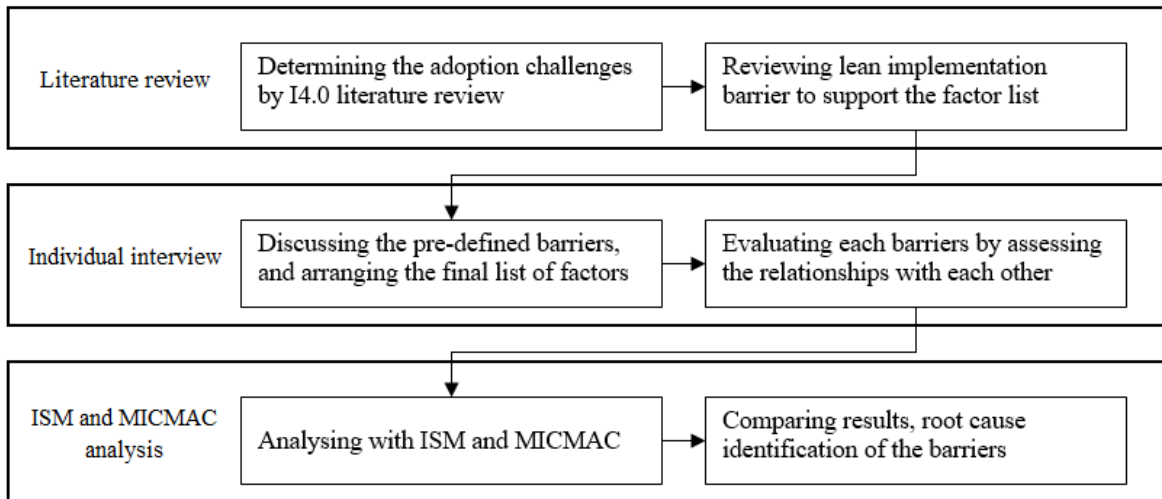


Figure 1. Methodology procedure

### 2.1. LITERATURE REVIEW

The literature review indicated that the I4.0 researches are mostly about:

- Technical infrastructural details for cyber-physical system establishment,
- Adoption process's further results like advanced education system necessity and qualified manpower requirements,
- Common and supportive points with lean principles.

Flynn et al. (2017) study asserts that recent literature is focused on the cyber-security systems development. The paper also emphasizes that I4.0 adoption will bring unemployment problems and advanced education system need for the labours. Although there are some pessimistic assertions in the literature, there are also studies highlighting close relations of lean production systems and I4.0 (Bosch Blog, 2018; Wagner et al., 2017). These papers imply that the I4.0 applications support and stabilize the lean production systems resulting in a better quality and savings.

In brief, the literature provides an awareness, guidance and complementary activities for I4.0 concept. However, there is no detailed study focusing on the challenges and implementation problems in I4.0 adoption. Since I4.0 is an adoption process, existing lean implementation barrier literature will be supportive to shape the factor definition step. Jadhav et al. (2014) study is an important example for lean implementation barrier determination papers, and some of the identified challenges are also valid for also I4.0 implementation.

The reviewed I4.0 and lean implementation barriers are listed, discussed with I4.0 project experts in individual interview, and final barrier list is obtained as it is covered in the next section.

## **2.2. INDIVIDUAL INTERVIEWS**

I4.0 project experts are asked to evaluate the pre-defined literature review based implementation barriers, and the final list of factors is shaped according to their point of views. In order to identify the conceptual relationship between barrier couples, two experts from Bosch I4.0 project team are asked for advice. Their mutual opinions are taken into evaluation. Since we have just two experts, the expert opinion aggregation was not complicated. The I4.0 implementation challenges:

- 1) Lack of resources to invest (Jadhav et al., 2014), lack of financial support to digitalize the infrastructure
- 2) Workers' resistance (Jadhav et al., 2014), opposite behaviours of mid-level managers and blue-collar workers against the transformation
- 3) Lack of perseverance (Jadhav et al., 2014), focusing on the result not the solutions
- 4) Lack of cooperation with suppliers (Jadhav et al., 2014), no standardization, no common language
- 5) Challenges in finding qualified personnel (Flynn et al., 2017)
- 6) Delays in transformation process (Flynn et al., 2017) due to the organization/team absence in customer companies
- 7) Lack of advanced education system for training the personnel (Flynn et al., 2017)
- 8) Lack of readiness for innovation (Flynn et al., 2017)
- 9) Lack of Information Communication Technology (ICT) adoption (Flynn et al., 2017)

Subsequently, these adoption barriers are evaluated individually by taking two of the factors at each evaluation. These taken barriers are examined based on whether there is a relationship between these two or not, and in case of the relation existence, solving the first barrier brings a solution for the second challenge or vice versa. For instance, experts are asked whether there is a relationship between “lack of resources to invest” and “workers' resistance”. If there is a relationship between these two factors, does solving the “lack of resources to invest” problem also solve the “workers' resistance” challenge? Or, does solving the “workers' resistance” problem also solve the “lack of resources to invest” challenge?

The experts have answered for this pairwise evaluation for defined nine I4.0 adoption challenges, and it is analysed in the next section in a detailed way.

## **2.3. INTERPRETIVE STRUCTURAL MODELING (ISM)**

Interpretive Structural Modelling (ISM) requires gathering the expert opinions to apply the analysis at first. The preferred method needs to define relationships between each individual barrier as variables. Experts are asked to express their opinions about variables' relationship determining. Hence, the first and second step of the ISM methodology can be fulfilled. Moreover, each individual barrier couples are viewed until the whole risks' relationships are defined. The important point for the evaluation is the question to see whether one barrier triggers another or do they have a bidirectional relation.

Interpretive Structural Modelling (ISM) is utilized to clarify and to define the unspecified systems (Sage, 1977). The ISM methodology is used for summarizing the relationships between variables while defining a problem



or a subject (Warfield, 1974). After this relationship definition process, the hierarchical structure is modelled for the variables.

This technic is usually used so that the practitioners can analyse the unfavourable factors. It can make clear these factors and can indicate the value power based relationships (Mandal and Deskmukh, 1994). The methodology uses variable graphs, directs the relationships, and generates hierarchical models (Singh et al., 2003).

It's a useful tool but there are some shortcomings (Kannan and Haq, 2007). For example, since the expert opinions depend on the experts' individual knowledge, the relationships can be shaped in a non-objective way. Moreover, as another deficiency, there is no weighted importance level between these variables (Kannan and Haq, 2007).

The ISM methodology includes 8 steps (Kannan and Haq, 2007).

- 1) Listing the variables of examined systems.
- 2) Defining the conceptual relationships for these listed variables.
- 3) Structural Self-Interaction Matrix (SSIM) generation for each couple of variables.
- 4) Generating reachability matrices by using SSIM, and checking this reachability matrix for transitivity.
- 5) Transitivity is the main assumption for conceptual relationships of ISM methodology. For instance, if there is a relationship between variable A and B, while there is a relationship between variable B and C, there must be relationship between variable A and C.
- 6) Partitioning the reachability matrix that is created at step 4.
- 7) Drawing the directed graph by considering the reachability matrix, and removing the links between variables.
- 8) Transforming the graph to interpretive structural model by replacing the variables with statements.
- 9) Revising the interpretive structural model for consistency.

The first two steps of the ISM methodology are performed in data gathering section before. In the third step, the Structural Self-Interaction Matrix should be generated. The symbols for relationship definition:

- V: Solving barrier i also solves the barrier j.
- A: Solving barrier j also solves the barrier i.
- X: Barrier i and j affect each other.
- O: No relationship between i and j barriers.

According to these symbols, the Structural Self-Interaction Matrix is generated and shown in Table 1.

**Table 1. Structural self-interaction matrix**

	9	8	7	6	5	4	3	2
1 Lack of resources to invest	A	O	O	V	O	O	O	O
2 Workers' resistance	X	X	A	V	X	O	X	--
3 Lack of perseverance	V	O	O	O	O	O	--	--
4 Lack of cooperation	O	O	O	V	O	--	--	--
5 Finding qualified personnel	V	V	A	V	--	--	--	--
6 Delays in transformation	O	O	A	--	--	--	--	--
7 Lack of advanced education system	V	V	--	--	--	--	--	--
8 Lack of readiness for innovation	O	--	--	--	--	--	--	--
9 Lack of ICT adoption	--	--	--	--	--	--	--	--

At the fourth step of the ISM methodology, reachability matrix is created by SSIM, and this matrix should be controlled for transitivity. The generated reachability matrix needs 1 and 0 relationships by replacing V, A, X and O symbols.

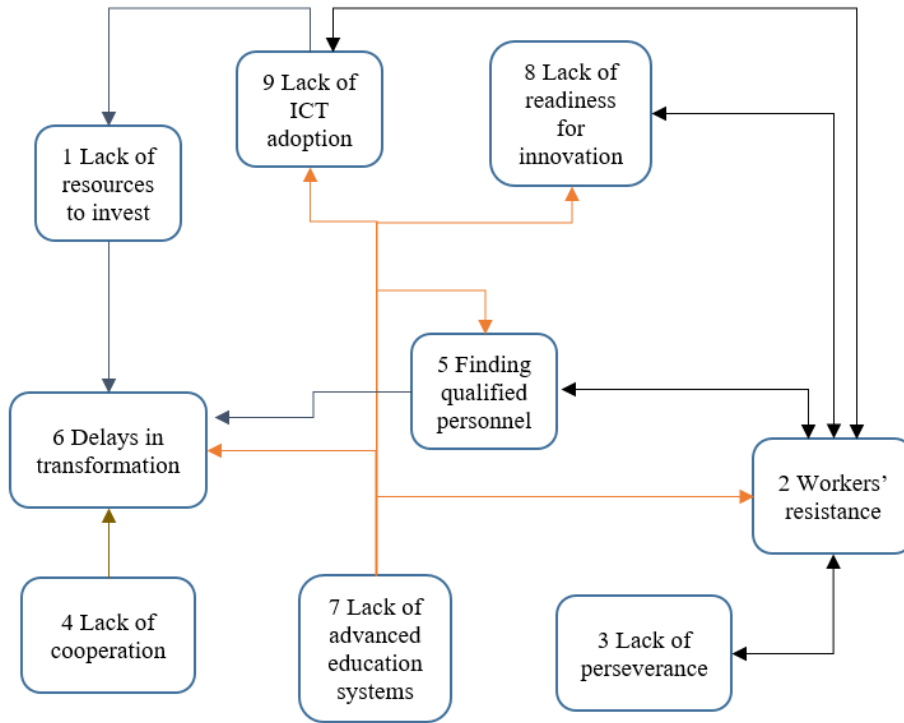
- V: (i,j) entrance become 1, while (j,i) entrance become 0.
- A: (i,j) entrance become 0, while (j,i) entrance become 1.
- X: (i,j) entrance become 1, while (j,i) entrance become 1.

• O: (i,j) entrance become 0, while (j,i) entrance become 0.  
 According to these entrance change, reachability matrix can be created. The reachability matrix is shown in Table 2.

**Table 2. Reachability matrix**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Driving Power
1 Lack of resources to invest	--	0	0	0	0	1	0	0	0	1
2 Workers' resistance	0	--	1	0	1	1	0	1	1	4
3 Lack of perseverance	0	1	--	0	0	0	0	0	1	1
4 Lack of cooperation	0	0	0	--	0	1	0	0	0	1
5 Finding qualified personnel	0	1	0	0	--	1	0	1	1	3
6 Delays in transformation	0	0	0	0	0	--	0	0	0	0
7 Lack of advanced education system	0	1	0	0	1	1	--	1	1	5
8 Lack of readiness for innovation	0	1	0	0	0	0	0	--	0	1
9 Lack of ICT adoption	1	1	0	0	0	0	0	0	--	2
Dependence Power	1	5	1	0	2	5	0	3	4	

At the fifth step, the reachability matrix is partitioned into different levels. The initial directed graph deriving from the reachability matrix is shown in Figure 2.



**Figure 2. Initial directed graph**

According to the initial directed graph, there is enter for nodes 1, 2, 3, 5, 6, 8 and 9. It is not possible to transit from node 6, while there is no entrance to node 4 and 7. As it is seen from the graph, node 2, 5, 8 and 9 are highly dependent the others. Subsequently, after transitivity rule application, node 3 and node 1 can be reachable due to the node 2.

The final directed graph can be obtained by applying transitivity rules on the initial graph. The final graph is useful to determine relationships visually.

The partitioning process is handled by this final directed graph and it is shown in Table 3. Reachability set includes both the specific variable and the other variables having interaction with the initial one. Processor set includes the related variable and the other variables that are directed to it.

**Table 3. Partitioning for the reachability matrix**

	Reachability Set	Processor Set	Intersection	Level
1	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9	1, 2, 3, 5, 7, 8, 9	1, 2, 3, 5, 7, 8, 9	
2	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	
3	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	
4	4, 6	4	4	
5	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	
6	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	I
7	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9	-	-	
8	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	
9	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9	2, 3, 5, 6, 7, 8, 9	2, 3, 5, 6, 7, 8, 9	

After this partitioning process, the intersection set is determined. The intersection set is identified by taking the intersection between the reachability and processor sets, and if the reachability set and intersection set are the same, we can place them into the first level with letter I. The first level indicates the hierarchical relations' top position.

As it is seen from the Table 3, node 6 is fully dependent to the other factors, and it is placed at the top of the hierarchy by the letter I. Analysis continues with the other remaining nodes by repeating the same procedures. The repeating process is shown in Table 4, and the second repeating process is shown in Table 5.

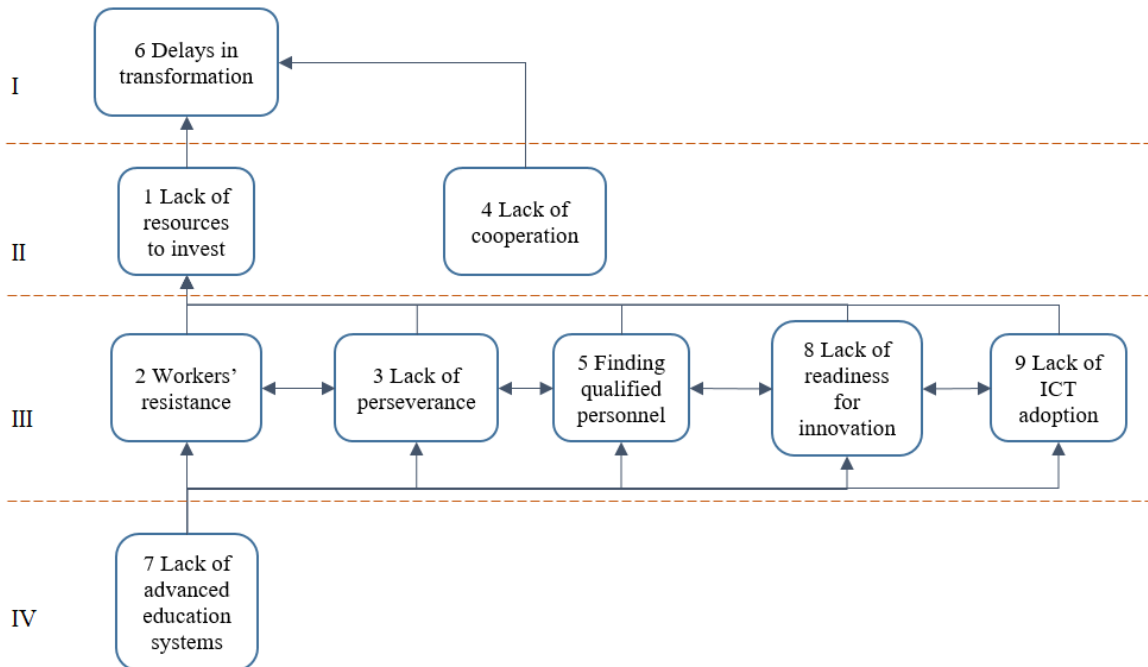
**Table 4. The first repeating process for partitioning**

	Reachability Set	Processor Set	Intersection	Level
1	1, 2, 3, 5, 7, 8, 9	1, 2, 3, 5, 7, 8, 9	1, 2, 3, 5, 7, 8, 9	II
2	1, 2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	
3	1, 2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	
4	4	4	4	II
5	1, 2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	
7	1, 2, 3, 5, 7, 8, 9	-	-	
8	1, 2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	
9	1, 2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	

**Table 5. The second repeating process for partitioning**

	Reachability Set	Processor Set	Intersection	Level
2	2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	III
3	2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	III
5	2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	III
7	2, 3, 5, 7, 8, 9	-	-	IV
8	2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	III
9	2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	2, 3, 5, 7, 8, 9	III

Sequentially, the final interpretive structural model is obtained and it is stated with a visual model which is shown in Figure 3.



**Figure 3. Final interpretive structural model**

According to the final interpretive structural model, an advanced education system is a basic requirement in order to solve the I4.0 adoption challenges. The other barriers against the I4.0 implementation that are stated at

the level III are directly or indirectly affected by the “lack of education system” barrier. In other words, “workers’ resistance” against the transformation, “lack of perseverance” of the employees, difficulties in “finding qualified personnel”, “lack of readiness for innovation” and “lack of ICT adoption” challenges have relationships among them at the level III, and they are triggered by the level IV factor “lack of advanced education system”. In addition, the level III challenges trigger directly or indirectly the “lack of resources to invest” barrier. This means that internal operational challenges should be handled before the I4.0 investment decision. Otherwise, the project team cannot find any resource to invest since they are trying to solve the internal issues. Moreover, the level II barrier “lack of cooperation” is an independent factor affecting the level I challenge “delays in transformation” together with the factor “lack of resources to invest”. Since the cooperation is an external issue, the solution partners should deal with their internal problems before performing the joint activities. Consequently, we can also interpret that all defined problems can cause a “delay in I4.0 transformation”.

The I4.0 adoption challenges will be also analysed by using MICMAC analysis in order to compare the results and make an inference in a detailed way.

#### 2.4. MICMAC ANALYSIS

Text MICMAC (Matrice d’Impacts Croise’s Multiplication Appliquee a un Classement/ Cross Impact Matrix Multiplication Applied to Classification) analysis is conducted by evaluating the dependence and the driver power of the barriers. In this analysis, after relation definition and reachability matrix determination processes, the dependence situation of the variables is observed. The variables can be independent, linking, dependent and autonomous (Diabat et al., 2012). When a variable obtains any of these titles, the related variable is placed on a proper cell of the MICMAC analysis matrix. In the reachability matrix locating at Table 2, the dependence and driving powers are already stated. Based on this calculations, the MICMAC analysis table is shown in Table 6.

**Table 6. MICMAC Analysis results**

6						
5	7 Lack of advanced education system					
4			<i>independent variables</i>	<i>linking variables</i>	2 Workers’ resistance	
3		5 Finding qualified personnel	<i>autonomous variables</i>	<i>dependent variables</i>		
2				9 Lack of ICT adoption		
1		1 Lack of resources to invest, 3 Lack of perseverance	8 Lack of readiness for innovation			
0	4 Lack of cooperation				6 Delays in transformation	
	0	1	2	3	4	5
	Dependence Power					

According to the Diabat et al. (2012) definition,

- “7 Lack of advanced education system” is an independent variable
- “2 Workers’ resistance” is a linking variable
- “6 Delays in transformation” and “9 Lack of ICT adoption” are dependent variables
- “4 Lack of cooperation”, “1 Lack of resources to invest”, “3 Lack of perseverance”, “5 Finding qualified personnel” and “8 Lack of readiness for innovation” are autonomous variables.

MICMAC analysis reveals that barrier 7 is independent from any other factors, while barrier 2 is a linking variable which can make connections among the other factors. Dependent challenges 6 and 9 are triggered by the other factors. Especially “6 Delays in transformation” barrier has no driving power on any other barriers. In

other words, this barrier fully depends on the other factors. Finally, all the other autonomous barriers have little influence or dependence on others.

### **3. RESULTS and CONCLUSION**

Industry 4.0 (I4.0) adoption provides high technology based value added processes opportunity. This implementation process requires basically an infrastructural conversion and more qualified manpower involvement with some changes in production / logistics and influence of big data / cloud.

Literature contains research papers presenting an awareness, guidance and complementary activities for I4.0 concept. However, there is no detailed study focusing on the challenges and implementation problems in I4.0 adoption. So, the purpose of this study is identifying the I4.0 adoption challenges, and analysing these barriers based on the expert ideas who are responsible for I4.0 conversion projects. Thus, the barriers have been investigated in a structural base, the relationships between these challenges have been identified, and finally how barriers affect each other have been presented in order to discover the root cause triggering the other factors.

The methodology within the scope of this study contains literature review, interviews with experts who are responsible for the I4.0 projects at Bosch, analysing the determined barriers by ISM (Interpretive Structural Modelling) and MICMAC analysis.

Results of these two analysis have common findings and they are just differ from each other owing to the transitivity rules applied in the ISM methodology. These two technics reveals that “lack of education system” is the main cause of the I4.0 implementation challenges and it triggers the other barriers like “workers’ resistance” against the transformation, “lack of perseverance” of the employees, difficulties in “finding qualified personnel”, “lack of readiness for innovation” and “lack of ICT adoption” directly or indirectly. Furthermore, “lack of cooperation” is the most autonomous factor that doesn’t affect or not affected by any other barriers. This implementation challenge gets involved in the business flow after a series of activities within the scope of I4.0 projects are fulfilled. Consequently, together with the investment finding difficulty, cooperation problems result in transformation delays.

An I4.0 practitioner can infer from the MICMAC results that the driving and dependence power of the barriers are different. Therefore, which challenge should be focused first in order to get a solution can be identified by looking at the MICMAC analysis results. Additionally, ISM case study results provides a general view to the I4.0 adoption process. A practitioner can also decide on what to do first by criticizing the results so that they can reduce the negative effects of the adoption process.

Further researches should contain more expert opinions in order to remove the outcomes of one-sided opinions. Besides, searching for more I4.0 adoption challenges with different resources will give disparate analysis results. Also, changing type of the analysis is another alternative further research idea. For instance, arranging a survey and extending the research with structural equation modelling is an option.

### **5. ACKNOWLEDGEMENT**

I also appreciate for the help of Bosch I4.0 project team. Thanks for receiving me and answering my questions.

### **6. REFERENCES**

- Bodrow, W. (2017) Impact of Industry 4.0 in service oriented firm, *Adv. Manuf.*, 5, 394–400
- Bosch Blog (2018) <https://blog.bosch-si.com/industry40/industry40-lean-production-best-friends/>
- Diabat, A., Govindan, K., & Panicker, V. V. (2012). Supply chain risk management and its mitigation in a food industry. *International Journal of Production Research*, 50(11), pp 3039-3050.
- Flynn, J., Dance, S., Schaefer, D. (2017) Industry 4.0 and its Potential Impact on Employment Demographics in the UK, *Advances in Manufacturing Technology XXXI - 15th International Conference on Manufacturing Research (ICMR) 2017*, Greenwich, UK
- Jadhav, J.R., Mantha, S.S., & Rane, S.B. (2014). Exploring barriers in lean implementation, *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(2), pp 122-148.
- Industry 4.0 at Bosch, Product Catalog, 2018
- Kannan G. & Haq A. N. (2007). Analysis of interactions of criteria and sub-criteria for the selection of supplier in the built-in-order supply chain environment, *International Journal of Production Research*, 45(17), pp 3831–3852.
- Mandal, A. & Deskmukh, S.G. (1994). Vendor Selection Using Interpretive Structural Modelling (ISM), *International Journal of Operations and Production Management*, 14(6), pp 52-59.

- Sage, A. P. (1977). Interpretive structural modeling. Methodology for large-scale systems, New York, McGraw-Hill, pp. 91 – 164.
- Saint-Exupery, A. (2009) Internet of things. Strategic research roadmap. European Commission - Information Society and Media
- Singh M. D., Shankar R., Narain R., & Agarwal A. (2003). Research, An interpretive structural modeling of knowledge management in engineering industries, Journal of Advances in Management, 1(1), pp 28 - 40
- TÜSİAD (2016) Türkiye'nin Sanayi 4.0 Dönüşümü
- Wagner, T., Herrmann, C., Thiede, S. (2017) Industry 4.0 impacts on lean production systems, The 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems, 63, 125 – 131
- Warfield, J.W. (1974). Developing interconnected matrices in structural modelling. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 4(1), pp 51–81.

## EVALUATION OF OPERATIONAL PERFORMANCE: EXPERIENCES OF TURKISH MANUFACTURING COMPANIES

Arzu Karaman Akgul  
Yildiz Technical University

Sitki Gozlu  
Istanbul Technical University

### ABSTRACT

Global competition and shortened product life cycles force manufacturing companies to compete in complex and dynamic markets. In such a complex and dynamic environment, firms have to review their competition strategies and their operational performance in order to be competitive and/or sustain their competitiveness. Firms growing intentions to meet the changing needs of customers have to be considered for getting the highest operational performance by reducing costs, time-to market, and increasing quality and delivery. This study provides valuable insights for the evaluation of operational performance, and its relationship with environmental dynamism and competitive strategy. A model that investigates the relationships between environmental dynamism, competitive strategy and operational performance is developed. Data collected from 211 manufacturing companies is analyzed by using several statistical tests and techniques such as factor analysis, and structural equation modelling (SEM).

*Keywords: Operational performance, environmental dynamism, competitive strategy.*



## 1. INTRODUCTION

Global competition is getting higher, markets and technology are changing rapidly, and complexities and uncertainties are increasing in the market, which results in the creation of a new competitive environment (Tracey et al. 1999). In the industrial era, firms aimed to produce a narrow range of products, sustain economies of scale and achieve high productivity and low costs. In post-industrial era, organizations take the customer needs into the consideration and aim to develop production systems which design, produce and deliver high-value products to the customer. In post-industrial era, firms recognize the importance of manufacturing on their corporate strategy (Anatan and Radhi, 2007).

Relevant literature contains evidence for the relationships between environmental dynamism, competitive strategy, and operations strategy. In earlier studies, researchers generally have a tendency to link business environment to operations strategy. However, as business environment is a broad concept covering business cost, labor availability, competitive hostility, and environmental dynamism in 2000, Ward et al. used the term environmental dynamism that is a dimension of business environment. Based upon the literature survey, another aim of this study is determined as analyzing the relationship between environmental dynamism, competitive strategy, and operational performance.

However, operations strategy has long been discussed as a significant issue in operations management literature, operational performance does not takes place in production and operations management literature. However, Ward et al. (1995) used the term operations strategy and Ward (2000) used the term operations strategy, the main idea of this study is evaluating the operational performance which can be defined as the effectiveness of a company's operations strategy (Boyer and McDermott, 1999). Another concern of this study is how the operational performance could be evaluated. In production and operations research literature, factors used as a means of evaluating operational performance are named in many different forms such as manufacturing tasks, competitive priorities, order winners and qualifiers. Since the name "competitive manufacturing priorities" is mostly used in the literature, we decided to call the factors used in evaluating operational performance as competitive manufacturing priorities. It is also observed that different authors have proposed or used different measures for competitive manufacturing priorities and thus there is no consistency between the findings obtained from the studies concerning operational performance evaluation. In order to overcome this bottleneck, redefining the constructs and variables of operational performance has vital importance in the development of the operational performance evaluation field. Hence, the main aim of this study is to deal with different competitive manufacturing priorities proposed by different authors and determine the measures and sub-measures of competitive manufacturing priorities used by manufacturing firms to evaluate their operational performance.

In order to realize these aims, a model is developed including the relationships between environmental dynamism, competitive strategy and operational performance is suggested. The constructs represented in the model will be described and the competitive manufacturing priorities, which are used for evaluating operational performance, are defined in details. Then, the model will be tested by conducting several statistical tests and techniques such as frequency analysis, factor analysis, and structural equation modelling. Data are collected through structured questionnaires from 211 companies operating in Turkey. The questionnaires were sent to production managers, plant managers, and general managers and 211 responses returned yielding response rate 21.1 percent. However, the hypothesis based on the relationship between competitive strategy and operational performance is only supported for the quality dimension; findings indicate that all of the relationships between environmental dynamism and competitive strategy, and operational performance are supported.

## 2. RELEVANT LITERATURE

Based upon a detailed literature survey, a model is constructed including environmental dynamism, competitive strategy, and operational performance. Then, the measures and sub-measures of each component are determined.

The model is generated according to the literature review and based upon the relationships between environmental dynamism and competitive strategies, and operational performance. Environmental dynamism and competitive strategies are independent variables, whereas operational performance (competitive manufacturing priorities) is a dependent variable. Figure 1 illustrates the research model. Each component and the measures and sub-measures in the figure are described. Each step for constructing and developing the model and the hypotheses are discussed in detail in later sections.

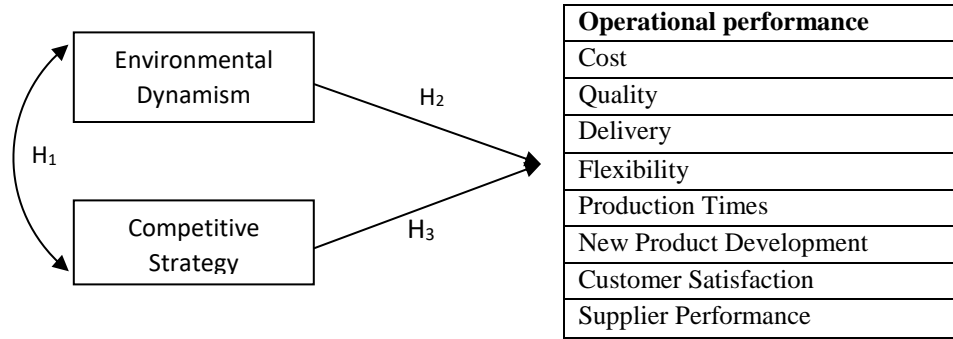


Figure 1. Research Model

## 2.1 ENVIRONMENTAL DYNAMISM

Environmental dynamism is defined as the rate and unpredictability of changes in the market (Garg et al. 2003). It forces the firms to try to reduce the unpredictability or try to cope with it accepting it as a reality (Kickert, 1985). The important thing is to adapt the uncertainties in the market more quickly than its competitors (Douglas, 2002; Badri et al. 2000).

Environmental issues were first engaged to operations strategy in 1987 by Swamidass and Newell. They measure it by questioning how the environmental uncertainty is perceived. In 1995, Ward et al. determined the variables of business environment as business cost, labour availability, competitive hostility, and environmental dynamism. Badri et al. (2000) used the same variables in defining environmental uncertainty. In 2000, Ward et al. used environmental dynamism, and engaged it with competitive strategy and operations strategy. As our main aim is the existence of the relationships between environmental dynamism, competitive strategy, and operational performance we develop the hypotheses below:

**Hypothesis 1:** Environmental dynamism is related positively to competitive strategy.

**Hypothesis 2:** Environmental dynamism is related positively to operational performance.

## 2.2 COMPETITIVE STRATEGY

Competitive strategy is a long term and broad formula which is developed for how a firm will compete, what its goals will be and which policies does it need in order to achieve its goals (Davis and Vokurka, 2005). In order to formulate the competitive strategy, the firm should be aligned with the environment in which it operates. The main factor of the environment is the sector in which the firm operates. As environmental dynamism effects all the firms compete in a sector, the capability of the firm in coping with these affects is important (Porter, 1998).

Porter's (1998) generic competitive strategies which is classified as overall cost leadership, differentiation and focus (cost or differentiation in a narrow market segment) are used in this study because the classification of him encompasses all other competitive strategy classifications. Besides it is related with some organizational, environmental and performance based variables. Porter (1998) means that when a firm uses one of the strategies, it will gain a competitive advantage which makes the firm perform superior than its rivals (Amoako-Gyampah and Acquah, 2008).

Competitive strategy is related with the goals and policies of business. The policies are employed to achieve the goals of the firm (Davis and Vokurka, 2005). Competitive strategy drives the firm's operations strategy leading to operations decisions and provides high performance for the firm. In order to achieve the goals of competition, a firm has to align its manufacturing strategy with its competitive strategy (Amoako-Gyampah and Acquah, 2008).

## 2.3 OPERATIONAL PERFORMANCE

Competitive manufacturing priorities, which are used for the evaluation of operational performance, determine the competitive strength of firms in comparison to its rivals. In other words, in order to gain orders from their competitors, the firms have to improve their operational performance (Antonio et al. 2007). It is expected that competitive strategy would relate positively to operational performance and the hypothesis below is developed in order to test this relationship.

**Hypothesis 3:** Competitive strategy is related positively to operational performance.

In production and operations research literature, it is found out that different authors have proposed or used different measures for competitive manufacturing priorities. The competitive manufacturing priorities and related studies are illustrated in Table 1.

**Table 1. Competitive manufacturing priorities**

Dimensions	Definition	Source
Cost	Every product has a cost. But the lower the cost the lower the price and it gives an opportunity for getting more profit (Schroder and Flynn, 2001; Chin and Saman, 2004). The sub-dimensions of cost is determined as unit production cost, unit labour cost, unit material/semi product cost, constant cost and inventory cost (cost of raw material, work in process and finished products) based upon the literature.	Fine and Hax (1985); Leong et al. (1990); Vickery et al. (1993); Garvin (1993); Ward et al. (1995); Kim and Arnold (1992); Kim and Arnold (1996); Ghalayini et al. (1997); Noble (1997); Boyer (1998); Burgess et al. (1998); Boyer and McDermott (1999);
Quality	Quality can be generally defined as satisfying the requirements of the customers with the launched product, conformance to specifications and being free of error (Li, 2000; Forker et al., 1996; Krajewski and Ritzman, 2005; Akal, 1998). Main dimensions of quality are first pass yield/rate, mean time between failures, defective product rate, and scrap rate, rate of rework, higher material yields and conformance to specifications.	Boyer and Pagell (2000); Badri et al. (2000); Ward and Duray (2000); Avella et al. (2001); Gilgeous (2001); Boyer and Lewis (2002); Zhao et al. (2002); Corbett and Claridge (2002); Amoako-Gyampah (2003); Demeter (2003); Chin and Saman (2004);
Delivery	Delivery is a time and speed based capability (Li, 2000). It is measured by the difference between actual and completion dates and scheduled start and completion dates, percentage of quantity over or under original schedule, average lateness, rate of defective deliveries, and packaging quality.	Größler and Grübner (2006); Kazan et al. (2006); Phusavat and Kanchana (2007); Urgal-González and Garcia-Vásquez (2007); Kristal et al. (2010); Acquaah et al. (2011); Hallgren et al. (2011); Jabbour et al. (2012); Schoenherr (2012); Hung et al. (2015)
Flexibility	Flexibility means quick adaptation to the changes that occur in marketplace (Amoako-Gyampah, 2003). The aspects of flexibility are volume, product, process, machine, labour and product mix flexibility.	
Production times	It is critical for both firms and customers to reduce production times including lead time, order queuing time, material queuing time, working stations waiting time, set-up times and maintenance time.	Vickery et al. (1993); Ghalayini et al. (1997); Manoochehri (1999); Badri et al. (2000); Ward and Duray (2000); Größler and Grübner (2006)
New product development	It can be defined as a capability of launching new products to the market or making design changes on the existing products. It is measured by launching the new products on time (time to market), no. of new products introduced per year, lead time to new design, and the level and consistency of R&D investments.	Vickery et al. (1993); Noble (1997); Burgess et al. (1998); Manoochehri (1999); Zhao et al. (2002); Corbett and Claridge (2002); Chin and Saman (2004); Peng et al. (2011); Shavarini et al. (2013)
Customer satisfaction	The main aim of firms is sustaining their business and this can only be achieved by satisfying the customers (Zhang et al., 2003). Key dimensions of customer satisfaction are rate of returns, unfulfilled orders, number of complaints, percentage of returned orders, quick response and effective after sales service.	Manoochehri (1999); Abdel-Maksoud (2004); Phusavat and Kanchana (2007)
Supplier performance	It is defined as the capability of suppliers of accomplishing the demand accordance to the goals of customers (Vonderembse, 2002; Omar et al., 2006). It is measured by the lead time, quality of materials/semi products, percentage of on time delivery, defective product rate in shipping, supply of material/semi product whenever required, integration of suppliers to new product development processes, and to quality control systems.	Krause et al. (2001); Vonderembse and Tracey (1999); Vonderembse (2002); Sevkli et al. (2007); Sezen (2008); Huang et al. (2014)

### 3. METHOD

#### 3.1 SAMPLE AND PROCEDURE

The hypotheses are tested by utilizing the data collected through structured questionnaires that are posted to production managers, plant managers, and general managers in Turkey. In the beginning of the questionnaire, demographic and firm-specific questions are asked. These are open-ended questions regarding the sector, firm age, size, and capital structure of the firm. In the second part of the questionnaire, respondents are asked to

evaluate their operational performance. In order to specify the determinants of these variables, the statements commonly used in the literature are determined.

**Table 2. Demographic characteristics of the sample**

<b>Industry</b>	<b>Frequency</b>	<b>%</b>
Textiles, wearing apparel, leather and footwear industry	36	17.1
Metal goods, machinery and equipment and professional instruments industry	32	15.2
Chemicals, oil products, rubber and plastics industry	31	14.8
Food, beverages and tobacco industry	28	13.3
Primary metals industry	27	12.9
Automobile industry	21	10.0
Stone and earth based industry	18	8.6
Paper, paper products and printing and publishing industry	8	8.0
Wood products and furniture industry	5	2.4
Mining industry	2	1.0
Electricity industry	2	1.0
<b>Firm Age</b>	<b>Frequency</b>	<b>%</b>
0-9 years	19	9.0
10-19 years	39	18.6
20-29 years	41	19.5
30-39 years	48	22.9
40-49 years	28	12.4
50 years and up	33	15.7
Non-respondent	4	1.9
<b>Scale</b>	<b>Frequency</b>	<b>%</b>
Small and Medium Sized Enterprises	124	59.0
Large Sized Enterprises	85	40.5
Non-respondent	1	0.5
<b>Capital Structure</b>	<b>Frequency</b>	<b>%</b>
Wholly domestic-owned	159	75,7
Foreign-domestic joint ventures	51	24,3

In order to provide validity, the questionnaire is tested in two firms. One of the firms operates in textiles, apparel, and leather products and the other one in automobile industry. Both of the respondents are plant managers and the questionnaires are conducted as face-to-face interviews in order to identify the complicated and/or inexplicable items. According to the feedbacks obtained from these interviews the statements are revised to render them understandable. Finally, the last form of the questionnaire is provided. Firms in the sample are selected from the first top 1000 firms of Turkey provided by the Istanbul Chamber of Industry. Questionnaires are posted to all top 1000 firms and a total of 211 responses are received, yielding an effective response rate of 21.1 percent. In some questionnaires there are some missing values due to lack of knowledge, declining to give any response or because of some other reasons. In order to impute the cases with missing values mean substitution is used.

The sample consists of firms from a wide variety of industries and most of them have been operating over 20 years (89 %). Most of the firms participating in the study (75.7 %) are wholly domestic-owned. Seventy-six percent of the firms operate both in domestic and foreign markets. Demographic characteristics of the sample are summarized in Table 2.

### 3.2 Measures

Environmental dynamism is evaluated by using a three-item scale generated and based on the studies of Ward et al. (1995), Li (2000), Ward and Duray (2000), Bulbul and Gules (2004) and Ward et al. (2007). The respondents are asked to evaluate “rate of innovation of new operation processes,” “rate of innovation of new products and services,” and “rate of change in taste and preferences of customers in their industry” with a 5-point Likert scale ranging from (1) “very slow” to (5) “very quick”.

Despite the efforts of many authors to modify and develop Porter’s (1998) generic strategies, the classification of Porter (1998) consisted of cost, differentiation, and focus that are generally adopted as competitive strategies. This typology overlaps with other competitive strategy typologies and is linked with organizational, environmental, and performance-related variables, which are the main themes of this study (Amoako-Gyampah and Acquah, 2008). Therefore, respondents are asked to report the competitive strategy they have been using. Their statements are cost, differentiation, and focus, or combinations of these as two or three factors practiced together.

A scale is generated for operational performance (competitive manufacturing priorities). Items are evaluated by the respondents with respect to 5-point Likert scale ranging from (1) very bad to (5) very well.

### 3.3 Reliability and validity of constructs

In order to test the reliability of scales and to assess the validity of constructs, a series of exploratory and confirmatory factor analysis are conducted.

**Table 3. Factor loadings of the items and reliability of constructs**

Construct	Item	Factor Loading	Cronbach Alpha
Cost	Unit production cost	0.832	0.834
	Unit labor cost	0.804	
	Unit material/semi product cost	0.690	
	Constant cost	0.623	
Quality	Defective product rate	0.858	0.760
	Scrap rate	0.563	
	Rate of defective deliveries	0.544	
Flexibility	Product flexibility	0.519	0.790
	Process flexibility	0.756	
	Machine flexibility	0.567	
	Labor flexibility	0.548	
	Making quick changes in product mix	0.545	
Production Times	Lead time	0.542	0.848
	Order queuing time	0.618	
	Material queuing time	0.540	
	Working stations waiting time	0.748	
	Set-up Time	0.819	
	Maintenance time	0.628	
New Product Development (NPD)	Launching the new products on time (Time to market)	0.823	0.917
	New product development time	0.798	
	Number of new products introduced per year	0.818	
	Lead time to new design	0.755	
	Level of R&D investments	0.741	
Customer Satisfaction	Consistency of investment over time	0.837	0.851
	Rate of returns	0.715	
	Unfulfilled orders	0.775	
	Number of complaints	0.775	
	Percent of returned orders	0.712	
Supplier	Response time to customer complaints	0.588	0.775
	Effective after sales service	0.550	
	Supply of material/semi product whenever required	0.578	

Performance Including the supplier to NPD processes	0.852
Integration of suppliers with quality control systems	0.708

Items that have a tendency to load equally on more than one factor are eliminated and with the remaining factors, reliabilities of scales are analyzed by accomplishing exploratory factor analysis. For testing the reliability of the items Cronbach alpha coefficients of them are calculated and items having a 0.60 and lower Cronbach Alpha coefficients are eliminated (Hair et al. 1998).

Factor loadings that explain the relationship between variables and factors is another important problem. If the factor loading is high, it means that the variable's explaining power of the factor is also very high. Hair et al. (2006) recommended the lowest limit for the factor loading as 0.50. Based upon the study of Hair et al. (2006), the variables with a factor loading 0.50 and higher are included in the analysis, other items are eliminated, and the factor analysis is repeated. The factors can be seen from Appendix I. The results of the exploratory factor analysis shows that only one of the statements of the construct "delivery" (rate of defective deliveries) has an acceptable factor loading and it is perceived as an item of the construct "quality". In other words the respondents are defined this statement as a dimension of quality. The factor loadings of each item and the Cronbach Alpha coefficients of each construct are summarized in Table 3.

As seen from Table 3, all items surpass the recommended level for factor loading. Hair et al. (1998) also states that the lowest limit for Cronbach alpha should be 0.70. According to Table III, the Cronbach alpha coefficients used for assessing the construct reliability range from 0.760 to 0.917 which means that all constructs in our model demonstrates an acceptable reliability.

In order to examine the convergent validity, the remaining items of the exploratory factor analysis are used in confirmatory factor analysis (CFA). Table 4 reported the overall model fit indices including chi-square, p-value, degrees of freedom, goodness of fit index (GFI), adjusted goodness of fit index (AGFI), comparative fit index (CFI), root mean square residual (RMR), and normed fit index (NFI). The recommended values of goodness of fit indices are given in the first line of the table in order to compare the indices with them (Janssens et al. 2008).

**Table 4. Goodness of fit indices of overall model CFA**

Construct	Chi-square	p-value	d.f.	GFI	AGFI	RMR	CFI	NFI
Recommended Value		>0.05		>0.80	>0.80	<0.08	>0.90	>0.90
Cost	2.629	0.269	2	0.99	0.97	0.01	0.99	1.0
Flexibility	41.268	0.000	5	0.93	0.80	0.03	0.88	0.88
Production Times	53.008	0.000	9	0.92	0.81	0.03	0.89	0.91
New Product Development	141.769	0.000	9	0.81	0.87	0.05	0.85	0.86
Customer Satisfaction	67.801	0.000	9	0.92	0.80	0.03	0.88	0.89

The chi-square value should not be significant if there is a good model fit, but even though there is a slight difference between the proposed and the actual models, the statistic may be significant when sample size is over 200. Since the chi-square value is too sensitive to sample size it is not a very useful fit measure. Almost other indices surpass the recommended values which mean that the items reflect a single factor.

### 3.4 ASSESSMENT OF OVERALL MODEL FIT

All of the constructs in Table 3 are represented at least three items. Since SEM approach is a multivariate analysis technique and using a lot of items for a construct is not appropriate for a multivariate analysis, the summated rating method that suggests to sum all of the items those have a high factor loading and to compute the mean value of these items (Hair et al. 1998) is used. The mean values of the items shown in Table III are computed and the new variables are used in assessing the overall model fit. The first column of Table V shows the goodness of fit indices of overall model. According to the results, the chi-square statistic is found to be significant ( $\chi^2= 111.7$ ,  $p=0.000$ ). However, the chi-square is not appropriate for this study because of the sample size as stated in the previous section.

Beside the goodness of fit indices, modification indices are also examined. According to the modification indices, it is found that the model can be slightly improved by allowing of two pairs of sub-dimensions of operational performance to correlate. The additional relationships are between quality and customer satisfaction, and customer satisfaction and production times. These relations are supported in the literature. Anderson and Sullivan (1993) describe satisfaction as the evaluation of product quality after purchasing. Martensen et al. (2000) state that perceived quality is one of the drivers of customer satisfaction. Bou-

Llusar et al. (2001) defines the perceived quality as an antecedent of satisfaction and states that it precedes customer satisfaction.

Ghalayini and Noble (1996) describes production time as a new strategic metric that has to be measured and controlled in order to reduce costs and improve customer satisfaction which in turn will lead to overall business success. Based upon the literature and the modification indices, the model is modified. Fit indices of the new model are also summarized in the second column of Table 5.

**Table 5. Overall model fit indices of the proposed and modified models**

	Proposed Model	Modified Model	Recommended value
<b>Chi-square</b>	111.7	48.5	
<b>p value</b>	0.000	0.000	
<b>Degrees of freedom</b>	26	24	
<b>GFI</b>	0.88	0.95	0.80
<b>AGFI</b>	0.79	0.91	0.80
<b>RMR</b>	0.03	0.02	0.08
<b>NFI</b>	0.82	0.91	0.90
<b>CFI</b>	0.87	0.96	0.90

### 3.5 ASSESSMENT OF MEASUREMENT MODEL FIT

Measurement model fit is assessed by the two main factors: composite reliability and the variance extracted measures.

Composite reliability is described as a measure of internal consistency of the items of the constructs and depicts the degree to which the items indicate the construct. A value of 0.70 and up is recommended for composite reliability. The variance extracted measure is the sum of the variances of the items of the construct and the recommended value for variance extracted measure is 0.50 and up (Hair et al. 1998).

Table 6 summarizes the results of the assessment of measurement model fit. Composite reliability values ranged from 0.77 to 0.92, which exceeds the recommended level of 0.70. On the other hand variance extracted measures ranged from 0.44 to 0.65. Only the variance extracted measures of customer satisfaction and flexibility are slightly less than the recommended value of 0.50.

**Table 6. Measurement model fit indices**

Construct	Items	Item Reliability	Composite Reliability	Variance extracted
Recommended Value			>0.70	>0.50
<b>New Product Development</b>	NPD1	0.650	0.92	0.65
	NPD2	0.691		
	NPD3	0.738		
	NPD4	0.626		
	NPD5	0.566		
	NPD6	0.629		
<b>Customer Satisfaction</b>	CS1	0.543	0.85	0.50
	CS2	0.546		
	CS3	0.684		
	CS4	0.573		
	CS5	0.346		
	CS6	0.286		
<b>Production Times</b>	PT1	0.408	0.85	0.49
	PT2	0.527		
	PT3	0.469		
	PT4	0.563		
	PT5	0,533		
	PT6	0,419		

**Table 6. Measurement model fit indices (Cont'd)**

<b>Construct</b>	<b>Items</b>	<b>Item Reliability</b>	<b>Composite Reliability</b>	<b>Variance extracted</b>
<b>Recommended Value</b>			<b>&gt;0.70</b>	<b>&gt;0.50</b>
<b>Cost</b>	C1	0,596	0.84	0.56
	C2	0,618		
	C3	0,588		
	C4	0,454		
<b>Flexibility</b>	F1	0,417	0.79	0.44
	F2	0,691		
	F3	0,514		
	F4	0,269		
	F5	0,285		
<b>Quality</b>	Q1	0,615	0.77	0.52
	Q2	0,461		
	Q3	0,497		
<b>Supplier Performance</b>	SP1	0,429	0.78	0.54
	SP2	0,656		
	SP3	0,542		

### 3.6 ASSESSMENT OF STRUCTURAL MODEL FIT

After assessing the overall model and measurement model, the estimated coefficients of causal relationships are examined in order to validate the hypothesized relations. Hypothesis 1 examines the impact of environmental dynamism on competitive strategy.

**Table 7. Hypothesis testing results**

<b>Hypotheses</b>	<b>Proposed Path</b>	<b>Standardized Path Coefficient</b>	<b>t</b>	<b>Sig.</b>
H <sub>1</sub>	Environmental Dynamism ↔ Competitive Strategy	0.138	1.974	p<0.05
H <sub>2</sub>	Environmental Dynamism → Manufacturing Performance	0.644	5.568	p< 0.01
H <sub>2a</sub>	Environmental Dynamism → Cost	0.361	4.915	p< 0.01
H <sub>2b</sub>	Environmental Dynamism → Quality	0.186	2.647	p< 0.01
H <sub>2c</sub>	Environmental Dynamism → Flexibility	0.426	5.679	p< 0.01
H <sub>2d</sub>	Environmental Dynamism → Production Times	0.361	4.923	p< 0.01
H <sub>2e</sub>	Environmental Dynamism → New Product Development	0.471	6.178	p< 0.01
H <sub>2f</sub>	Environmental Dynamism → Customer Satisfaction	0.223	3.157	p< 0.01
H <sub>2g</sub>	Environmental Dynamism → Supplier Performance	0.381	5.157	p< 0.01
H <sub>3</sub>	Competitive Strategy → Operational performance	0.010	0.159	Not sig.
H <sub>3a</sub>	Competitive Strategy → Cost	-0.022	-0.323	Not sig.
H <sub>3b</sub>	Competitive Strategy → Quality	0.144	2.065	p< 0.05
H <sub>3c</sub>	Competitive Strategy → Flexibility	0.053	0.768	Not sig.
H <sub>3d</sub>	Competitive Strategy → Production Times	0.055	0.792	Not sig.
H <sub>3e</sub>	Competitive Strategy → New Product Development	0.065	0.937	Not sig.
H <sub>3f</sub>	Competitive Strategy → Customer Satisfaction	0.057	0.823	Not sig.
H <sub>3g</sub>	Competitive Strategy → Supplier Performance	0.114	1.648	Not sig.



According to Table 7, environmental dynamism is related positively to competitive strategies of businesses ( $\beta=0.138$ ,  $t=1.974$ ,  $p<0.05$ ).

Regarding the relationships between environmental dynamism and operational performance, in line with our expectations, the results of hypothesis 2 indicate positive associations for all hypothesized relationships. The strongest relationship is the relationship between environmental dynamism and new product development ( $\beta=0.471$ ,  $t=6.178$ ,  $p<0.01$ )

According to Table 7, hypothesis 3 which defines a relationship between environmental dynamism and operational performance is not supported. The values of the sub-hypothesis except the one which defines a relationship between the environmental dynamism and quality are also not significant.

#### **4. DISCUSSION AND IMPLICATIONS**

From the operational performance viewpoint, this study has extended the competitive manufacturing priorities by considering all of the different factors developed by different authors. Both the variables used to measure performance are determined according to the literature and the empirical findings verify that these additional competitive manufacturing priorities are also important determinants in evaluating operational performance. If managers are aware about the competitive manufacturing priority/priorities, they are more powerful against their rivals, and they can maintain their competitiveness. Researchers and practitioners should therefore consider these dimensions of operational performance as well as cost, quality, delivery and flexibility.

According to the findings, environmental dynamism is positively and significantly related to both competitive strategy, and operational performance and all of the competitive manufacturing priorities that are used for evaluating it. Of these dimensions, the relationship between new product development and environmental dynamism is the strongest. It means business organizations should give more importance to new product development in order to survive in a dynamic environment.

Competitive strategy, however, is only significantly related to one of the competitive manufacturing priorities: quality. However, manufacturing companies in Turkey are specified quality as the top competitive priority in order to sustain/improve their competitive position in the market; other dimensions of operational performance are not supported. The reason may be summarized as follows. There is a tendency to believe that the competitive strategies of the manufacturing firms operating in Turkey are generally cost leadership instead of differentiation. It may be also seen from the results of the question what competitive strategy/strategies they use. While the ratio of the firms using only cost leadership is 16.1%, the ratio of the firms adopted differentiation is only 4.7%. Firms in Turkey aim to produce high-quality products with low cost to increase their market shares. In order to accomplish this aim, they are aware of being forced to launch high value-added products, which are also more profitable. This also means that they have to emphasize product differentiation (Ulusoy, 2003). Hence, the firms seem to be confused about their competitive strategy. The results show that the ratio of the firms only using one of the competitive strategies (cost leadership 16.1%; differentiation 4.7%; and focus 12.8 respectively) is much lower if compared to the ratio of the firms using both cost leadership and differentiation strategies (60.7%). This shows that firms are not able to define the boundaries of their competitive strategy in Turkey. Therefore almost all of the sub-hypotheses of the hypothesis about the relationship between the competitive strategy and operational performance are rejected.

The main contribution of this study is being the first study taking all of the facets of operational performance into the consideration, providing benefits to academicians and practitioners.

#### **5. LIMITATIONS AND FUTURE RESEARCH DIRECTIONS**

This study is one of the important studies in production and operations management area as it develops a synthesis model of environmental dynamism, competitive strategy and operational performance. The results of the study provide a clue to the manufacturing managers, especially the Turkish ones about how to sustain in a dynamic and competitive environment. The managers notice the importance of evaluating operational performance with respect to their competitors if they want to sustain their position in the market. Evaluation of operational performance requires incorporating simultaneously the environmental dynamism and competitive strategy. However, the conceptual approach and methodological processes employed in this study might be enhanced in future research.

Further studies can be conducted in a longitudinal manner in order to easily observe the dynamism in the environment where the manufacturing firms operate. The study is based upon the data collected through questionnaires with single informants from each manufacturing firm and with the managers own perceptions. In order to generalize the findings, the study may be repeated in another emerging economy to compare the results or the questionnaires may be applied to larger sample sizes. Finally, it is possible to say that the research contributes to the scholars and business world in understanding key success factors leading to their operational performance.

## REFERENCES

- Abdel-Maksoud, A. B., 2004. Manufacturing in the UK: contemporary characteristics and performance indicators. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 15 (2), 155-171.
- Akal, Z., 1998. İşletmelerde performans ölçüm and denetimi: çok yönlü performans göstergeleri (Performance measurement in organizations: multi facet performance indicators), (in Turkish). No: 473, Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi (National Productivity Center).
- Acquaah, M., Amoako-Gyampah, K. and Jayaram, J. (2011), “Resilience in family and nonfamily firms: an examination of the relationships between manufacturing strategy, competitive strategy and firm performance”, *International Journal of Production Research*, Vol. 49 No. 18, pp. 5527-5544.
- Amoako-Gyampah, K., 2003. The Relationships among selected business environment factors and manufacturing strategy: insights from an emerging economy. *Omega*, 31 (4), 287-301.
- Amoako-Gyampah, K. and Acquaah, M., 2008. Manufacturing strategy, competitive strategy and firm performance: an empirical study in a developing economy environment. *International Journal of Production Economics*, 111 (2), 575-592.
- Anderson, E. W. and Sullivan, M. W., 1993. The antecedents and consequences of customer satisfaction for firms. *Marketing Science*, 12 (2), 125-143.
- Antonio, K. W., Yam R. C and Tang, E., 2007. The impacts of product modularity on competitive capabilities and performance: an empirical study. *International Journal of Production Economics*, 105 (1), 1-20.
- Avella, L., Fernández, E. and Vázquez, C. J., 2001. Analysis of manufacturing strategy as an explanatory factor of competitiveness in the large Spanish industrial firm. *International Journal of Production Economics*, 72 (2), 139-157.
- Badri, M. A. , Davis, D. and Davis, D., 2000. Operations strategy, environmental uncertainty and performance: a path analytic model of industries in developing countries. *Omega*, 28 (2), 155-173.
- Bou-Llusar, J. C., 2001. Measuring the relationship between firm perceived quality and customer satisfaction and its influence on purchase intentions. *Total Quality Management*, 12 (6), 719-734.
- Boyer, K. K. and Lewis, M. W., 2002. Competitive priorities: investigating the need for trade-offs in operations strategy. *Production and Operations Management*, 11 (1), 9-20.
- Boyer, K. K. and McDermott, C., 1999. Strategic consensus in operations strategy. *Journal of Operations Management*, 17 (3), 289-305.
- Boyer, K. K. and Pagell, M., 2000. Measurement issues in empirical research: improving measures of operations strategy and advanced manufacturing technology. *Journal of Operations Management*, 18 (3), 361-374.
- Boyer, K. K., 1998. Longitudinal linkages between intended and realized operations strategies. *International Journal of Operations & Production Management*, 18 (4), 356-373.
- Bulbul, H. and Gules, H. K., 2004. Türk sanayi işletmelerinde ileri imalat teknolojileri kullanımı ve performans etkisi” (Implementation of advanced manufacturing technologies in the Turkish industrial companies and its effect on performance), (in Turkish). *METU Studies in Development (ODTÜ Gelişme Dergisi)*, 1-42.
- Burgess, T.F., Gules, H.K., Gupta, J.N.D. and Tekin, M. (1998), “Competitive priorities, process innovations and time-based competition in the manufacturing sectors of industrializing economies: the case of Turkey”, *Benchmarking for Quality Management & Technology*, Vol. 5 No. 4, pp. 304-316.
- Chin, H. G. and Saman, M. Z. M., 2004. Proposed analysis of performance measurement for a production system, *Business Process Management Journal*, 10 (5), 570-583.
- Corbett, L. M. and Claridge, G. S., 2002. Key manufacturing capability elements and business performance. *International Journal of Production Research*, 40 (1), 109-131.
- Davis, R. A. and Vokurka, R. J., 2005. The effect of facility size on manufacturing structure and performance. *Industrial Management & Data Systems*, 105 (8), 1022-1038.
- Demeter, K., 2003. Manufacturing strategy and competitiveness. *International Journal of Production Economics*, 81-82, 205-213.
- Douglas, A., 2002. Improving manufacturing performance, *Annual Quality Congress Proceedings (May 20-22, Colorado)*, US, 725- 731.
- Fine, C. H. and Hax, A. C., 1985. Manufacturing strategy: a methodology and an illustration. *Interfaces*, 15 (6), 28-46.
- Forker, L. B., Vickery, S. K. and Droge, C. L. M., 1996. The contribution of quality to business performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 16 (8), 44-62.

- Garg, V. K., Walters, B. A. and Priem, R. L., 2003. Chief executive scanning emphases, environmental dynamism, and manufacturing firm performance. *Strategic Management Journal*, 24 (8), 725-744.
- Garvin, D.A. (1993). *Manufacturing Strategic Planning*. California Management Review, 35 (4), 85-106.
- Ghalayini, A. M., Noble, J. S. and Crowe, T. J., 1997. An integrated dynamic performance measurement system for improving manufacturing competitiveness. *International Journal of Production Economics*, 48 (3), 207-225.
- Ghalayini, A. M. and Noble, J. S., 1996. The changing basis of performance measurement. *International Journal of Operations & Production Management*, 16 (8), 63-80.
- Gilgeous, V. , 2001. The strategic role of manufacturing. *International Journal of Production Research*, 39 (6), 1257-1287.
- Größler, A. and Grübner, A., 2006. An empirical model of the relationships between manufacturing capabilities. *International Journal of Operations & Production Management*, 26 (5), 458-485.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L. and Black, W. C., 1998. *Multivariate data analysis*, 4th ed., Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E. and Tatham, R. L. , 2006. *Multivariate data analysis*, 6th ed., Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Hallgren, M., Olhager, J., and Schroeder, R.G. (2011), “A hybrid model of competitive capabilities”, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 31 No. 5, pp. 511-526.
- Huang, M.C., Yen, G.F. and Liu, T.C. (2014), “Reexamining supply chain integration and the supplier’s performance relationships under uncertainty”, *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 19 No. 1, pp. 64-78.
- Hung, S.C., Hung, S.W. and Lin, M.J.J. (2015), “Are alliances a panacea for SMEs? The achievement of competitive priorities and firm performance”, *Total Quality Management & Business Excellence*, Vol. 26 Nos 1-2, pp. 190-202.
- Jabbour, C.J.C., Maria da Silva, E., Paiva, E.L. and Almada Santos, F.C. (2012), “Environmental management in Brazil: is it a completely competitive priority?”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 21 No. 1, pp. 11-22.
- Janssens, W., Wijnen, K., De Pelsmacker, P. and Van Kenhove, P. (2008), *Marketing Research with SPSS*, Pearson Education Limited, England.
- Kazan, H., Özer, G. and Çetin, A. T., 2006. The effect of manufacturing strategies on financial performance. *Measuring Business Excellence*, 10 (1), 14-26.
- Kickert, W. J. M., 1985, The magic word flexibility. *International Studies of Management and Organization*, 14 (4), 6-31.
- Kim, J. S. and Arnold, P., 1992. Manufacturing competence and business performance: a framework and empirical analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 13 (10), 4-25.
- Kim, J. S. and Arnold, P., 1996. Operationalizing manufacturing strategy: an exploratory study of constructs and linkage. *International Journal of Operations & Production Management*, 16 (12), 45-73.
- Krajewski, L. J. and Ritzman, L. P., 2005. *Operations Management: Processes and Value Chains*. Prentice Hall.
- Krause, D. R., Pagell, M. and Curkovic, S., 2001. Toward a measure of competitive priorities for purchasing. *Journal of Operations Management*, 19 (4), 497-512.
- Kristal, M.M., Huang, X. and Roth, A.V. (2010), “The effect of an ambidextrous supply chain strategy on combinative competitive capabilities and business performance”, *Journal of Operations Management*, Vol. 28 No. 5, pp. 415-429.
- Leong, G.K., Snyder, D. L. and Ward, P.T., 1990. Research in the process and content of manufacturing strategy. *Omega*, 18 (2), 109-122.
- Li, L. L. X., 2000. Manufacturing capability development in a changing business environment. *Industrial Management and Data Systems*, 100 (6), 261-270.
- Manoochehri, G., 1999. The road to manufacturing excellence: using performance measures to become world-class. *Industrial Management*, 41 (2), 7-13.
- Martensen, A., Gronholdt, L. and Kristensen, K., 2000. The drivers of customer satisfaction and loyalty: cross-industry findings from Denmark. *Total Quality Management*, 11 ( 4/5&6), 544-553.
- Noble, M. A., 1997. Manufacturing competitive priorities and productivity: an empirical study. *International Journal of Operations & Production Management*, 17 (1), 85-99.
- Omar, R. et al, 2006. Supplier involvement, customer focus, supply chain technology and manufacturing performance: findings from a pilot study. 2006 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology, 876-880.

- Peng, D.X., Schroeder, R.G. and Shah, R. (2011), “Competitive priorities, plant improvement and innovation capabilities, and operational performance: a test of two forms of fit”, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 31 No. 5, pp. 484-510.
- Porter, M. E., 1998. *Competitive strategy: techniques for analyzing industries and competitors*. New York: The Free Press.
- Phusavat, K. and Kanchana, R., 2007. Competitive priorities of manufacturing firms in Thailand. *Industrial Management & Data Systems*, 107 (7), 979-996.
- Schoenherr, T., Power, D., Narasimhan, R. and Samson, D. (2012), “Competitive capabilities among manufacturing plants in developing, emerging, and industrialized countries: a comparative analysis”, *Decision Sciences*, Vol. 43 No. 1, pp. 37-72.
- Sevklı, M., Koh, S.C.L., Zaim, S., Demirbag, M. and Tatoglu, E. (2007), “An application of data envelopment analytic hierarchy process for supplier selection: a case study of Beko in Turkey”, *International Journal of Production Research*, Vol. 45 No. 9, pp. 1973-2003.
- Sezen, B. (2008), “Relative effects of design, integration and information sharing on supply chain performance”, *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 13 No. 3, pp. 233-240.
- Shavarini, S.K., Salimian, H., Nazemi, J. and Alborzi, M. (2013), “Operations strategy and business strategy alignment model (case of Iranian industries)”, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 33 No. 9, pp. 1108-1130.
- Swamidass, P. M. and Newell, W. T., 1987. Manufacturing strategy, environmental uncertainty and performance: a path analytic model. *Management Science*, 33 (4), 509-524.
- Tracey, M., Vonderembse, M.A., Lim, J.S., 1999. Manufacturing technology and strategy formulation: keys to enhancing competitiveness and improving performance. *Journal of Operation Management*, 17, 411-428.
- Ulusoy, G., 2003. Competitive manufacturing strategies for the manufacturing industries in Turkey. *EUROMA-POMS Conference Proceedings (June 16-18, Cernobbio), Italy*, 313-322.
- Urgal-González, B. & Garcia-Vásquez, J.M., 2007. The strategic influence of structural manufacturing decisions. *International Journal of Operations & Production Management*, 27 (6), 605-626.
- Vickery, S.K.; Droge, C. and Markland, R.E., 1993. Production competence and business strategy: do they affect business performance. *Decision Sciences*, 24 (2), 435-455.
- Vonderembse, M. A., 2002. *Building supplier relations that enhance manufacturing performance*, London: Spiro Press.
- Vonderembse, M.A. and Tracey, M. (1999), “The impact of supplier selection criteria and supplier involvement on manufacturing performance”, *Journal of Supply Chain Management*, Vol. 35 No. 3, pp. 33-39.
- Ward, P. T. and Duray, R., 2000. Manufacturing strategy in context: environment, competitive strategy and manufacturing strategy. *Journal of Operations Management*, 18 (2), 123-138.
- Ward, P. T., McCreery, J. K. and Anand, G., 2007. Business strategies and manufacturing decisions: an empirical examination of linkages. *International Journal of Operations & Production Management*, 27 (9), 951-973.
- Ward, P. T., Duray, R., Leong, G. K. and Sum, C., 1995. Business environment, operations strategy, and performance: an empirical study of Singapore manufacturers. *Journal of Operations Management*, 13 (2), 99-115.
- Yurdakul, M., 2002. Measuring a manufacturing system’s performance using Saaty’s system with feedback approach”, *Integrated Manufacturing Systems*, 13 (1), 25-34.
- Zhang, Q., Vonderembse, M. A. and Lim, J., 2003, Manufacturing flexibility: defining and analyzing relationships among competence, capability, and customer satisfaction. *Journal of Operations Management*, 21 (2), 173-191.
- Zhao, X., Yeung, J. H. Y. and Zhou, Q., 2002. Competitive priorities of enterprises in mainland China. *Total Quality Management*, 13 (3), 285-300.

## THE IMPORTANCE OF INTRODUCING SET-UP TIME REDUCTION TO INDUSTRY 4.0

Enis Kucuk  
Istanbul Technical University

Gökhan Aldemir  
Istanbul Technical University

### ABSTRACT

The main objectives of Lean Manufacturing are reducing costs, increasing customer satisfaction and providing continuous improvement and supporting activities that create value by eliminating wastes. On the other hand, the recent Industrial Revolution, Industry 4.0 bring together a multitude of physical and digital technologies. Industry 4.0 aims to improve resource efficiency and to contribute companies' competitiveness to the higher level through the use of advanced data warehousing and analysis systems and many technologies at the same time. One of the most important goals of a company is to improve or completely eliminate the process, activity or actions that bring about wastage. For this reason, Lean Manufacturing methodology will be more useful thanks to Industry 4.0 technologies. The purpose of this study is to demonstrate how the set-up time reduction, which is one of the basis of the Lean Manufacturing philosophy, will be implemented with Industry 4.0.

## 1. INTRODUCTION

Lean manufacturing is a philosophy that Toyota Motor Company successfully improved and implemented in their facilities and was begun with Taiichi Ohno since 1950s (Shuker, 2000). This philosophy principally relies on satisfying customer needs through creating value added activities while trying to eliminate non-value-added activities (Womack et al., 1990). Lean includes some tools such as kaizen, 5S, JIT and set-up time reduction which help to achieve removing nonvalue-added activities from the system. In this case, set-up time is the time preparing machine and equipment ready for consecutive production runs (Monden, 2011). Set-up time reduction allows facilities to obtain more time to produce their product which means can be produced more output.

The term Industry 4.0 first appeared by German Government in 2011 which excepted as the fourth industrial revolution (Weyer et al., 2015). Industry 4.0 exploits technologies as such Cyber-Physical Production Systems (CPS), Internet of Things Technologies (IoT), and Cloud Computing Technology, and integrated movement means the production of smart products and smart services (Weyer et al., 2015). Set-up time reduction techniques can be adapted by Industry 4.0 and combined with its technologies. Thus, Industry 4.0 can get benefit from a set-up time reduction tool of lean and become smart set-ups.

This study follows the structure that starts with introduction part, and follows by the literature review, the methodology, and conclusions and recommendations. In Introduction part brief information is given about set-up time reduction which is one of the tools of Lean Philosophy, and Industry 4.0 which is a latest industrial revolution, and the structure of this research. In literature review, brief information (e.g., set-time reduction, and Industry 4.0) stated in introduction parts are elaborated. A methodology section explained the concepts and tools which are mentioned by Monden and using these tools in Industry 4.0. The last section includes conclusions and recommendation based on this set-up reduction in the Industry 4.0 study.

## 2. LITERATURE REVIEW

### 2.1.Reduction of Set-up Time

Set-up time is defined as the time period between last good item produced and the first good item produced by the following production run. (Trevino et al., 1993). According to Enginarlar (2003), the aims of set-up time reduction are increasing capacity, minimizing machine downtime and thus preventing from production capacity loss. To that end, through successful set-up time reduction, equipment downtime and capacity loss can be decreased, and machines and equipment can be produced more items so production output increases. However, for manufacturers who produce variety of products on same equipment, set-ups are necessary, therefore, drawbacks of set-ups on production capacity needs to be minimized. (Coble & Bohn, 2005).

Producing different products in higher frequency increases the time spent for set-ups. Under this circumstance, reducing set-up time becomes an indispensable to prevent from the time loss caused by set-ups. Toyota Motor Company can be given as an successful example about set-up time reduction. In 1970s, for their 800-ton punch press for fenders and hoods, the time for set-up became three minutes from about three hours. (Monden, 2011). Such an application as known as a single-minute set-up, called SMED (Single-Minute Exchange of Die), and is a method that completing a set-up activity in a a single digit number of minute (e.g., under 9 minutes 59 seconds) (Shingo, 1985).

According to Monden (2011), Toyota also achieved reducing lot (batch) sizes through the set-up improvement. Therefore, all types of inventories (e.g., final and intermediate products) can be minimized, Production of small batches mean shorter time to complete those production batches which results in being more responsive to customer orders and demand (Albert, 2004). Smaller batches reduce the lead time and thus customer meet with products in shorter time. The Among many benefits of set-up time improvement, Center for Industrial Research and Service (CIRAS, n.d.) states several advantages:

- Different model productions can be run in higher frequency due to decreased lot sizes.
- Improvement in delivery performance occurs due to reduced lead time.
- Quality improves due to better documentation of set-up activities.
- As well as increasing capacity, also, costs and inventories are reduced.

Set-up time reduction related studies have been conducted in various industries. Following examples includes such studies:

- Yang et al., in 1993, conducted a research that is called “Set-up time reduction and competitive advantage in a closed manufacturing cell” exploring the relationships between set-up time reduction, potential advantages of manufacturing cells to increase competitiveness, and anticipated cell performance by using a queuing model (M/G/1 model). Their research elicits that with the decreased product set-up time, optimal product lot size, average and variance of average the flow time can be made smaller. Additionally, these

authors realized that there is linking points between set-up time reduction and potential competitive benefits for the enterprise in the market place in that the reduction of set-up time makes possible firms to improve delivery pace and to respond quicker to customer demands.

- Li in 2003, another research relating to set-up time reduction conducted “Improving the performance of job shop manufacturing with demand-pull production control by reducing set-up/processing time variability.” This research was studied as a simulation modelling experiment and examined the effects of set-up time reduction and variability in processing time on the production performance of a job shop with demand-pull production control. This research undercovered that using a Kanban system provides to minimizing set-up time variability with proper layout of a job shop.
- Sheri et al. (2005), whose research was about “Set-up time reduction for electronics assembly: Combining simple (SMED) and IT-based methods.” These authors used set-up time reduction tool for an electric component production, circuit board assembly (PCBA). Their research resulted in an 85 percent set-up costs improvement (reduction) and also for their feeder's set-up time reduced to 11 seconds from 1.7 minutes while the overall set-up time reduced to 24 minutes from 158 minutes.
- Bavuluri (2012) conducted a research that was titled as “Set Up Time Reduction and Quality Improvement on the Shop Floor Using Different Lean and Quality Tools.” In this study the author examined setup time related to inspection time and loading and unloading times in a semi-automated plant while using aid of some other lean tools such as 5S, SMED and FMEA (failure modes and effects analysis). Results shows that inspection time reduced about 50 percent; with the help of newly design handling tool for pump housing, loading and unloading time was decrease about 40 percent. Additionally, alignment problems which can cause rework were solved and thus the facility save approximately \$13,000 (monthly).

Above studies shows that set-up time reduction efforts have positive outcomes including improving flow time, reducing lead time, decreased in costs and quicker response to the changes in the market.

## 2.2. Industry 4.0

The last several centuries, industries continue to evolve and leap forward in terms of adapting new discoveries in their industrial systems. Those break through adaptations are called the industrial revolutions. In this case, the first industrial revolution (can be named as the Industry 1.0) appeared as using steam power for mechanical manufacturing systems. The second industrial revolution (e.g, Industry 2.0) appeared as using electricity to improve the industrial systems. The third industrial revolution started in early 1970s, high level of automation become available through using electronics and information technologies (Acatech, 2013). Finally, last several decades, humanity has become acquainted with information and communication technologies (ICT). Industrial productions have started to adapt advanced technology (i.e., technologies are more accessible; computers became smaller, as well as connecting people internet also connect machines etc.). This trend has begun to be called as the fourth industrial revolution or as a term Industry 4.0 (Kagermann et al., 2013). In general, the industry 4.0 is formed by Internet of Things, Internet of Services, and Cyber Physical Systems. In other words, this term refers to dispersed machines and tools are connected to supporting technologies such as Internet of Things, and Cyber Physical Systems; and integrated movement means the production of smart products and smart services (Weyer et al., 2015).

In general, industry 4.0 benefits from following technologies;

**Cyber-Physical Production Systems (CPS):** can be defined as a system formed by computational entities collaboration and also the system has an intensive connection with its surrounding physical environment and its continuing process, meanwhile, getting benefit from and provide contribution to services which allow accessing and processing data services available on the internet (Monostori et al., 2016).

**Internet of Things Technologies (IoT):** The main idea behind the Internet of things, forming a system that connected to internet besides enriching the physical items with the integration of electronics (e.g., RFID tags, sensors, etc.) (Shrouf et al., 2014).

**Cloud Computing Technology:** To cope with applications, instead of having personal computers and/or local system servers, cloud computing system exploits shared computing resources.

**Big Data:** Data might come from, people, machines, sensors, tools, devices, and infrastructures and these things can communicate among themselves and most probably can create new data. This concept is called Big Data and this condition has continuing to grow and more and more data are being created and collected (Santos et al., 2017).

### 3. METHODOLOGY

According to Monden (2011), to shorten set-up time, four major concepts and six techniques for implementing these four concepts; and introducing these concepts and the techniques would be significantly beneficial and well worth the attention to move parallel to Industry 4.0 strategies and methodologies.

- **Concept 1: Separate the Internal Set-up from the External Set-up**

Internal set-up is referred to as set-up activities that can be only performed when the machine does not run, whereas external set-up refers to set-up actions that can be performed while the machine runs (Cakmakci, 2009; Monden, 2011). Distinguishing the two types of set-up activity is easily done by answering the question: “Do I have to shut the machine down to perform this activity?” (Cakmakci, 2009, p. 170).”

- **Concept 2: Convert as Much as Possible of the Internal Set-up to the External Set-up**

To achieve the goal of single-digit set-up time (SMED), converting as much of the internal set-up activities to external set-up activities becomes critically important (Cakmakci & Karasu, 2007; Monden, 2011). When changing internal set-up activities to external set-up activities, the machine can continue producing during the time that was switched from internal to external set-up activities. Monden (2011) gives an example that liners can be used to standardize the die heights of a punch press or a molding machine to eliminate stroke adjustment. Thus, the process can continue to produce without stopping the punch press (or molding machine) to adjust its die heights.

- **Concept 3: Eliminate the Adjustment Process**

Another concept to shorten set-up time is to minimize the adjustments necessary while setting up a machine/process, which usually comprise 50-70 percent of the overall internal set-up time required (Monden, 2011). As an illustration, Monden (2011) gives an example of a punch press producer who may produce a machine which is adjustable to diverse customers’ (companies’) die height requirements, however, each company may refrain from the stroke adjustment by standardization of its die height at a specific size.

- **Concept 4: Abolish the Set-up Itself**

To remove the need for a set-up entirely, two approaches can be applied (Monden, 2011): Use uniform products in product design and the same parts for the production of various products or produce various products at the same time (Hopp & Spearman, 2011).

- **Technique 1: Standardize the external set-up actions**

To standardize the external set-up actions meant to turn the activities required by external set-ups into routines and standardize the operations necessary for preparing the dies, tools and materials (Monden, 2011).

- **Technique 2: Standardize only the necessary portions of the machine**

Monden (2011) stated that standardizing the size/shape of all dies will result in reduced set-up time. However, the application of this type of standardization will be costly. Therefore, rather than standardizing all the machines, “*Only the portion of the function necessary for set-up is standardized*” (Monden, 2011, p.192).” One of the examples of these techniques is equalizing the dies’ heights. Standardization of the die height and the die-holders allows elimination of the processes of removing and inserting of fastening tools, and adjustments. (Monden, 2011).

- **Technique 3: Use quick fasteners**

Even though a bolt is one of the most frequently used fastening devices, fastening occurs only during the last turn of the nut, which can be loosened at the first turn. Therefore, fastening devices that allow fixation after only a single turn should be devised and used (Monden, 2011).

- **Technique 4: Use supplementary tools**

The process of attaching a die to a punch press takes considerable time. Therefore, the attachment of the die to the punch press should be done in the external set-up stage; following this, the supplementary tool can be set in the machine at one touch in the internal set-up stage (Monden, 2011).

- **Technique 5: Use parallel operations**

For some machines such as large presses, set-up actions will take a long time for just one worker. However, by using two or more workers for the set-up of such a machine (e.g. large punch press), wasteful movements can be eliminated or minimized. Even though total labor hours may stay the same for the set-up, effective operating time of the machine will increase (Monden, 2011).

- **Technique 6: Use mechanical set-up systems**

Doing the attachment of the die, to fasten the die at several positions, oil or air pressure system could be beneficial. Additionally, electrically operated mechanisms can be used to adjust the height of a



punch press. Even though these systems facilitate above adjustments, it may be an expensive investment for some manufacturers (Monden, 2011).

#### 4. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Lean Manufacturing methodology will be more useful thanks to Industry 4.0 technologies. The purpose of this study is to demonstrate how the set-up time reduction, which is one of the basis of the Lean Manufacturing philosophy, should be implemented with Industry 4.0.

Set-up time reduction allows facilities to obtain more time to produce their product which means can be produced more output. According to Monden (2011), several concepts and techniques can benefit to reduce time for set-up activities. These recommends comprise concepts that are separating the internal set-up from the external set-up, eliminating the adjustment process, abolishing the set-up itself, and converting as much as possible of the internal set-up to the external set-up. These recommends includes techniques that are standardizing the external set-up actions, standardizing only the necessary portions of the machine, using quick fasteners, using supplementary tools, using parallel operations, and using mechanical set-up systems. These concepts and techniques can be also adapted by Industry 4.0 and combined with its technologies. Thus, Industry 4.0 can get benefit from a set-up time reduction tool of lean and become smart set-ups.

#### REFERENCES

- Bavuluri, S. R. (2012). Set up time reduction and quality improvement on the shop floor using different lean and quality tools. (M.S.), Clemson University, Clemson, SC.
- Cakmakci, M. (2009). Process improvement: performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 41(1-2), 168-179. doi: 10.1007/s00170-008-1434-4.
- Cakmakci, M., & Karasu, M. K. (2007). Set-up time reduction process and integrated predetermined time system MTM-UAS: A study of application in a large size company of automobile industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 33(3), 334-344. doi: 10.1007/s00170-006-0466-x.
- Enginarlar, E. (2003). Lean buffering in production systems: A quantitative approach. (Doctoral dissertation). University of Michigan, Ann Arbor, MI.
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2011). *Factory physics*. Lon Grove, IL: Waveland Press.
- Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group. *Forschungsunion*.
- Li, J. W. (2003). Improving the performance of job shop manufacturing with demand-pull production control by reducing set-up/processing time variability. *International Journal of Production Economics*, 84(3), 255-270.
- Monden, Y. (2011). *Toyota production system: an integrated approach to just-in-time*: Boca Raton, FL: CRC Press.
- Monostori, L., Kádár, B., Bauernhansl, T., Kondoh, S., Kumara, S., Reinhart, G., ... & Ueda, K. (2016). Cyber-physical systems in manufacturing. *CIRP Annals*, 65(2), 621-641.
- Santos, M. Y., e Sá, J. O., Andrade, C., Lima, F. V., Costa, E., Costa, C., ... & Galvão, J. (2017). A Big Data system supporting Bosch Braga Industry 4.0 strategy. *International Journal of Information Management*, 37(6), 750-760.
- Sheri C, T., & Bohn, R. E. (2005). Setup Time Reduction for Electronics Assembly: Combining Simple (SMED) and IT-Based Methods. *Production and Operations Management*, 14(2), 205-217.
- Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: the SMED system*: Portland,OR: Productivity Press.
- Shrouf, F., Ordieres, J., & Miragliotta, G. (2014, December). Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. In *Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2014 IEEE International Conference on* (pp. 697-701). IEEE.
- Shuker, T. J. (2000). The leap to lean. Paper presented at the Annual Quality Congress Proceedings-American Society for Quality Control., Indianapolis. Milwaukee: American Society for Quality.105-112.
- Trevino, J., Hurley, B. J., & Friedrich, W. (1993). A mathematical model for the economic justification of setup time reduction. *International Journal of Production Research*, 31(1), 191-202.
- Weyer, S., Schmitt, M., Ohmer, M., & Gorecky, D. (2015). Towards Industry 4.0-Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. *Ifac-Papersonline*, 48(3), 579-584.
- Yang, J., & Deane, R. H. (1993). Setup time reduction and competitive advantage in a closed manufacturing cell. *European Journal of Operational Research*, 69(3), 413-423. doi:10.1016/0377-2217(93)90025-I

## REFLECTIONS OF THE INDUSTRY 4.0 ON THE LOGISTICS INDUSTRY: SCENARIO ANALYSES AND THE STRATEGIC IMPORTANCE OF HUMAN CAPITAL

Berk Kucukaltan  
Trakya University  
University of Bradford

Omur Y. Saatcioglu  
Dokuz Eylül University

Okan Tuna  
Dokuz Eylül University

### ABSTRACT

Digitalisation coming along with the Industry 4.0 concept have occurred within the entire supply chain, particularly in the element that supply chain has the closest link, which is logistics. Since logistics is a service industry depending widely on labour-intensive processes, human resources and managerial skills are strategically important capitals for logistics companies. In fact, such importance of human resources and managerial skills overlaps with the structure of Industry 4.0. However, the conducted literature review reveals that the current Industry 4.0 studies mainly focus on technical and technological aspects by inadequately discussing human resources and managerial skills. More particularly, the logistics literature lacks a clear and comprehensive investigation of the impacts and reflections of Industry 4.0 on the human capital in logistics companies. In this regard, the scenarios analysed in this on-going study hold a significant potential to contribute both to the insights on the reflections of Industry 4.0 on the logistics industry and to the uncertainty on positioning of the human capital in the digitalised systems arising from Industry 4.0.

**Keywords:** *Industry 4.0, Logistics, Scenario Analysis, Strategic Human Resource Management.*

## 1. INTRODUCTION

Digitalisation is recently used as the most preferred keyword and has a critical role on constructing fundamental components of the new term, Industry 4.0 (known also as the 4<sup>th</sup> Industry Revolution), appeared firstly in Germany (Maslarić et al., 2016). Respectively, the 1<sup>st</sup> Industry Revolution encapsulated steam engines and heavy manufacturing tools and, the 2<sup>nd</sup> Industry Revolution contained the utilisation of assembly lines, conveyor systems as a result of the usage of electricity whereas the 3<sup>rd</sup> Industry Revolution brought along the automated systems including electronic and information technologies and, lastly, cyber technologies, smart and digital systems as well as innovative business models come to the forefront in the 4<sup>th</sup> Industry Revolution (Barreto et al., 2017). In other words, Industry 4.0 can be summarised as a general formation that reflects the potentiality of rapidly developing technologies and the new terms, involves several disciplines, and enables companies to remain competitive by reducing workforce and its related costs (e.g. labour costs) that cause bottlenecks (Strandhagen et al., 2017).

Digital transformation brought along by the 4<sup>th</sup> Industry Revolution does not only occur at its initially starting point, which is manufacturing processes, but also within various components exist in a supply chain and, thereby, the “smart” systems spread to the entire supply chain network. Thus, in order to obtain the expected efficient outcomes from Industry 4.0, there is a requisite for carrying out these developments in the sectors exist throughout a supply chain, rather than a company. From this point forth, due to possible impacts of Industry 4.0 on some activities that production has close relationships, such as distribution and storage, the 4<sup>th</sup> industry revolution holds, inherently, a strong potential of influencing the logistics industry (Maslarić et al., 2016). In this respect, innovative advancements occurred in production processes by virtue of Industry 4.0 affect similarly the service sector and, hence, the smart systems and value-added activities help defining the equivalent term of Industry 4.0 in the logistics industry, which is “smart logistics” or “Logistics 4.0” (Barreto et al., 2017). The nascence of Logistics 4.0 from the Industry 4.0 concept is not only critical for different logistics aspects, such as sustainability, efficiency, and responsiveness to customers, but also important for facilitating improvements in whole fundamental business elements (Strandhagen et al., 2017). Accordingly, the logistics industry can be regarded as an appropriate area for examining practical applications of Industry 4.0, if logistics provides the inputs for production systems with the right quantity and quality at the right time and place (Hofmann and Rüsçh, 2017).

Logistics, which usually possesses business-to-business relationships (Özaydn, 2016), is a service area that human resources and managerial skills have critical roles. In fact, the importance of human resources and managerial skills matches up with the nature of Industry 4.0 since the innovation notion, which constitutes the basis of Industry 4.0, is also based on learning and knowledge capabilities of individuals (Shamim et al., 2016). Therefore, some changes are also anticipated in demographics, as a consequence of Industry 4.0 in the logistics industry, such as managing operations by less number of employees. In this regard, as highlighted in Hofmann and Rüsçh’ s (2017) study, human decision making at the operational level is expected to be majorly changed, although some experts argue that this structure will still remain somehow needed at the strategic level.

Furthermore, in line with these developments, the findings revealed from this on-going study and, Shamim et al. (2016) similarly underlined, extant research on Industry 4.0 largely focus on the technical and technological aspects while paying relatively little attention on some other aspects, such as human resources, workforce, and managerial skills. This being the case, some critical challenges exist for Industry 4.0, such as lack of skilled workforce, ageing society, cost reduction pressure need specialised management to cope with (Shamim et al., 2016) and remained as issues in the literature to take precautions. Besides, in addition to the economic aspect, how to provide social and environmental orientation along with Industry 4.0 are other aspects to consider within the context of sustainability (Strandhagen et al., 2017). Thus, in this research, inadequately discussed aspect in Industry 4.0, which is the strategic importance of human resources and the matter of where and how to position human capital in the new business order, is aimed to be comprehensively investigated in the specific context of the logistics industry, with the help of the opinions obtained from experienced professionals with respect to possible future scenarios.

In accordance with these objectives, the remaining sections of this study are organised as follows. The literature review conducted for this study is discussed in Section 2, while the strategies and methodological approaches are explained in Section 3. In Section 4, the preliminary findings of Industry 4.0 implementations in the logistics industry are introduced and the conclusions are noted in Section 5.

## 2. LITERATURE REVIEW

There are several papers discussing Industry 4.0 concept in the supply chain management literature. In our paper, since we mainly investigate the developments, particularly emphasising on the strategic importance of human resources, bring along by Industry 4.0 from the logistics point of view, the logistics-related papers constitute the core of the literature review of this research.

Among these papers, Zijm and Klumpp (2017) first classified the articles on logistics and supply chain management from 2005 to 2015 and identified four themes, one of which was the competitive advantage that incorporates information technology and Industry 4.0 as a sub-theme. Besides, Kovacs and Kot (2016) emphasised the importance of the adoption of innovative technologies for successful business operations in logistics. From these papers, the importance of adopting Industry 4.0 technologies for gaining competitive advantage can easily be concluded.

In terms of the adoption and potential of Industry 4.0, Schröder (2017) and Lasi et al. (2014) highlighted that Industry 4.0 contains not a single technology but a combination of various technologies that can unleash their full potential together. According to Geissbauer et al. (2016), the rate of Industry 4.0 adoption in the transportation and logistics sector is 28% in 2016 and will be 71% in 2021. Thus, advancements in the technology, just as Industry 4.0, are expected to change logistics processes.

Logistics, nowadays, means acting in complex networks of independent, but interdependent organizations. Intelligent solutions in information technology, especially Industry 4.0 technologies, are essential operations and regarded as control and support instruments of such worldwide networks (von der Gracht and Darkow; 2013). Hofmann and Rüsç (2017) argued that Industry 4.0 in its pure vision can only become reality, if logistics is capable of providing production systems with the needed input factors at the right time, in the right quality, and in the right place. In order to get benefit from Industry 4.0 applications, integration with other components in a supply chain is necessary. Hence, it can be deduced from this outlook that commerce, financial services, and logistics play a central role in realising the integration of supply chains. In line with this, Tjahjono et al. (2017) underlined that Industry 4.0 has many impacts on the whole supply chain. Collaboration between suppliers, manufacturers, and customers is critical to increase the transparency of whole product life cycle. Even though this revolution was initially considered to affect mostly manufacturing industries, these innovations will also affect retailers, operation companies as well as service providers. From this point forth, undertaking a pivotal role in the integration of different components, logistics becomes a key factor for the success of Industry 4.0 applications.

Regarding the goals of adoption of Industry 4.0 technologies, several notions are discussed in the literature (e.g. Lasi et al., 2014), such as short development periods and high innovation capability, individualisation on demand, flexibility, decentralisation, resource efficiency, and cost reduction. Among these goals, Sauter et al. (2015) noted that the main driving force for Industry 4.0 applications is the possibility of reducing costs. Indeed, the cost reduction is a direct or indirect goal in nearly three quarters of the applications.

Although different advantages are discussed and pointed out in the literature, the impact of Industry 4.0 is not clear and, as such, causes ambiguity about what Industry 4.0 can and will bring. This being the case, Industry 4.0 is still a challenging topic for universities, research centres, and companies. However, it is a known and proven fact that information technology adoption has a big effect on business processes. Therefore, although the effects of Industry 4.0 are not clear, due to exploiting a bundle of technologies, it is expected that Industry 4.0 will have substantial effects on processes and will lead to renewal of products and services (Engelbertink and Woudstra, 2017). Moreover, in terms of the human capital aspect, implementing Industry 4.0 within processes holds a potential for leading to a change in work processes of employees.

The balance between technology usage and human intervention brings about different scenarios. In these defined scenarios, a complex relationship appears between humans and machines. For instance, in the automation scenario, systems direct humans. Monitoring and control tasks are taken over by the technology. It prepares and distributes information in real time. Employees respond to the needs of cyber-physical systems and take on primarily executive tasks. The abilities of lesser skilled workers are thereby devalued. In the hybrid scenario, monitoring and control tasks are performed via cooperative and interactive technologies, networked objects, and people. The demands on employees increase because they have to be considerably more flexible. Humans and machines will work cooperatively and these two parties will be used complementarily in the production process. On the other hand, in the specialisation scenario, people use systems. In this scenario, Cyber Physical System (CPS) is a tool to support decision-making and the dominant role of the qualified workers is maintained.

As a result of these, all scenarios listed above are probable. Yet, the effectiveness of Industry 4.0 is dependent on the knowledge and adaptive capacities of production workers paired with machine precision and speed while the technology continues to take over repetitive work. As a similar supportive argument, Sauter et al. (2015) remarked that the success of Industry 4.0 applications depends on the presence of a competence workforce at all levels. From this point forth, the quality and availability of human competencies appear to be the most important limiting and key factor. Human competencies also play an important role in making innovations through Industry 4.0 technologies by improving processes and renewing of products and services. There are not only new technical, economical, and legal aspects that

determine the competitiveness in the future, but also new social infrastructure which ensures a stronger involvement of employees in the innovation process.

From the logistics viewpoint, as underlined in previous studies, one of the important factors for competitive advantage for logistics is Industry 4.0. However, the impact of Industry 4.0 on logistics is unclear but projections made by the experts in logistics industries can be used as an early signal to improve level of competence. For instance, in the Turkish logistics context, Özcan et al. (2018) stated that Turkey has been formulating logistics-based new policies at the nation-wide and regional level to gain strategic advantage. As long as new policies are adopted by considering the obtained outcome from the impacts of Industry 4.0, it will bring more new insights to forecast the future impacts of Industry 4.0 on logistics. To start exploring these insights, we set out to investigate the strategic importance of human capital and human resources in the specific context of the logistics industry by considering the opinions of professionals working in the Turkish logistics industry.

### 3. METHODOLOGY

In the studies that are related to scenario analyses, there are various techniques to be used by researchers (e.g. interviews, Delphi) and, among those, interview techniques play significant roles to figure out the actual practices in a field. In the interview techniques, three types are commonly followed by researchers, namely: structured, semi-structured, and unstructured (or non-structured). According to Saunders et al. (2009), structured interviews can be used for identifying general patterns and describing variability in different phenomena while semi-structured and unstructured interviews are commonly used for exploratory purposes. Therefore, in the present study, we chose the structured interview type in order to identify expectational possibility of projections and to describe high possible scenarios. In addition to this, as underlined by Schmidt (1997), we administered our survey on the Internet by considering the advantages of conducting online surveys, such as reaching a large number of respondents, saving time and money.

### 4. ANALYSIS OF THE POSSIBLE INDUSTRY 4.0 SCENARIOS IN THE TURKISH LOGISTICS INDUSTRY

Innovation and digitalisation have become the factors that enable companies to step forward among others in the intensive competitive environment. In this respect, the role of the recently emerging concept, Industry 4.0, should not be ignored by businesses. Although it contains several innovations and applications, the developments occurred through Industry 4.0 have not yet surpassed the maturation stage, especially in the logistics domain. Since the logistics industry is a critical component and has connections with other components in a supply chain, it holds a significant potential about to what extent the Industry 4.0 concept is transformed into practice in the logistics industry by showing realistic information. Therefore, in this on-going study, we tackle the applicability of the Industry 4.0 concept in one of the best suitable field to observe its reflections, which is the logistics sector. To begin with, as a consequence of existing various criteria and variables affecting the success of Industry 4.0 applicability, there is a need of determining key themes and their potential impacts on a domain. In line with this need, we used the online structured interview technique in this research, consisting of the following three steps:

Step 1: We examined the extant literature through selected keywords in accordance with the research aim and questions,

Step 2: We investigated the concepts and approaches of Industry 4.0 with their potential reflections in the logistics area so that we determined key variables, themes, and factors to be included in scenarios. Table 1 shows the example most relevant studies where we obtained information about the possible effects of Industry 4.0 on logistics.

**Table 1. Example studies on industry 4.0 and logistics**

Author(s) and Year of Study	Research Type	Key Research Concept
von der Gracht and Darkow (2010)	Journal Article	Developing scenarios for logistics service industry 2025
Sauter et al. (2015)	White Paper	Cases and examples of industry 4.0 applications in different sectors
Bokrantz et al. (2017)	Journal Article	Developing scenarios for digitalised manufacturing
Witkowski (2017)	Journal Article	Industry 4.0 applications in logistics and supply chain management
Tjahjono et al. (2017)	Journal Article	Industry 4.0 technologies in supply chain

Horenberg (2017)	Thesis	Logistics 4.0 applications in logistics service providers
Hofmann and Rüsç (2017)	Journal Article	Industry 4.0 applications in logistics
Özcan et al. (2018)	Journal Article	Scenario analysis of Turkish logistics industry

From these articles, at first, possible effects of Industry 4.0 on logistics were extracted and 46 questions were obtained. Then, one of the authors listed possible questions and, then, other co-authors checked the statements and questions. Afterwards, the questions were categorised under four themes and some questions were concurrently merged, changed (rewritten) or removed by considering the above mentioned themes. After all these processes, the final list of statements, derived from 30 questions, was formed after several discussions between all authors.

Step 3: We carried out an online survey and sought out both the possibility to occur and the importance (or impact) of the formed scenarios by obtaining opinions of professionals in the Turkish logistics industry.

In order to obtain information from knowledgeable and experienced respondents, we determined UTIKAD, which is a non-profit organization for logistics companies, as a main source for reaching professionals in Turkey. Therefore, a list of contacts comprised of general managers or representatives of a large number of logistics companies, which are members of the UTIKAD, were formed with the help of several widely-known experts in the Turkish logistics industry. In addition to these mentioned positions, opinion leaders, academics, and the consultants working in the Turkish logistics sector were also included in our list of contacts.

Under favour of the answers given by the professionals, projections and scenarios that have both the high possibility to occur and the significant importance to be considered are aimed to be presented. Meanwhile, for the structure of our survey, we similarly followed von der Gracht and Darkow's (2010) study in order to be guided on the direction of an appropriate approach and, thereby, we designed a two-phased question pair, consisting of expectational possibility percentages and the degree of impact (or importance, based on a 5-point scale) of the scenarios, for each question on our survey. After these processes, we obtained the initial answers from 33 professionals, including academics and practitioners, for our questions in a 3-week time period. Yet, out of these 33 answers, only 24 responses were found usable for our research since the rest included either only rates or only percentages, rather than both. Additionally, we accepted our sample size as satisfactory because in such studies, if the number of respondents are between 20 and 30, the sample size is deemed acceptable (von der Gracht and Darkow, 2010).

The initial findings of our survey show that the average working year of the respondents is around 19 years and, half of these professionals are high-level managers (e.g. CEO, president, general manager, vice-president) whereas nine are academics and three have a role at other management positions (e.g. director, chief, department manager). Additionally, in terms of the education level of respondents, 10 hold Ph.D. title, and the remaining numbers are equal for Master's degree and Bachelor's degree titles. Accordingly, these findings reveal that the sample of this research is constituted by experienced and knowledgeable respondents. In terms of the given answers on human resources scenarios after implementation of the Industry 4.0 applications in the logistics industry, the preliminary results are appeared as shown in Table 2.

**Table 2. Preliminary results with regard to human resources scenarios**

Thematic Questions	Expectational Possibility (Percentage)	Degree of Impact (Rating)
The need for employees working at the operational level will decrease.	78%	4
The need for white-collar employees will increase.	62%	3
Blue-collar employees will be unemployed.	62%	3.5
Due to robot technologies, workforce in logistics operations will decrease.	74%	3.9
Due to autonomous vehicles, workforce in logistics operations will decrease while efficiency in delivery processes will increase.	74%	4
Due to increased reality applications at warehouses, workforce failure will decrease.	74%	3.9
There will be a human-robot collaboration by an interactive system.	73%	4

According to Table 2 it is clear that majority of the respondents agree that number of employees in logistics operations will decrease and, thereby, the workforce failures in operations are also expected to decrease. However, when we specifically look at the breakdown of workforces, in terms of white-collar and blue-collar employees, it also appears that there is a lower level of consensus among professionals compared to more general theme regarding the aftermath of human resources in logistics operations. Accordingly, these initial findings highlight the importance of a need for delving into reasons about what consequences are expected for white-collar and blue-collar employees in the logistics field since there is still a vagueness between professionals on these specific scenarios. Nevertheless, it can be concluded based on these preliminary results that the need for employees is possibly decrease and there tend to be a collaboration between human and robots as a possible scenario in the logistics industry.

## 5. CONCLUSIONS

This study aims to make following contributions, to a significant extent, to the studies in the management area, especially for the research conducted in relation to both Industry 4.0 and logistics fields. Firstly, although Industry 4.0 is still a nascent domain and does not have a commonly agreed definition, the potential impacts of Industry 4.0 elements (e.g. Internet of things, Internet of services, digitalisation) on the logistics industry are comprehensively discussed in this research, especially from the perspective of human capital. In this way, we hereby focused on a shallow domain as regards to Industry 4.0 implementations by logistics service providers. Secondly, the present study is useful to shed light on the vagueness about the consequences of the new order brought by the Industry 4.0 concept in the logistics industry with regard to the human capital and human resources. Accordingly, the practitioners can exploit the presented projections and adapt their strategies by considering indicated possible future conditions. On this wise, company managers will be able to manage their resources with the effective management mind while recruiting talented and knowledgeable employees as well as providing them required training programmes in the compelling competitive environment.

## REFERENCES

- Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: An overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245-1252.
- Bokrantz, J., Skoogh, A., Berlin, C., & Stahre, J. (2017). Maintenance in digitalised manufacturing: Delphi-based scenarios for 2030. *International Journal of Production Economics*, 191, 154-169.
- Engelbertink, D. G. L., & Woudstra, S. (2017). Managing the influences and risks of Industry 4.0 (Bachelor's thesis, University of Twente).
- Geissbauer, R., Vedso, J., & Schrauf, S. (2016). Industry 4.0: Building the digital enterprise. Retrieved from PwC Website: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>.
- Hofmann, E., & Rüsçh, M. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 89, 23-34.
- Horenberg, D. (2017). Applications within Logistics 4.0: A research conducted on the visions of 3PL service providers (Bachelor's thesis, University of Twente).
- Kovacs, G., & Kot, S. (2016). New logistics and production trends as the effect of global economy changes. *Polish Journal of Management Studies*, 14, 115-126
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239-242.
- Maslarić, M., Nikolić, S., & Mirčetić, D. (2016). Logistics response to the industry 4.0: The physical internet. *Open Engineering*, 6(1), 511-517.
- Özaydın, N. G. G. (2016). The service failure and recovery strategies in logistics service sector. *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(2), 485-506.
- Özcan, İ. Ç., Çetin, V. R., & Albayrak, M. B. K. (2018). A Delphi-based scenario analysis of Turkish logistics industry for 2023. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 29(3), 349-373.
- Saunders, M., Lewis, P. & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students*. 5th edn. Harlow: Prentice Hall and an imprint of Pearson Education.
- Sauter, R., Bode, M., & Kittelberger, D. (2015). How industry 4.0 is changing how we manage value creation. White Paper. Horvath & Partners.
- Schmidt, W. C. (1997). World-Wide Web survey research: Benefits, potential problems, and solutions. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 29(2), 274-279.
- Schröder, C. (2017). The challenges of Industry 4.0 for small and medium-sized enterprises. Friedrich Ebert Stiftung.

- Shamim, S., Cang, S., Yu, H., & Li, Y. (2016). Management approaches for Industry 4.0: A human resource management perspective. *Evolutionary Computation (CEC) 2016 IEEE Congress (July)*, p. 5309-5316, IEEE.
- Strandhagen, J. O., Vallandingham, L. R., Fragapane, G., Strandhagen, J. W., Stangeland, A. B. H., & Sharma, N. (2017). Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. *Advances in Manufacturing*, 5(4), 359-369.
- Tjahjono, B., Esplugues, C., Ares, E. & Pelaez, G. (2017). What does industry 4.0 mean to supply chain?. *Procedia Manufacturing*, 13, 1175-1182.
- von der Gracht, H. A. & Darkow, I. L. 2010. Scenarios for the logistics services industry: A Delphi-based analysis for 2025. *International Journal of Production Economics*, 127(1), 46-59.
- von der Gracht, H. A. & Darkow, I. L. (2013). The future role of logistics for global wealth – scenarios and discontinuities until 2025. *Foresight*, 15(5), 405-419.
- Witkowski, K. (2017). Internet of things, big data, industry 4.0–Innovative solutions in logistics and supply chains management. *Procedia Engineering*, 182, 763-769.
- Zijm, H., & Klumpp, M. (2017). Future logistics: What to expect, how to adapt. In *Dynamics in Logistics* (pp. 365-379). Springer, Cham.



## NURSE SCHEDULING PROBLEM WITH RANDOM NUMBER OF INMATES

Kıvanç Onan  
Doğuş University

Alican Kemal Çekin  
Doğuş University

Elif Berşe Çetin  
Doğuş University

Burcu Yıldız  
Doğuş University

Meltem Karataş  
Doğuş University

Şeyma Özman  
Doğuş University

### ABSTRACT

Within the scope of this study, health sector was chosen in terms of its convenience for industrial applications and a hospital was selected as the institution. The departments of the organization were examined and problems in the departments were identified. Among these, the most important issue for the institution was determined as the nurse scheduling problem. As a result of the completed literature survey, the solution technique which could be used for the existing situation was decided. The previously determined solution technique was applied on the identified problem and the results were evaluated. By the help of these secondary practices, the problem at hospital was solved, nurse productivity and patient satisfaction were increased and the number of nurses needed for improvement was determined. Total amount paid for overtime was reduced.

**Keywords:** *Nurse scheduling, Mixed integer programming model, Simulation application, Cost optimization, Employee satisfaction*

## **1. INTRODUCTION**

Nurse scheduling problem is one of the most common problems in hospitals. The preparation of nurse schedule is usually very hard and while preparing requires attention to issues such as nurses' working preferences, leave days, weekend working days and annual holiday periods. It is aimed to increase the efficiency of the nurse and to give a quality service to the patient with the guru face by providing better planning and taking into account the requests and preferences of the staff working with the nurse scheduling. In health services, there are continuous services for 7 days and 24 hours and various services are provided to protect human life. Accordingly, it is necessary to assign a nurse for regular and accurate fulfillment of these services.

In order to do the study, the inpatient department which has the maximum overtime fee was preferred. There are a total of 4 floors in the inpatient floor and 42 nurses are working within. Nurses work in two shifts between 08:30-17:30 and 17:30-08:30. Day shift is 9.5 hours gross and night shift is 14.5 hours gross. Overtime cost per hour is 24 TL.

## **2. PROBLEM DEFINITION**

In this study which was completed for a hospital, it was aimed to assign the nurses' work plans in a balanced and fair manner. After the completion of the literature review, we saw that many methods were used to solve the nurse scheduling problem. Some of these methods are; integer programming, goal programming, dynamic programming or tabu search within heuristic method and genetic algorithm. Firstly, between these methods we decided to establish a mixed integer linear programming model. We collected data to determine objective function and constraints in the model. After data collection and model establishment, we solved the model by using GAMS. Secondly, we revised the mixed integer programming model and we solved this model for different number of nurses required in each shift at each day and different number of nurses who work in each shift. According to result of revised model, we created schedules for each inpatient floor. Lastly, we developed a stochastic optimization model. But we cannot solve the model because of lack of time.

## **3. LITERATURE REVIEW**

In literature review, 20 articles were read and these articles were classified under some titles: Coverage as soft and hard constraints, overstaffing as allowed or not allowed, understaffing as allowed or not allowed, years of experience, time related, solution technique, objective function, uncertainty incorporation as deterministic and stochastic, applicability as theoretical data, real world data and applied in practice, gender and solution tool. Table 3-1 and table 3-2 show our literature review with articles and these titles.

Table 0-1 Literature Review

	Coverage		Overstaffing		Understaffing		Years of Experience	Time Related	Solution Technique	Objective Function	Uncertainty Incorporation		Applicability of research			Gender	Solution Tool
	Soft	Hard	Allowed	Not Allowed	Allowed	Not Allowed					Deterministic	Stochastic	Theoretical Data	Real world Data	Applied in Practice		
Tsai C.-C., Li S.H.A. (2009).	x	✓	x	✓	x	✓	x	Monthly	Genetic Algorithm	Vacation Minimization	x	✓	x	x	✓	x	MATLAB
Aickelin U., Dowland K.A. (2004).	x	✓	x	✓	x	✓	x	Weekly	Genetic Algorithm	Schedule Optimization	x	✓	x	x	✓	x	MATLAB
Glass C.A., Knight R.A. (2010).	x	✓	x	✓	No constraint	✓	x	Monthly	MILP	Schedule Optimization	x	✓	x	x	✓	x	ORTEC Harmony
Burke E.K. (2008).	✓	✓	x	✓	x	✓	x	Monthly	Variable Neighbor Search & Genetic Algorithm	Schedule Optimization	x	✓	x	x	✓	x	ORTEC Harmony
Thongsanit K., Kantangkul K. and Nithimethitot T. (2015).	x	✓	x	✓	x	✓	x	Monthly	ILP and Goal programming	Minimize the maximum deviation of the average load of each shift	✓	x	x	✓	x	✓	Excel Solver
Wright PD, Mahar S (2013).	x	✓	x	✓	x	✓	x	Weekly	Goal programming	Minimize the total regular time and overtime nurse wages and total number of undesirable regular&overtime&weekend shifts	✓	x	x	✓	x	✓	CPLEX
Lim G.J., Mobasher A., Bard J.F., Najjarbashi A. (2016).	✓	✓	x	✓	x	✓	x	Monthly	Multi-objective MIP	Minimize the violation and maximize the total number of nurses who can be given a break during the lunch hours.	x	✓	x	✓	x	✓	-
Maenhout B., Vanhoucke M. (2013).	✓	✓	x	✓	x	✓	x	Weekly	Branch and price	Minimize the weighted sum of penalty costs, the number of times the ward is con-fronted with a shortage of personnel and the number of times too many nursing staff are assigned to workload	x	✓	x	✓	x	✓	LINDO
Karaatlı M., Güngör I. (2010).	x	✓	x	✓	x	✓	x	Monthly	Fuzzy linear model and three-step heuristic assignment algorithm	Make optimum scheduling according to workload	✓	x	x	✓	x	✓	WINQSB
M'Hallah R., Alkhabbaz A. (2013).	✓	✓	x	✓	x	✓	x	Monthly	MIP	Minimize the number of outsourced nurses	x	✓	x	✓	✓	✓	GAMS
Topaloglu S. (2009).	✓	✓	x	✓	No constraint	✓	x	Monthly	The sequential method and the weighted method	Related to the deviation measures (to maximize the quality of shift allocation)	x	✓	x	✓	✓	✓	ILOG OPL

Table 0-2 Literature Review Cont'd

Author(s)	Coverage		Overstaffing		Understaffing		Years of Experience	Time Related	Solution Technique	Objective Function	Uncertainty Incorporation		Applicability of research			Gender	Solution Tool
	Soft	Hard	Allowed	Not Allowed	Allowed	Not Allowed					Deterministic	Stochastic	Theoretical Data	Real world Data	Applied in Practice		
Jafari H., Salmasi N.(2015).	x	✓	x	✓	x	✓	x	Month ly	A meta-heuristic algorithm and SA algorithm	Maximize the sum of nurses' preferences for weekends off and working shifts	✓	x	x	✓	✓	x	CPLEX
Azoez M.N., Al Sharif S.S.(2005).	✓	✓	x	✓	x	✓	x	Month ly	0-1 linear goal programming	Minimize deviations from the constraints	x	✓	x	✓	✓	x	LINGO
Rahimian E., Akartunali K., Levine J.(2016).	✓	✓	x	✓	x	✓	x	Yearly	Hybrid Integer Programming and Variable Neighbourhood Search Algorithm	Minimize the number of violations associated with the soft constraints	x	✓	✓	x	✓	x	JAVA and GUROB I
Ozürkoğlu Y., Çalışkan F.(2014).	x	✓	x	✓	x	✓	x	Week ly	Pure 0-1 goal programming	Maximize total of nurses' preference scores for alternative starting times	✓	x	✓	x	✓	x	LINDO
Bagheri M., Devin A. G., Izanloo A.(2016)	x	✓	✓	✓	No constraint	✓	x	Month ly	Sample average approximation	Minimize the regular and overtime assignment costs.	✓	x	x	✓	✓	x	-
Wong T.C., Xu M., Chin K.S.(2014).	✓	✓	x	✓	x	✓	✓	Month ly	Genetic algorithm	Minimize the weighted sum of deviation of all soft constraints	x	✓	x	✓	✓	x	VBA on Excel spreadsheet
Topaloglu S., Selim H.(2010).	✓	✓	x	✓	x	✓	x	Week ly	Branch and bound algorithm	Minimize the sum of positive deviations from the preferred number of nurses	x	✓	x	✓	✓	x	CPLEX
Lin C.-C., Kang J.-R., Liu W.-Y., Deng D.J.(2014)	x	✓	x	✓	x	✓	✓	Week ly	Binary/integer linear programming	Maximize the overall preference satisfaction of the nursing staff towards work shifts and days-off	✓	x	-	-	✓	x	-
Hakim L., Bakhtiar T., Jहारuddin (2017)	✓	✓	✓	✓	No constraint	✓	x	Month ly	Goal programming and nonlinear optimization	Minimize the shortage of the number of morning shifts and days-off from their ideal levels, as well as the excess of the number of afternoon and night shifts from their ideal levels, measured for all nurses, not including chief nurses	x	✓	x	✓	✓	x	-

#### 4. DETERMINISTIC MIXED INTEGER PROGRAMMING MODEL

The following deterministic mixed integer programming model was developed for monthly period. Notations, parameters, decision variables in the model are presented in the following table.

**Table 0-3 Notation summary of deterministic mixed integer programming model**

NOTATIONS

i: index for nurses  
j: index for days  
k: index for floors

PARAMETERS

MD<sub>k</sub>: The minimum number of nurses required for floor k in a day shift.  
MN<sub>k</sub>: The minimum number of nurses required for floor k in a night shift.

DECISION VARIABLES

D<sub>ikj</sub>:  $\begin{cases} 1, & \text{if nurse } i \text{ is assigned to floor } k \text{ for a day shift at day } j, \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases}$

N<sub>ikj</sub>:  $\begin{cases} 1, & \text{if nurse } i \text{ is assigned to floor } k \text{ for a night shift at day } j, \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases}$

H<sub>ij</sub>:  $\begin{cases} 1, & \text{if nurse } i \text{ is assigned a day off at day } j, \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases}$

$$\text{Min} \sum_{i=1}^{42} \left[ \sum_{k=1}^4 \sum_{j=1}^{30} (9,5 \times D_{ikj}) + \sum_{k=1}^4 \sum_{j=1}^{30} (14,5 \times N_{ikj}) - 208 \right] \times 24 \quad (4.1)$$

s.t.

$$\sum_{i=1}^{42} D_{ikj} \geq MD_k \quad \forall j, \forall k \quad (4.2)$$

$$\sum_{i=1}^{42} N_{ikj} \geq MN_k \quad \forall j, \forall k \quad (4.3)$$

$$\sum_{k=1}^4 D_{ikj} \leq 1 \quad \forall i, \forall j \quad (4.4)$$

$$\sum_{k=1}^4 N_{ikj} \leq 1 \quad \forall i, \forall j \quad (4.5)$$

$$\sum_{k=1}^4 N_{ikj} + \sum_{k=1}^4 D_{ikj} + H_{ij} = 1 \quad \forall i, \forall j \quad (4.6)$$

$$\sum_{k=1}^4 N_{ikj} + \sum_{k=1}^4 D_{ik(j+1)} \leq 1 \quad \forall i, \forall j = 1, \dots, 29 \quad (4.7)$$

$$\sum_{k=1}^4 N_{ikj} + \sum_{k=1}^4 N_{ik(j+1)} + \sum_{k=1}^4 N_{ik(j+2)} + \sum_{k=1}^4 N_{ik(j+3)} \leq 3 \quad \forall i, \forall j = 1, \dots, 27 \quad (4.8)$$

$$H_{ij} + H_{i(j+1)} + H_{i(j+2)} + H_{i(j+3)} + H_{i(j+4)} + H_{i(j+5)} + H_{i(j+6)} \geq 1 \quad \forall i, \forall j = 1, \dots, 24 \quad (4.9)$$

$$\sum_{k=1}^4 \sum_{j=1}^{30} (9,5 \times D_{ikj}) + \sum_{k=1}^4 \sum_{j=1}^{30} (14,5 \times N_{ikj}) \leq 256 \quad \forall i \quad (4.10)$$

In the model, objective function minimizes the total overtime payment. (4.1) shows objective function of the model. Also, there are 15 constraints. The number of nurses required for each floor in each shift is different from each other. (4.2-4.3) considers meeting of minimum number of nurses required for each floor in each shift at ever day. (4.4-4.5) represents that nurse cannot be assigned more than one floor in each shift. (4.6) shows that a nurse should be assigned only one shift per day. Nurse should not have a day shift after a night shift. (4.7) considers this constraint. (4.8) shows that nurse cannot be assigned more than three consecutive night shifts. (4.9) represents that a nurse should have at least one day off in a week. A nurse can work at most 256 hours in a month. (4.10) considers this constraint. When this model was solved by GAMS there wasn't a feasible solution for 42 nurses. So, the number of nurses was increased and there was a feasible solution for 55 nurses. According to this result, 13 nurses should be hired.

## 5. REVISED MODEL

To make the deterministic mixed integer programming model more realistic, it was revised the above model. The number of patients, which has uniform distribution between 82 and 92, was generated and the number of nurses required for each shift was calculated by dividing generated number of patients to 5 and 6. Because, each nurse takes care of 5 patients in a day shift and 6 patients in a night shift. After the number of nurses required for each shift was added to the model, the number of nurses which work in each shift was added to the model. In revised model, objective function minimizes cost of deviation from the number of nurses required in each shift at each day and (5.1) shows the objective function. (5.2) and (5.3) show the number of nurses who work in each shift. Other constraints are the same with our deterministic mixed integer programming model.

The revised model is used to make the simulation runs for dynamic inpatient numbers. Because, there is randomness: The number of nurses required in each shift depends on the number of patients in each shift. The following table shows notations, parameters and decision variables in the revised model:

**Table 0-4 Notation summary for revised mixed integer programming model**

<p>NOTATIONS                  i: index for nurses                  j: index for days</p> <p>PARAMETERS                  ND<sub>j</sub>: Number of nurses required for day shift at day j.                  NN<sub>j</sub>: Number of nurses required for night shift at day j.                  WD: Number of nurses that works for a day shift.                  WN: Number of nurses that works for a night shift.</p> <p>DECISION VARIABLES                  D<sub>ij</sub>: <math>\begin{cases} 1, &amp; \text{if nurse } i \text{ is assigned for a day shift at day } j, \\ 0, &amp; \text{otherwise.} \end{cases}</math>                  N<sub>ij</sub>: <math>\begin{cases} 1, &amp; \text{if nurse } i \text{ is assigned for a day shift at night } j, \\ 0, &amp; \text{otherwise.} \end{cases}</math>                  H<sub>ij</sub>: <math>\begin{cases} 1, &amp; \text{if nurse } i \text{ is assigned a day off at day } j, \\ 0, &amp; \text{otherwise.} \end{cases}</math></p>
---

$$\text{Min} \sum_{j=1}^{30} (9,5 \times 24 \times |ND_j - WD| + 14,5 \times 24 \times |NN_j - WN|) \quad (5.1)$$

$$\sum_{i=1}^{42} D_{ij} = WD \quad \forall j \quad (5.2)$$

$$\sum_{i=1}^{42} N_{ij} = WN \quad \forall j \quad (5.3)$$

$$N_{ij} + D_{ij} + H_{ij} = 1 \quad \forall i, \forall j \quad (5.4)$$

$$N_{ij} + D_{i(j+1)} \leq 1 \quad \forall i, \forall j = 1, \dots, 29 \quad (5.5)$$

$$N_{ij} + N_{i(j+1)} + N_{i(j+2)} + N_{i(j+3)} \leq 3 \quad \forall i, \forall j = 1, \dots, 27 \quad (5.6)$$

$$H_{ij} + H_{i(j+1)} + H_{i(j+2)} + H_{i(j+3)} + H_{i(j+4)} + H_{i(j+5)} + H_{i(j+6)} \geq 1 \quad \forall i, \forall j = 1, \dots, 24 \quad (5.7)$$

$$\sum_{j=1}^{30} (9,5 \times D_{ij} + 14,5 \times N_{ij}) \leq 256 \quad \forall i \quad (5.8)$$

There are 9 scenarios for simulation. In scenario 1, 17 nurses work in a day shift and 13 nurses work in a night shift. In scenario 2, 17 nurses work in a day shift and 14 nurses work in a night shift. In scenario 3, 17 nurses work in a day shift and 15 nurses work in a night shift. In scenario 4, 18 nurses work in a day shift and 13 nurses work in a night shift. In scenario 5, 18 nurses work in a day shift and 14 nurses work in a night shift. In scenario 6, 18 nurses work in a day shift and 15 nurses work in a night shift. In scenario 7, 19 nurses work in a day shift and 13 nurses work in a night shift. In scenario 8, 19 nurses work in a day shift and 14 nurses work in a night shift. In scenario 9, 19 nurses work in a day shift and 15 nurses work in a night shift.

**Table 0-5 Generated number of nurses required in each shift at each day**

DAY	THE NUMBER OF NURSES REQUIRED IN EACH SHIFT									
	Replication 1		Replication 2		Replication 3		Replication 4		Replication 5	
	Day	Night	Day	Night	Day	Night	Day	Night	Day	Night
1	17	14	17	14	18	15	16	14	17	14
2	16	14	17	14	17	15	18	15	16	14
3	18	15	16	14	17	14	18	15	18	15
4	18	15	18	15	17	14	16	14	18	15
5	17	15	17	15	18	15	16	14	17	15
6	17	15	18	15	18	15	18	15	17	15
7	17	14	17	14	18	15	16	14	17	14
8	18	15	17	15	17	14	18	15	18	15
9	18	15	17	15	17	15	18	15	18	15
10	18	15	17	14	18	15	16	14	18	15
11	18	15	17	14	17	14	18	15	18	15
12	17	15	16	14	17	15	17	15	17	15
13	17	14	17	14	16	14	16	14	17	14
14	16	14	17	15	18	15	17	15	16	14
15	18	15	17	14	17	14	18	15	18	15
16	18	15	18	15	18	15	17	14	18	15
17	17	14	18	15	16	14	17	14	17	14
18	18	15	17	14	17	14	18	15	18	15
19	17	14	18	15	17	14	18	15	17	14
20	17	15	16	14	18	15	18	15	17	15
21	18	15	17	15	18	15	18	15	18	15
22	17	14	17	14	17	14	16	14	17	14
23	18	15	18	15	18	15	17	14	18	15
24	16	14	18	15	18	15	16	14	16	14
25	18	15	18	15	18	15	18	15	18	15
26	17	14	18	15	17	14	17	14	17	14
27	18	15	17	15	17	14	16	14	18	15
28	18	15	17	14	17	14	16	14	18	15
29	17	14	17	14	16	14	18	15	17	14
30	18	15	18	15	18	15	17	14	18	15

The above table shows generated number of nurses required in each shift at each day As simulation, replications were made for different number of nurses required in each shift at each day in Table 5-2 and different number of nurses that work in each shift by using GAMS program. But, there wasn't a feasible solution for 42 nurses. So, the number of nurses was increased and there was a feasible solution for 45 nurses. According to this result, 3 nurses should be hired. For 45 nurses, GAMS results are shown in the following table in terms of extra cost:

**Table 0-6 GAMS results of the revised model**

REPLICATION	THE NUMBER OF NURSES THAT WORK IN EACH SHIFT								
	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6	Scenario 7	Scenario 8	Scenario 9
	Day/Night	Day/Night	Day/Night	Day/Night	Day/Night	Day/Night	Day/Night	Day/Night	Day/Night
Replication 1	17/13	17/14	17/15	18/13	18/14	18/15	19/13	19/14	19/15
Replication 2	19068	8628	10020	19524	9084	Infeasible	26364	15924	Infeasible
Replication 3	18972	8532	7836	21252	10812	Infeasible	28092	17652	Infeasible
Replication 4	19656	9216	8520	20568	10128	Infeasible	27408	16968	Infeasible
Replication 5	20904	10464	10464	21816	11376	Infeasible	28656	18216	Infeasible
Replication 6	21156	10716	7932	21156	10716	Infeasible	27996	17556	Infeasible

Then, output analysis was performed to find better scenarios. According to paired-t test comparisons, better scenarios were scenario 2, scenario 3 and scenario 5. And 17 nurses should work in a day shift and 14 nurses should work in a night shift or 17 nurses should work in a day shift and 15 nurses should work in a night shift or 18 nurses should work in a day shift and 14 nurses should work at a night shift in hospital to minimize cost.



## 6. CONCLUSION

In conclusion, firstly, a deterministic mixed integer programming model was developed and solved by using GAMS program, but a feasible solution was not found for the current situation, because, the number of nurses in hospital was inadequate. As a result of this, the number of nurses was increased and trials were made. According to trials, when the number of nurses was 55, a feasible solution was found and 13 nurses needs to be hired. After the beginning of this study, the number of nurses in hospital was increased.

Secondly, the deterministic mixed integer programming model was revised to make the model more realistic and more appropriate for real life. The number of nurses required in each shift and the number of nurses who worked in each shift were added to model as parameters. As simulation, the revised model was run for different scenarios, which represented how many nurses work in each shift, and different number of nurses required in each shift at each day by using GAMS program. 42 nurses again were inadequate. The number of nurses was increased again. A feasible solution was found for 45 nurses and 3 nurses should be hired only. As a result of GAMS results, output analysis was made for 45 nurses to compare scenarios and find the champion scenario. According to output analysis, scenario 2, scenario 3 and scenario 5 were champion scenarios. For scenario 2 and 45 nurses, the deterministic model was solved by using GAMS program to assign each nurse to inpatient floors. According to the result, schedules were created for each floor. Total overtime payment was decreased from 45,000 TL to 38,088 TL.

## 7. REFERENCES

- Aickelin, U., & Dowland, K., (2004), "An indirect Genetic Algorithm for a nurse scheduling problem", *Computers & Operations Research*, 31(5), 761-778.
- Azaiez, M.N., & Al Sharif, S.S., (2005), "A 0-1 goal programming model for nurse scheduling", *Computers & Operations Research*, 32, 491-507.
- Bagheri, M., Devin, A., & Izanloo, A., (2016), "An application of stochastic programming method for nurse scheduling problem in real word hospital", In *Computers & Industrial Engineering*, 96, 192-200.
- Burke, E., Curtois, T., Post, G., Qu, R., & Veltman, B., (2008), "A hybrid heuristic ordering and variable neighbourhood search for the nurse rostering problem", *European Journal of Operational Research*, 188, 330-341.
- Glass, C., & Knight, R., (2010), "The nurse rostering problem: A critical appraisal of the problem structure", *European Journal of Operational Research*, 202(2), 379-389.
- Karaatlı, M., & Güngör, İ., (2010), "HEMŞİRE ÇİZELGELEME SORUNUNA BİR ÇÖZÜM ÖNERİSİ VE BİR UYGULAMA", *Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 2(1), 22-52.
- Lim, G., Mobasher, A., Bard, J., & Najjarbashi, A., (2016), "Nurse scheduling with lunch break assignments in operating suites", *Operations Research for Health Care*, 10, 35-38.
- Lin, C., Kang, J., Liu, W., & Deng, D., (2014), "Modelling a nurse shift schedule with multiple preference ranks for shifts and days off", *Mathematical Problems in Engineering*, 2014, 1-10.
- M'Hallah, R., & Alkhabbaz, A., (2013), "Scheduling of nurses: A case study of a Kuwaiti health care unit", *Health Care March*, 2(1-2), 1-19.
- Maenhout, B., & Vanhoucke, M., (2013), "An integrated nurse staffing and scheduling analysis for longer-term nursing staff allocation problems", *Omega*, 41(2), 485-499.
- Öztürkoğlu, Y., & Çalışkan, F., (2014), "HEMŞİRE ÇİZELGELEMESİNDE ESNEK VARDİYA PLANLAMASI VE HASTANE UYGULAMASI", *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16(1), 115-133.
- Rahimian, E., Akartunalı, K., & Levine, J., (2016), "A hybrid integer programming and variable neighbourhood search algorithm to solve nurse rostering problems", *European Journal of Operational Research*, 258(2), 411-423.
- Thongsanit, K., Kantankul, K., & Nithimethirot, T., (2016), "Nurse's Shift Balancing in Nurse Scheduling Problem", *Research Article Silpakorn U Science & Tech J.*, 10(1), 43-48.
- Topaloglu, S., (2009), "A shift scheduling model for employees with different seniority levels and an application in healthcare", *European Journal of Operational Research*, 198(3), 943-957.
- Topaloglu, S., & Selim, H., (2010), "Nurse scheduling using fuzzy modelling approach", *Fuzzy Sets and Systems*, 161(11), 1543-1563.
- Tsaı, C., & S.H.A., L., (2009), "A two-stage modeling with genetic algorithms for the nurse scheduling problem", *Expert Systems with Applications*, 36, 9506–9512.
- Wong, T., Xu, M., & Chin, K., (2014), "A two-stage heuristic approach for nurse scheduling problem: A case study in an emergency department", In *Computers and Operations Research*, 51, 99-110.
- Wright, P., & Mahar, S., (2013), "Centralized nurse scheduling to simultaneously improve schedule cost and nurse satisfaction", *Omega*, 41(6), 1042-1052.

## DENGELİ-DENGESİZ VERİ SETİ DAĞILIMININ AŞIRI ÖĞRENME MAKİNESİ YÖNTEMİ PERFORMANSINA ETKİSİ

Fatma Önay Koçoğlu  
İstanbul Üniversitesi

Tuncay Özcan  
İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa

### ÖZET

Bilginin yapıtaşı olan veri, gelişen teknoloji sayesinde çok daha fazla miktarda saklanabilir hale gelmiştir. Bunun bir sonucu olarak büyük veri yığını içerisinde anlamlı ve değerli bilgiyi elde edebilmek için yeni yöntemlere ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla makine öğrenmesi, veri madenciliği gibi alanlarda çeşitli yöntemler geliştirilmektedir. Yeni yöntemlerin geliştirilmesinin yanı sıra var olan yöntemlerin performansını arttırmaya yönelik çeşitli araştırmalar da yürütülmektedir. Model performansını etkileyen faktörlerden biri veri seti sınıf niteliğinin dengeli-dengesiz dağılımıdır. Bu çalışmada, ayrılma eğilimli müşterilerin belirlenmesi problemi için dengeli-dengesiz sınıf dağılımının Aşırı Öğrenme Makinesi yöntemi üzerindeki etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, farklı yeniden örnekleme yöntemleri ile beraber modellerin eğitiminde kullanılacak veri seti yeniden örneklendirilmiş, Tek Gizli Katmanlı İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları Temelli Aşırı Öğrenme Makinesi algoritması ile sınıflandırma modelleri elde edilmiştir. Kullanılan yeniden örnekleme yöntemleri Temel Yeniden Örnekleme Yöntemleri (Over Sampling-Under Sampling), Sentetik Azınlık Aşırı Örnekleme Yöntemi (SMOTE) ve Rasgele Aşırı Örnekleme Yöntemi (ROSE)dir. Belirli oranlarda bölme ve çapraz geçirme yöntemleri ile beraber performans değerlendirmesi için doğruluk ve F-ölçüsü değerlerinden yararlanılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde yeniden örnekleme yöntemlerinin model performansı üzerinde olumlu bir etkisi olduğu görülmüştür.

*Anahtar Kelimeler: Aşırı Öğrenme Makinesi, Ayrılma Eğilimli Müşteri Analizi, Dengesiz Dağılımlı Veri Seti.*

### ***EFFECTS OF BALANCED-IMBALANCED DATASET ON THE PERFORMANCE OF EXTREME LEARNING MACHINE***

#### **ABSTRACT**

Data, which is the source of knowledge, has become stored in greater quantities thanks to the possibilities provided by the technology. As a result, new methods has been needed in order to obtain meaningful and valuable knowledge from this huge data stack. With this regard, many new methodologies have been developing especially in the fields of machine learning and data mining. In addition to the development of new methods, various studies are being carried out to improve the performance of existing methods. The balanced and imbalanced data distribution is one of the factors affecting the success of methods. With this study, it is aimed to investigate the effect of balanced-imbalanced data on the performance of the Extreme Learning Machine for the churn analysis problem. Within the scope of this study, various subsampling and oversampling methods have been used for sampling dataset and learning models have been obtained by using Extreme Learning Machine (ELM) for Single-Hidden Layer Feedforward Neural Networks. The sampling methods are Over Sampling, Under Sampling, Synthetic Minority Over-Sampling Technique (SMOTE) and Random Over Sampling Examples (ROSE). Hold-out and cross validation were used as performance evaluation methods and accuracy and F-score were chosen as the performance evaluation measures. When the results were evaluated, the use of sampling methods had a positive effect on the various performance evaluation measures and sampling methods enable to interpret the results more effectively.

*Keywords: Churn Analysis, Extreme Learning Machine, Imbalanced Data*

## 1. GİRİŞ

Bilginin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Öyle ki, fiziksel sermayenin yanı sıra bilgi de entelektüel bir sermaye olarak kabul edilmektedir. Bilgi ile ilgili bu durumun önemli sebeplerinden birisi, özellikle küresel rekabetin de etkisi sonucu, daha az hata ile öngörülebilir bulunabilme, stratejiler geliştirebilme ve karar alabilmenin ancak sahip olunan bilgi miktarı ile orantılı olmasıdır. Bilginin yapıtaşı ise veridir. Dolayısıyla bilgiye giden yolda öncelikle verinin kayıt altına alınması gerekmektedir. Zaman içerisinde bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmelerin sonucu olarak daha fazla miktarda, farklı ve karmaşık yapıdaki verinin saklanabilir olmasına, gerek görüldüğü hallerde saklanan veriye erişimin sağlanmasına olanak sağlayan veri tabanı, veri ambarı gibi teknolojiler geliştirilmiştir. Ancak; giderek artan veri miktarı ve veri tabanlarının sağladığı raporlama ve sorgu araçlarının yetersiz olması verinin analizi için yeni hesaplama yöntem ve araçlarına ihtiyacı ortaya çıkarmıştır. Verinin analiz edilebilmesi için öncelikle istatistiksel yöntemlerden ağırlıklı olarak yararlanılsa da, yapısal olmayan verinin de saklanması, örneklem olmadan tüm veriden analiz gerçekleştirme isteği ve bu noktada istatistiksel yöntemlerin yetersiz kalması gibi nedenler ile veri analizine olanak sağlayan yine istatistik ve matematik tabanlı makine öğrenmesi, veri madenciliği gibi yeni yöntemler geliştirilmeye başlanmıştır.

Makine öğrenmesi bilgisayar bilimi, yapay zeka, istatistik ve matematik temelli; veri madenciliği, veri tabanı teknolojisi, örüntü tanıma gibi yöntemler ile ortak noktalara sahip bir yöntemler bütünüdür. En basit haliyle, insan zekasının öğrenme yeteneğini taklit edecek şekilde tasarlanmış, kayıt altına alınan verinin akıllı eyleme dönüştürülmesi için geliştirilen bilgisayar algoritmalarının bir dalı şeklinde tanımlanmaktadır (Lantz, 2013; El Naqa ve Murphy, 2015). Makine öğrenmesi veri tabanından çekilecek bir veri seti ile öngörülebilir bulunma amacının çok daha ötesinde, yapay zekanın bir parçası olarak, değişen ortam şartlarında öğrenme yeteneği ile değişiklikleri öngörerek, tasarımcının çözümüne ihtiyaç duymadan yeni koşullara göre uyarlamaya yapabileceği zeki sistemlerin geliştirilmesinde de kullanılmaktadır (Alpaydın, 2010). Öğrenme süreci; yeni tanımlayıcı bilginin elde edilmesi, öğrenme veya deneyim yoluyla motor ve bilişsel becerilerin gelişimi, elde edilen yeni bilginin genel ve efektif olarak temsil edilmesi, gözlem ve deneme yolu ile yeni olgu ve teorilerin belirlenmesi adımlarından meydana gelmekte olup, araştırmacılar bilgisayarların çıkış noktasından bu yana öğrenme sürecinde bahsi geçen bu yeteneklerin bilgisayarların da gösterebilmesi adına çalışmalar yürütmektedir (Carbonell, Michalski ve Mitchell, 1983). Bu doğrultuda makine öğrenmesi verinin daha etkin bir şekilde saklanabileceği, birleştirilebileceği, işlenebileceği farklı yöntemler; istatistik-veri-hesaplama bilişim ve algoritmalar; kendi deneyimlerine bağlı olarak kendi kendini iyileştirebilen bilgisayar sistemleri üzerine çözüm aramaktadır (Mitchell, 2006; Jordan ve Mitchell, 2015). Makine öğrenmesi danışmanlı (denetimli/gözetimli-supervised), danışmansız (denetimsiz/gözetimsiz-unsupervised) ve pekiştirmeli (takviyeli-reinforcement) öğrenme olmak üzere üç ana başlık altında sınıflandırılmaktadır. Danışmanlı öğrenmede eğitim amaçlı kullanılan veri setinde girdi vektörleri ve bunlara karşılık gelen hedef vektör yer alırken, ki bu hedef vektör danışman niteliğindedir, bu eğitim veri seti kullanılarak oluşturulan model ile yeni girdi değerlerine karşılık gelen çıktı değerleri öngörülmektedir. Danışmanlı öğrenme sınıflandırma problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır. Danışmansız öğrenmede ise hedef vektörlerinin olmadığı durumlarda girdi vektöründe yer alan değerler arasındaki örüntüleri tanımlamak hedeflenmektedir (Balaban ve Kartal, 2015). Son olarak pekiştirmeli öğrenme ise hedef vektör örnekleri yani bir danışman olmadan girdiye karşılık üretilecek çıktı değerlerini belirlemek üzere bir ödül ve ceza sistemine göre sonuçta en yüksek ödüle ulaşabilmek için deneme-yanılmaya dayalı bir öğrenme yöntemidir (Kaelbling, Littman ve Moore, 1996).

Makine öğrenmesi finans, sağlık, eğitim, endüstri, pazarlama vb birçok alan probleminin çözümünde kullanılmaktadır. Müşterilerin satın alma eğilimini arttırmak ve buna bağlı kampanya ve reklam çalışmalarını gerçekleştirmek üzere alışveriş davranışlarına göre müşterilerin satın almaları muhtemel ürünlerin belirlenmesi, güvenlik amaçlı olarak da kullanılabilecek şekilde yüz, parmak izi, ses, imza veya retina tanıma uygulamaları, spam amaçlı e-postaların veya metinlerin belirlenmesi, sanayide kullanılan makine arızalarının arıza meydana gelmeden önce belirlenebilmesi, bankalarda kredi taleplerinin değerlendirilmesi ile ilgili riskli müşteri gruplarının belirlenmesi, insan gen dizilimine bağlı olarak hastalık tanısının yapılması makine öğrenmesi yöntemleri ile çözülebilen örnekler arasında yer almaktadır. Makine öğrenmesi ile ilgili olarak, günlük hayattaki uygulamaların yanı sıra akademik alanda da çok çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Park ve diğerleri (2013), çalışmalarında meme kanseri ile ilgili öngörülebilir bulunabilme için yapay sinir ağları ve destek vektör makinesi algoritmalarını kullanarak makine öğrenmesi yöntemine başvurmuşlardır. Xingjian ve diğerleri (2015), zaman-mekansal veri dizileri ile yağış tahmini üzerine makine öğrenmesi temelli bir çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. Kumar ve diğerleri (2016), web spamlarını türlerine göre otomatik olarak sınıflandırmak üzere makine öğrenmesi temelli bir yaklaşım sunmuşlardır. Jean ve diğerleri (2016), makine öğrenmesi tekniklerinden yararlanarak uydu verileri üzerinden bir ülkeye ait tüketim harcamaları ve varlık zenginliğini tahmin etmek üzere model

geliştirmişlerdir. Just ve diğerleri (2017), çalışmaları ile klinik verilere ek olarak ölüm ve yaşam ile ilgili kavramlar karşısındaki manyetik rezonans görüntülerinin de baz alındığı veriler ile intihar meyilli bireylerin tahmin edilmesini amaçlamışlardır. Erel ve diğerleri (2018), makine öğrenmesi algoritmalarını kullanarak bir firmanın potansiyel yöneticilerinin belirlenmesi için firma karlılığı, hissedar desteği gibi kriterlere dayalı olarak bir model tasarlamışlardır.

Makine öğrenmesi yönteminin performansını etkileyen bazı faktörler söz konusu olabilmektedir. Bu faktörlerin olumsuz etkilerini azaltmak için modellerin eğitiminde kullanılacak verinin ön işlemeden geçirilerek analizler için hazır hale getirilmesi gerekmektedir. Makine öğrenmesi ile elde edilecek modellerin doğruluk ve etkinliğinin artırılabilmesinin en önemli kriterlerinden birisi ön işleme sonucu elde edilecek veri setinin kalitesidir (Han, Pei ve Kamber, 2011). Ön işleme adımlarından bazıları değişkenlerin dönüştürülmesi, eksik verinin giderilmesi, nitelik seçimi, ayrıklaştırma şeklinde sayılabilir (Tanasa ve Trousse, 2004; Tan ve diğ., 2006). Sınıflandırma problemlerinin çözümünde oluşturulan makine öğrenmesi model performansını etkileyebilecek ve veri ön işleme adımında müdahale edilecek bir diğer durum ise veri setinde yer alan, danışmanlı öğrenmede de bahsi geçen hedef vektör değerlerinin bir diğer ifade ile sınıf niteliklerinin dengesiz dağılımıdır. Dengesiz dağılım durumunda veri setinde bir sınıf niteliğine ait örnek sayısı diğer sınıf niteliklerinin örnek sayısından çok daha fazladır. Bir veri setinde iki sınıf nitelik alanı olduğu varsayıldığında, bir sınıfın örnek sayısının tüm veri setindeki örneklerin %95'i iken, diğer sınıfın örnek sayısının tüm veri setindeki örneklerin %5'i kadar olması dengesiz dağılım durumuna örnek gösterilebilir. Böyle bir durumda bir makine öğrenmesi modelinin öğrenme adımında örnek sayısı fazla olan sınıfa ait yeni girdileri doğru tahmin edebilmesi bu sınıfa ait daha fazla örnek ile eğitilecek olmasından ötürü çok daha kolay olacaktır. Tüm tahminler içerisinde doğru tahmin edilen sınıfların oranı modelin doğruluk performansını vermektedir. Ancak dengesiz sınıf dağılımı gösteren veri seti ile elde edilen doğru tahmin oranının yüksek olması modelin başarısının kesin bir göstergesi sayılamayacaktır (Witten ve diğ., 2017). Çünkü sayıca az örneğe sahip sınıf niteliğini tahmin etmenin önemli olduğu durumlarda, fazla sayıda örneğe sahip sınıf niteliğine ait girdileri doğru tahmin ederek yüksek doğruluk değerine ulaşan bir model eğer diğer sınıfa ait örnekleri doğru tahmin edemiyorsa model aslında başarılı değildir. Bu durumda farklı performans değerlendirme ölçüleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Dengesiz sınıf dağılımı durumu ile ilgili literatürde çeşitli çalışmalar yer almaktadır. Tan (2005), dengesiz veri seti varlığında ve metin sınıflandırma probleminde daha iyi sınıflandırma performansı için K-En Yakın Komşu algoritması tabanlı bir yaklaşım geliştirmiştir. Eitrich ve Lang (2006), yine dengesiz veri seti kullanımı durumunda Destek Vektör Makinelerinin öğrenme parametrelerinin optimizasyonu için yeni bir yöntem ve performans ölçüsü önerisi getirmişlerdir. Eitrich ve diğerleri (2007), ilaç sınıflandırması problemi için makine öğrenmesi tekniklerinin yanı sıra dengesiz sınıf dağılımı gösteren veri seti için çeşitli örnekleme yöntemlerini de kullanarak farklı modeller oluşturmuşlardır. Farquad ve Bose (2012), dengesiz sınıf dağılımı gösteren bir veri seti ve çeşitli veri seti örnekleme yöntemleri ile beraber Rastgele Orman Algoritması, Lojistik Regresyon, Çok Katmanlı Algılayıcı gibi yöntemleri kullanmış, bunun yanı sıra önışlemci olarak Destek Vektör Makinelerinin yer aldığı bir model önerisi de getirmişlerdir. Jian, Gao ve Ao (2016), dengesiz sınıf dağılımlı veri setlerinin yeniden örneklendirilerek model eğitiminde kullanılması ve buna bağlı model performansının artırılabilmesi için Destek Vektör Makinesi tabanlı bir örnekleme yöntemi önerisi sunmuşlardır.

Yukarıda bahsi geçen literatür çalışmalarından da görüleceği üzere, dengesiz sınıf dağılımı gösteren veri setleri ile çalışılırken bu veri setlerinin yeniden yapılandırılarak dengesizliğin giderildiği çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler yeniden örnekleme yöntemleri olarak ifade edilmektedir. Bu çalışma kapsamında ayrılma eğilimli müşterilerin belirlenmesi problemi için dengesiz sınıf dağılımına sahip bir veri seti çeşitli örnekleme yöntemleri ile dengeli hale dönüştürülmüş ve Tek Gizli Katmanlı Aşırı Öğrenme Makinesi algoritması kullanılarak elde edilen modellerin performans göstergeleri karşılaştırılmıştır.

## 2. YÖNTEM

Ayrılma eğilimli müşterilerin belirlenmesi özellikle telekomünikasyon sektöründe üzerinde önemle durulan konulardan birisidir. Müşterinin hizmet/ürün alımını durdurması veya farklı bir hizmet/ürün sağlayıcıdan temin etmesi müşterinin ayrılması olarak tanımlanmaktadır. Müşterilerin hizmet kullanım durum ve miktarları, fatura bedelleri, faturalarını ödeme yöntemleri, hizmet talepleri, çağrı merkezi ile yaptığı görüşmeler gibi çeşitli veri, işletmeler tarafından kayıt altına alınmaktadır. Bu veri kullanılarak müşterinin ayrılma eğilimi gösterip göstermediği, gelecekte kaybedilecek bir müşteri olup olmadığı öngörülebilmektedir. Bu çalışma kapsamında ayrılma eğilimli müşteri tahmini problemi seçilmiş, analizler için UCI Machine Learning Repository'den elde edilen ve telekom sektörüne ait "churn" veri seti kullanılmıştır (URL1). Veri seti toplam 19 nitelik alanı ve 5000 kayıttan meydana gelmektedir. Veri setinde müşterinin ayrılma durumu sınıf niteliği olarak ele alınmıştır. Bu durumda ayrılma durumunda olan

müşterilerin tüm müşterilere oranı %14.14'tür. Orana bakıldığında veri seti içerisinde sınıf niteliğine göre dengesiz bir dağılım olduğu görülmektedir.

Dengesiz sınıf dağılımını ortadan kaldırmak üzere Temel Yeniden Örnekleme Yöntemleri, Sentetik Azınlık Aşırı Örnekleme Yöntemi (Synthetic Minority Over-Sampling Technique (SMOTE)) ve Rasgele Aşırı Örnekleme Yöntemi (Random Over Sampling Examples (ROSE)) kullanılmıştır. Sınıflandırma modeli kurmak üzere Tek Gizli Katmanlı İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları Temelli Aşırı Öğrenme Makinesi (Single-Hidden Layer Feedforward Neural Networks Extreme Learning Machine (SLFN-ELM))'nden yararlanılmıştır. Aşırı Öğrenme Makinesi Algoritması sadece nümerik değerler ile çalıştığından kategorik değişkenler sahte (dummy) değişkenler yardımı ile nümerik hale dönüştürülmüştür. Veri setinde farklı nitelik alanlarına ait nümerik değerler farklı aralıklarda dağıldığından analiz sonuçlarının daha etkin ve doğru olması adına veri dönüşümü işlemi (normalizasyon) gerçekleştirilmiştir. Veri dönüşümü için doğrusal veri dönüşümü yöntemi seçilmiş, tüm değerler [0-1] aralığına indirgenmiştir. Aşırı Öğrenme Makinesi için eşik değer 0,70 olarak belirlenmiş tahmin aşamasında bu değere göre sınıflar belirlenmiştir. Analizler 10-20-50-100-200-500-1000 gizli katmandaki nöron sayıları ve radial basis, sinüs ve sigmoid aktivasyon fonksiyonları ile tekrar edilmiştir. Çalışmanın sonuçları algoritmaların parametre değerleri ile kısıtlıdır.

Performans geçerieme için belirli oranlarda bölme yöntemi (Hold-Out) %80 eğitim-%20 test ve %70 eğitim-%30 test oranları, çapraz geçerieme yöntemi 5 ve 10 kat ile kullanılmıştır. Performans değerlendirme ölçüleri olarak doğruluk ve F ölçüsü tercih edilmiştir.

Tüm analizler R programlama dili (R Development Core Team, 2008) ve RStudio Editörü (RStudio Team, 2016) ile gerçekleştirilmiş olup, kullanılan paketler TunePareto (Müssel ve diğ., 2012), elmNN (Gosso, 2012), clusterSim (Walesiak ve Dudek, 2017), XLConnect (Mirai Solutions GmbH, 2018), xlsx (Dragulescu ve Arendt, 2018), caret (Kuhn, 2018), rJava (Urbanek, 2018), ROSE (Lunardon ve diğ., 2014), DMwR (Torgo, 2010) şeklindedir.

Kullanılan yöntemlere ait açıklamalar aşağıda verilmiştir.

### 2.1. Temel Yeniden Örnekleme Yöntemleri

Dengesiz sınıf dağılımlı bir veri seti düşünüldüğünde, bu veri seti farklı sınıf niteliklerine göre farklı sayılarda örnekler içerecektir. Bu durumda, sayıca en az olan sınıfın örnek sayısına yakın ve rasgele olacak şekilde diğer sınıfların içerisinde örneklerin kaldırılması ile yeni bir veri seti oluşturulabilmektedir. Bu şekildeki yeniden örnekleme, alt-örnekleme (under-sampling) olarak ifade edilmektedir. Bu örnekleme yaklaşımı bir D veri seti içerisinde rasgele olacak şekilde S alt veri setini seçmek ve D yerine S veri setini kullanmak temeline dayanmaktadır (Han, Pei ve Kamber, 2011). Diğer taraftan veri seti içerisinde sayıca az örnek içeren sınıfın örnekleri rasgele çoğaltılacak şekilde bu sınıfa ait örnek sayısı fazla sayıda örneğe sahip sınıfın örnek sayısına yaklaştırılabilmektedir. Bu şekildeki yeniden örnekleme üst (aşırı) yeniden örnekleme (over-sampling) olarak adlandırılmaktadır. Alt örneklemede yararlı kayıtların atılması veya üst örneklemede kendini tekrar eden kayıtların oluşabilmesi nedeniyle bazı dezavantajlı yönleri ortaya çıksa da her iki yeniden örnekleme yöntemi dengesiz sınıf dağılımı problemi için sıklıkla kullanılan yöntemler arasındadır (Lin ve diğerleri, 2009).

### 2.2. Sentetik Azınlık Aşırı Örnekleme Yöntemi

Dengesiz sınıf niteliği dağılımı problemine karşı geliştirilen yöntemlerden birisi de, Sentetik Azınlık Aşırı Örnekleme Yöntemi (Synthetic Minority Over-Sampling Technique (SMOTE))'dir. Bu yöntem ile azınlıkta olan yani tüm veri seti içerisinde daha az sayıda örnek içeren sınıf niteliğinin örnek sayısı sentetik olarak arttırılmakta ve böylece sayıca fazla örnek sahibi olan sınıf nitelik alanı ile dengeli bir dağılıma dönüştürülmektedir. Yönteme ait algoritma aşağıda genel olarak özetlenmiştir (Chawla ve diğ., 2002):

- Azınlık sınıf içerisinde bir örnek alınır.
- Bu örneğin yine azınlık sınıfı içerisinde yer alan en yakın k komşusu belirlenir (Öklid uzaklığına göre).
- Azınlık sınıfın çoğunluk sınıfına dengeleme oranına göre belirlenen sayıda bu k en yakın komşu içerisinde rasgele komşular seçilir (%200 ise 5 komşudan 2'si gibi).
- Her bir komşu ile seçilen örnek arasındaki farklılıklar ölçülür.
- Elde edilen değerler 0 ile 1 aralığında bir sayı ile çarpılır.
- Yine bir önceki adımda elde edilen değerler başta seçilen örneğin değerlerine eklenerek seçilen örnek ile komşusu arasında değerlere sahip yeni bir örnek oluşturulmuş olur.

### 2.3. Rasgele Aşırı Örnekleme (Random Over Sampling Examples)

Temel yeniden örnekleme yöntemlerinden farklı olarak geliştirilen yeni yöntemlerde dengesiz dağılım gösteren veri setinin karakteristik özelliklerinin bozulmadan dönüştürülmesi amaçlanmakta olup, SMOTE gibi ROSE da bu amaç ile yeni yapay örneklerin elde edilmesine olanak sağlayan yöntemler arasındadır (Gong ve Kim, 2017). Lunardon ve diğerleri (2014) tarafından geliştirilen ROSE, eğitim veri setinde yer

alan örneklerin olasılık yoğunluk fonksiyonlarını da kullanarak ve bootstrap yaklaşımına dayalı bir algoritmaya sahiptir.  $T_n$  n örnekli bir eğitim seti,  $x_i$  öznelikler ve  $y_i$  sınıf nitelikleri olmak üzere,  $(x_i, y_i)$  ( $i=1,2,...,n$ )  $T_n$ 'de yer alan her bir örneği temsil etmektedir.  $f(x)$  ise öznelikler vektörü için bir olasılık yoğunluk fonksiyonudur. Veri seti iki farklı sınıftan oluştuğu varsayılırsa  $y_i$ 'ler  $\{y_j\}$  ( $j=1,2; n_j < n$ ) kümesinin elemanı olacaktır. Bu durumda yeni  $(x^*, y^*)$  örneği aşağıdaki şekilde oluşturulur (Lunardon ve diğ., 2014):

- $y_j$  olasılık değeri ile  $y^*=y_j$  seçilsin.
- $1/n_j$  olasılık ile  $y_i=y^*$  olacak şekilde  $(x_i, y_i)$  seçilsin.
- Merkezi olasılık dağılım fonksiyonu ve parametre matrisi baz alınarak  $x^*$  örneği oluşturulsun.

#### 2.4. Aşırı Öğrenme Makinesi

Huang ve diğerleri tarafından (2004) geliştirilen ileri beslemeli yapay sinir ağları temelli bu yöntem, girdi parametre ve ağırlıklarının belirlenmesinde kullanıcı müdahalesinin olmaması ve son katmanda elde edilen matrisin analitik yöntemler ile çözülmesi ile çıktı değerlerinin elde edilmesi sonucu daha hızlı işlem yapabilme kabiliyeti nedeniyle tercih edilmektedir.  $(x_i, y_i)$ ,  $N$  tane birbirinden farklı ve keyfi seçilmiş örnekler,  $x_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}\}^T$  girdi ve  $y_i = \{y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{im}\}^T$  çıktı olmak üzere standart Tek Gizli Katmanlı İleri Beslemeli Ağlar (Single Hidden Layer Feed-Forward Network-SLFN) için

$$\sum_{i=1}^N \beta_i g(w_i x_j + b_i) = 0_j$$

eşitliği yazılır ( $\tilde{N}$ : Nöron sayısı ve  $N$  eğitim veri setindeki örnek sayısı olmak üzere  $\tilde{N} < N$ ,  $g(x)$ : Aktivasyon fonksiyonu,  $w_i = \{w_{i1}, \dots, w_{in}\}^T$  i. girdi ve gizli nöronu ilişkilendiren ağırlık vektörü,  $\beta_i = \{\beta_{i1}, \dots, \beta_{im}\}^T$  i. gizli nöron ile çıktıyı ilişkilendiren ağırlık vektörü,  $b_i$ : i. nöron için eşik değeri).

Eldeki veri ile beklenen çıktı her zaman sağlanmamaktadır. Burada gizli katmandan gelen değerler ile  $H$  gizli katman çıktı matrisi ve çıktı ağırlıkları matrisi üretilir. Bu iki matrisin çarpımı ile çıktı değerleri elde edilir.

$$\sum_{i=1}^N \beta_i g(w_i x_j + b_i) = t_j$$

Sonuç olarak olması gereken değerler ile elde edilen sonuç değerler arasındaki farkın en aza indirilmesi amaçlanmaktadır. Aşırı Öğrenme Makinesinin adımları aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Koçoğlu, 2017):

- Rasgele olacak şekilde  $w_i$  ağırlıkları ve  $b_i$  eşik değerleri belirlenir.
- Belirlenen değerler ve aktivasyon fonksiyonu ile  $H$  gizli katman çıktı matrisi üretilir.
- Hatayı minimize eden çıkış katmanı ağırlık vektörü belirtilen esaslara göre hesaplanır.

### 3. BULGULAR

Yöntem kısmında belirtilen koşullar altında gerçekleştirilen analizlere ait en iyi sonuçlar aşağıda yer almaktadır. Sonuçlar performans geçерleme yöntemleri baz alınarak karşılaştırılmış, sıralama ise doğruluk performans değerlendirme ölçüsüne göre verilmiştir.

Tablo 7'de belirli oranlarda bölme performans geçерleme yöntemi ile analizler gerçekleştirildiğinde elde edilen analiz sonuçları verilmiştir. Buna göre; en yüksek doğruluk ölçüsü tüm veri seti %70 eğitim ve %30 test olacak şekilde bölündüğünde %90,200 değeri ile üst (aşırı) yeniden örnekleme (over sampling) ve Aşırı Öğrenme Makinesine ait sinüs aktivasyon fonksiyonu ile 200 gizli katmandaki nöron sayısı parametre değeri ile elde edilmiştir.

**Tablo 7. Belirli Oranlarda Bölme Yöntemine Göre Performans Sonuçları**

PGY	Örnekleme Y.	AF	NS	Accuracy	F Ölçüsü
%70 Eğitim %30 Test	Over Sampling	sin	200	0,90200	0,46931
	SMOTE	sin	200	0,90133	0,46377
	ROSE	sig	200	0,89333	0,45205
	Under Sampling	sig	100	0,88400	0,40411
%80 Eğitim %20 Test	Over Sampling	sin	200	0,89900	0,46561
	SMOTE	sin	200	0,89400	0,49524

	ROSE	sig	500	0,89300	0,39548
	Under Sampling	sin	150	0,89000	0,34524

\*PGY: Performans Geçerleme Yöntemi, AF: Aktivasyon Fonksiyonu, NS: Gizli Katmandaki Nöron Sayısı

Tablo 8’de ise aynı analizler için çapraz geçerleme performans geçerleme yöntemi kullanılması durumunda elde edilen sonuçlar paylaşılmıştır. Buna göre; en yüksek doğruluk değeri %89,280 olarak, 10 kat çapraz geçerleme ve Aşırı Öğrenme Makinesi yönteminde sinüs aktivasyon fonksiyonu ile birlikte gizli katmandaki nöron sayısı 200 olacak şekilde kullanıldığında SMOTE örnekleme yöntemi ile elde edilmiştir.

**Tablo 8. Çapraz Geçerleme Yöntemine Göre Performans Sonuçları**

PGY	Örnekleme Y.	NS	AF	Accuracy	F Ölçüsü
ÇG 5 kat	SMOTE	200	sin	0,88960	0,41846
	Over Sampling	100	sin	0,88680	0,43226
	ROSE	200	sig	0,88240	0,35177
	Under Sampling	100	sin	0,88080	0,38367
ÇG 10 Kat	SMOTE	200	sin	0,89280	0,45960
	Over Sampling	200	sin	0,89180	0,40837
	Under Sampling	200	sig	0,88800	0,39490
	ROSE	500	sin	0,88420	0,39185

\*PGY: Performans Geçerleme Yöntemi, AF: Aktivasyon Fonksiyonu, NS: Gizli Katmandaki Nöron Sayısı, ÇG: Çapraz Geçerleme

Diğer taraftan Aşırı Öğrenme Makinesi yönteminin aynı parametre değerleri ve herhangi bir örnekleme yöntemine başvurulmaksızın dengesiz dağılım gösteren sınıf nitelik alanı değerleri ile analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 1 ve Tablo 2’de verilen en iyi performansa sahip yeniden örnekleme yöntemine bağlı elde edilen analiz sonuçları ile Tablo 3’te karşılaştırılmıştır. Tablo 3’e göre belirli oranlarda bölme yöntemi için %70-30 eğitim-test olarak bölünme gerçekleştiğinde Over Sampling yöntemi kullanılarak yeniden örnekleme yapıldığında %90,200 ile daha yüksek doğruluk ve %46,931 ile daha yüksek F ölçüsü değeri elde edilmektedir. Veri seti %80-20 eğitim-test şeklinde ayrıldığında ise Aşırı Öğrenme Makinesi herhangi bir yeniden örnekleme gerektirmeksizin %90,900 doğruluk ve %58,065 F ölçüsü değerleri ile en iyi performansı göstermektedir. Performans geçerleme yöntemi olarak çapraz geçerleme kullanıldığında hem 5 kat hem 10 kat çapraz geçerleme için SMOTE yöntemi herhangi bir örnekleme yöntemi olmaksızın Aşırı Öğrenme Makinesi ile oluşturulan modele göre daha iyi bir performans sergilemektedir.

PGY	Örnekleme Y.	AF	NS	Accuracy	F Ölçüsü
%70 Eğitim %30 Test	Over Sampling	sin	200	0,90200	0,46931
	AÖM	sig	1000	0,89933	0,43866
%80 Eğitim %20 Test	Over Sampling	sin	200	0,89900	0,46561
	AÖM	radbas	1000	0,90900	0,58065
ÇG 5 Kat	SMOTE	sin	200	0,88960	0,41846
	AÖM	radbas	1000	0,88460	0,33412

ÇG 10 Kat	SMOTE	sin	200	0,89280	0,45960
	AÖM	radbas	1000	0,88620	0,34354

\*PGY: Performans Geçerleme Yöntemi, AF: Aktivasyon Fonksiyonu, NS: Gizli Katmandaki Nöron Sayısı, ÇG: Çapraz Geçerleme

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Verinin saklanması ve işlenmesi konusunda bilgisayarların yeteneklerindeki hızlı gelişme ile birlikte veri kaynakları daha etkin bir şekilde analiz edilmekte ve daha az hata için daha çok bilgiye dayalı karar mekanizmaları geliştirilmektedir. Verinin analizi için basit sorgu ve istatistiksel yöntemlerin yanı sıra yine matematik ve istatistik tabanlı veri madenciliği, makine öğrenmesi gibi yöntemler geliştirilmiştir. Zaman içerisinde bu yöntemler ile oluşturulan tahmin modellerinin tahmin gücünün artırılabilmesi için performansı düşürebilecek çeşitli araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalardan birisi de analizlerde kullanılan veri setlerinde yer alan sınıf nitelik alanındaki sınıfların sayıca farklılık göstererek özellikle bir sınıf niteliğine ait örneklerin diğer sınıf niteliklerine ait örnek sayısına göre çok fazla olması üzerinedir. Bu problem sınıf niteliğinin dengesiz dağılımı olarak ifade edilmektedir. Bu probleme çözüm olarak kimi zaman var olan örneklerden yapay örnekler oluşturularak sınıf niteliklerine ait örnek sayısını arttırmak, kimi zaman da sayıca fazla örneğe sahip sınıf niteliğinin örneklerinden eksiltme yaparak örnek sayılarının dağılımındaki dengesizliği ortadan kaldırmaya yönelik birçok yeniden örnekleme yöntemi geliştirilmiştir.

Bu çalışma kapsamında da çeşitli yeniden örnekleme yöntemlerinin sınıflandırma modelinin performansına etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. UCI Machine Repository’den elde edilen “churn” veri seti ve çeşitli performans geçerleme yöntemleri kullanılarak Aşırı Öğrenme Makinesi algoritması ile modeller elde edilmiştir. Ardından veri seti Temel Yeniden Örnekleme Yöntemleri (Over ve Under Sampling), Sentetik Azınlık Aşırı Örnekleme Yöntemi (Synthetic Minority Over-Sampling Technique (SMOTE)) ve Rasgele Aşırı Örnekleme Yöntemi (Random Over Sampling Examples (ROSE)) ile yeniden örneklenecek aynı geçerleme yöntemleri ve algoritma ile analizler tekrar edilmiştir. Elde edilen sonuçlar “Bulgular” bölümünde paylaşılmıştır.

Sonuçlar incelendiğinde belirli oranlarda bölme yöntemi %70-30 eğitim ve test oranları ile ve çapraz geçerleme 5 ve 10 kat için uygulandığında SMOTE ve Over Sampling yöntemleri ile elde edilen model, herhangi bir örnekleme yöntemi kullanılmadan elde edilen modele göre daha iyi performans göstermektedir. Ayrıca performans artışı sadece doğruluk değeri ile kalmamış, diğer bir performans değerlendirme ölçüsü olan F ölçüsünde de bir artış gözlemlenmiştir. F ölçüsü, farklı iki parametreye bağlı olarak hesaplanması nedeniyle doğruluğa göre daha çok tercih edilebilecek bir performans değerlendirme ölçüsüdür. Dolayısıyla doğruluk ile beraber F ölçüsündeki artış da bu noktada örnekleme yöntemlerinin kullanılmasını hususunu desteklemektedir. Bunun yanı sıra çapraz geçerleme yöntemi veri setinin her parçasını mutlaka eğitim ve test için kullandığından belirli oranlarda bölme yöntemine göre analizler daha uzun süre alsada elde edilen performans göstergeleri daha gerçekçi olacaktır. Bu doğrultuda hem 5 kat hem de 10 kat çapraz geçerleme yöntemi ile beraber SMOTE yöntemi kullanıldığında F ölçüsünde yaklaşık %10 gibi oldukça önemli bir oranda artış gözlemlenmiştir.

Örnekleme yöntemleri kendi içlerinde değerlendirildiğinde belirli oranlarda bölme yöntemi kullanıldığında Over Sampling ve çapraz geçerleme kullanıldığında SMOTE yönteminin diğer örnekleme yöntemlerine göre daha başarılı olduğu görülmektedir. Yeniden örnekleme yöntemlerine başvurulduğunda bazı çalışmalarda silinen örnekler nedeniyle özellikle doğruluk değerinde azalmalar ile karşılaşılabilir. Ancak bu çalışma kapsamında belirli oranlarda bölme yöntemi %80-20 eğitim-test oranı dışında hiç bir analizde başarı kaybı söz konusu değildir.

Sonuç olarak, yeniden örnekleme yöntemi kullanımının Aşırı Öğrenme Makinesi model performansını pozitif yönde etkilediği görülmektedir. Aşırı Öğrenme Makinesi ile geliştirilecek analizlerde SMOTE veya Over Sampling yöntemlerinin öncelikle tercih edilebileceği söylenebilir. Ancak, analiz sonuçları Aşırı Öğrenme Makinesinin parametre değerleri ile kısıtlı olduğundan farkı bir parametre arama veya optimizasyon yöntemi de analizlere dahil edilerek daha detaylı bir araştırma gerçekleştirilebilir.

#### KAYNAKLAR

- Alpaydin, E. (2010). Introduction to machine learning. USA:MIT press.
- Balaban, M. E., Kartal, E. (2015). Veri madenciliği ve makine öğrenmesi temel algoritmaları ve R dili ile uygulamaları. İstanbul:Çağlayan Kitabevi.
- Carbonell, J. G., Michalski, R. S., Mitchell, T. M. (1983). An overview of machine learning. Machine Learning An Artificial Intelligence Approach, C.1, s.3-23.



- Chawla, N. V., Bowyer, K. W., Hall, L. O., Kegelmeyer, W. P. (2002). SMOTE: synthetic minority over-sampling technique. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 16, s.321-357.
- Dragulescu, A.A., Arendt, C. (2018). *xlsx: Read, write, format Excel 2007 and Excel 97/2000/XP/2003 files*, R package version 0.5.7, <https://CRAN.R-project.org/package=xlsx>, [Ziyaret Tarihi: 9 Ağustos 2018].
- Eitrich, T., Lang, B. (2006). Efficient optimization of support vector machine learning parameters for unbalanced datasets. *Journal of Computational And Applied Mathematics*, 196(2), 425-436.
- Eitrich, T., Kless, A., Druska, C., Meyer, W., Grotendorst, J. (2007). Classification of highly unbalanced CYP450 data of drugs using cost sensitive machine learning techniques. *Journal of Chemical Information And Modeling*, 47(1), 92-103.
- El Naqa, I., Murphy, M. J. (2015). What is machine learning?. Issam El Naqa, Ruijiang Li, Martin J. Murphy (Ed.ler), *Machine Learning in Radiation Oncology*. Switzerland:Springer, Cham.
- Erel, I., Stern, L. H., Tan, C., Weisbach, M. S. (2018). Selecting directors using machine learning (No. w24435). National Bureau of Economic Research. <http://www.nber.org/papers/w24435>, [Ziyaret Tarihi: 9 Ağustos 2018].
- Farquad, M. A. H., Bose, I. (2012). Preprocessing unbalanced data using support vector machine. *Decision Support Systems*, 53(1), s.226-233.
- Gong, J., Kim, H. (2017). RHBBoost: Improving classification performance in imbalance data. *Computational Statistics & Data Analysis*, C.111, s.1-13.
- Gosso, A. (2012). *elmNN: Implementation of ELM (Extreme Learning Machine) algorithm for SLFN (Single Hidden Layer Feedforward Neural Networks)* R package version 1.0. <https://CRAN.R-project.org/package=elmNN>, [Ziyaret Tarihi: 15 Kasım 2017].
- Han, J., Pei, J., Kamber, M. (2011). *Data mining: concepts and techniques*. Massachusetts, USA: Morgan Kaufmann Publishers. 978-0-12-381479-1.
- Huang, G. B., Zhu, Q. Y., Siew, C. K. (2004). Extreme learning machine: a new learning scheme of feedforward neural networks. İçerisinde *IEEE International Joint Conference on Neural Networks Proceedings*, C.2, s.985-990.
- Jean, N., Burke, M., Xie, M., Davis, W. M., Lobell, D. B., Ermon, S. (2016). Combining satellite imagery and machine learning to predict poverty. *Science*, 353(6301), s.790-794.
- Jian, C., Gao, J., Ao, Y. (2016). A new sampling method for classifying imbalanced data based on support vector machine ensemble. *Neurocomputing*, C.193, s.115-122.
- Jordan, M. I., Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science*, 349(6245), s.255-260.
- Just, M. A., Pan, L., Cherkassky, V. L., McMakin, D. L., Cha, C., Nock, M. K., Brent, D. (2017). Machine learning of neural representations of suicide and emotion concepts identifies suicidal youth. *Nature Human Behaviour*, 1(12), s.911-919.
- Kaelbling, L. P., Littman, M. L., Moore, A. W. (1996). Reinforcement learning: A survey. *Journal of Artificial Intelligence Research*, C.4, 237-285.
- Koçoğlu, F.Ö. (2017). Müşteri kayıp analizi probleminin çözümünde analitik yaklaşımlar. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kuhn, M. Katkılarıyla Jed Wing, Steve Weston, Andre Williams, Chris Keefer, Allan Engelhardt, Tony Cooper, Zachary Mayer, Brenton Kenkel, the R Core Team, Michael Benesty, Reynald Lescarbeau, Andrew Ziem, Luca Scrucca, Yuan Tang, Can Candan and Tyler Hunt. (2018). *caret: Classification and Regression Training*. R package version 6.0-80. <https://CRAN.R-project.org/package=caret> [Ziyaret Tarihi: 9 Ağustos 2018].
- Kumar, S., Gao, X., Welch, I., Mansoori, M. (2016). A machine learning based web spam filtering approach. *30th IEEE International Conference on In Advanced Information Networking and Applications Proceedings (AINA)*, s.973-980. IEEE.
- Lantz, B. (2013). *Machine learning with R*. Birmingham:Packt Publishing Ltd.
- Lin, Z., Hao, Z., Yang, X., Liu, X. (2009). Several SVM ensemble methods integrated with under-sampling for imbalanced data learning. İçerisinde *International Conference on Advanced Data Mining and Applications Proceedings*, s.536-544, Springer, Berlin, Heidelberg.
- Lunardon, N., Menardi, G., Torelli, N. (2014). ROSE: A Package for Binary Imbalanced Learning. *R Journal*, 6(1), 82-92.
- Mirai Solutions GmbH (2018). *XLConnect: Excel Connector for R*. R package version 0.2-15. <https://CRAN.R-project.org/package=XLConnect>, [Ziyaret Tarihi: 9 Ağustos 2018]
- Mitchell, T. M. (2006). *The discipline of machine learning*. Pittsburgh: Carnegie Mellon University, School of Computer Science, Machine Learning Department.

- Müssel, C., Lausser, L., Maucher, M., Kestler, H.A. (2012). Multi-objective parameter selection for classifiers. *Journal of Statistical Software*, 46(5), s.1-27.
- Park, K., Ali, A., Kim, D., An, Y., Kim, M., Shin, H. (2013). Robust predictive model for evaluating breast cancer survivability. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 26(9), s.2194-2205.
- R Development Core Team, 2008, R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, <http://www.R-project.org>, [Ziyaret Tarihi: 15 Kasım 2017].
- RStudio Team, 2016, RStudio: Integrated Development for R, RStudio, Inc., Boston, URL <http://www.rstudio.com/>, [Ziyaret Tarihi: 15 Kasım 2017].
- Tan, S. (2005). Neighbor-weighted k-nearest neighbor for unbalanced text corpus. *Expert Systems with Applications*, 28(4), s.667-671.
- Tan, P., Steinbach, M., Kumar, V. (2006). *Introduction to data mining*. Boston, ABD: Pearson Education Inc. 0-321-32136-7.
- Tanasa, D., Trousse, B. (2004). Advanced data preprocessing for intersites web usage mining. *IEEE Intelligent Systems*, 19(2), s.59-65.
- Torgo, L. (2010). *Data Mining with R, learning with case studies* Chapman and Hall/CRC. URL: <http://www.dcc.fc.up.pt/~ltorgo/DataMiningWithR>, [Ziyaret Tarihi: 9 Ağustos 2018].
- Urbanek, S. (2018). rJava: Low-Level R to Java Interface. R package version 0.9-10. <https://CRAN.R-project.org/package=rJava>, [Ziyaret Tarihi: 9 Ağustos 2018].
- URL1, <http://www.sgi.com/tech/mlc/db/>, [Ziyaret Tarihi: 6 Aralık 2017].
- Walesiak, M., Dudek, A. (2017). clusterSim: Searching for Optimal Clustering Procedure for a Data Set, R package version 0.45-2, <https://CRAN.R-project.org/package=clusterSim>, [Ziyaret Tarihi: 15 Kasım 2017].
- Xingjian, S. H. I., Chen, Z., Wang, H., Yeung, D. Y., Wong, W. K., Woo, W. C. (2015). Convolutional LSTM network: A machine learning approach for precipitation nowcasting. *İçerisinde Advances in Neural Information Processing Systems Conference Proceedings*, s.802-810.
- Witten, I. H., Frank, E., Hall, M. A., Pal, C. J. (2017). *Data Mining: Practical machine learning tools and techniques*. Massachusetts, ABD: Morgan Kaufmann. 978-0-12-804291-5.

## EVALUATION OF SOCIAL SUSTAINABILITY IN INDUSTRY 4.0

Yeşim Deniz Özkan-Özen  
Yaşar University

Yiğit Kazançoğlu  
Yaşar University

### ABSTRACT

High technological developments, changes in customer expectations and increase in competitiveness lead organizations to follow the new industrial revolution so called Industry 4.0. Industrial internet, internet of things (IoT), smart factories, cyber physical systems (CPS), cloud computing and big data analytics and information network are some of the key enablers of Industry 4.0. Changes in organizations, both in shop-floor and marketplace, due to Industry 4.0 have effects on industries not only in economic perspective but also in social and environmental dimensions. From this point of view, it is essential to examine the potential effects of Industry 4.0 by considering all these dimensions including social, economic and environment, which are the dimensions of triple bottom line (TBL) approach in sustainability. In this study focus is on social sustainability, especially on employee sustainability. Under social sustainability, training and education is selected as the core indicator. From this point of view, aim of this study is firstly presenting training and education criteria for Industry 4.0 and secondly to investigate causal relationship between these criteria in order to prepare training programs according to the transformational change due to Industry 4.0 with taking social sustainability into account. One of multi criteria decision making method, fuzzy TISM is used to present relationship between 6 criteria. Numerical results are discussed in the final section.

**Key Words:** *Fuzzy TISM; Industry 4.0; Social Sustainability; Training and Education.*

## 1. INTRODUCTION

The core of industrial revolutions always consist of technological developments. To start with the first industrial revolution between the eighteenth to nineteenth centuries, product volume was the only aim mechanization, water power, and steam power were the key technologies; on the other hand electricity, electronic and mechanical devices were the key technologies of second industrial revolution from the end of the nineteenth century to the 1980s; moreover, third industrial revolution was shaped around automation and digitalization from the 1980s to today (Yin et al., 2017). Fourth industrial revolution have begun to impact organizations and industrial environment with concepts such as cyber physical systems, augmented reality, smart factories, internet of things, cloud manufacturing, 3D printing, big data etc.. Industry 4.0 includes the integration of virtual and physical world through cyber physical systems and internet of things, where smart machines and products interact with each other constantly (Fatorachian and Kazemi, 2018). These tremendous changes not only affect the organizations internally but also the entire market place economically, the environment and the society. From this point of view, combining sustainability goals with Industry 4.0 is essential.

In this study, focus is on social dimension of the sustainability. When it is compared to the economic and environmental dimensions, measuring social sustainability has a higher challenge. Social sustainability may cover the entire society or stakeholders separately including employees, customers, and suppliers. Under social sustainability, research area is narrowed and employee sustainability is taken as the core of this study. Some of the well known social sustainability indicators that were presented in the literature are; training and education, health and safety, job satisfaction, turnover rate and participation in decision making processes (Labuschagne and Brent, 2006; Amrina and Yusof, 2011; Joung et al., 2013; Baffoe and Mutisya, 2015). In this study, specifically training and education indicator is taken into consideration and the aim of this study is firstly presenting training and education criteria for Industry 4.0 and secondly to investigate causal relationship between these criteria from social sustainability perspective in order to prepare training programs according to the transformational change due to Industry 4.0.

This study can be seen as a priory attempt to investigate employee sustainability in Industry 4.0 environment. Paper is structured as follows, firstly literature review related to social sustainability in organizations and sustainability in industry 4.0 are presented. After that from employee perspective, social sustainability in industry 4.0, methodology, implementation and discussion parts are presented respectively.

## 2. LITERATURE REVIEW

Literature review for this study is divided in to two sub-sections. In the first sub-section brief literature related to social sustainability in organizations is given. In the second sub-section previous studies related to sustainability and industry 4.0 are discussed.

### 2.1. Social Sustainability in Organizations

Considering economic and social indicators in addition to environmental ones and reflecting a triple bottom line approach to sustainability is an accepted view (Pope et al., 2012). As one of the dimension of sustainability, social sustainability may cover the entire society, employees or customers (Joung et al., 2012; Jabbour et al., 2018). In some of the studies, suppliers are also taken as stakeholders under social sustainability (Amrina and Yusof, 2011). From the macro perspective, social sustainability covers distribution of resources equally (Baffoe and Mutisya, 2015).

Although, when it is compared to economic and environmental dimensions of sustainability, it more difficult to define metrics for social sustainability; literature related to social sustainability is broad. For instance, Brent and Labuschagne (2006) proposed a calculation procedure for social impact indicator, which is based on life cycle impact assessment calculation procedure. Moreover, Hutchins and Sutherland (2008) reviewed the metrics of social sustainability and explored relationship between business decision making and social sustainability.

Husgafvel et al. (2015), focused on process and metal industry and addressed the implementation of social sustainability metrics to measure sustainability performance. In their study, aim was to present a holistic view of plant level sustainability performance by covering social sustainability (Husgafvel et al., 2015). Furthermore, Eizenberg and Jabareen (2017) proposed a social sustainability framework, where social sustainability attempts to challenge risk while considering social concerns.

In Table 1, social sustainability indicators that used for employee sustainability are summarized.

**Table 1. Literature Summary of Social Sustainability Indicators**

Author(s)	Social Sustainability Indicators
Szekely and Knirsch (2005)	Human rights; labour/employment issues; supplier relationships; community initiatives; corporate philanthropy
Labuschagne and Brent (2006)	Training and education of staff; equity; fair labour practices; human rights; employee health and safety
Hutchins and Sutherland (2008)	Health and safety; equity; quality of life
Amrina and Yusof, 2011	Training and development; occupational health and safety; turnover rate; job satisfaction; community satisfaction; supplier satisfaction; supplier commitment; supplier initiative
Joung et al. (2013)	Health and safety; employee development; employee satisfaction; customer satisfaction; customer rights; product responsibility; justice.
Leeuw (2013)	Wellbeing; access to resources; education; social stability; the quality of the natural environment
Linke et al. (2013)	Labour intensity
Amrina and Vilsı (2015)	Accident rate; employee involvement; labour relationship; gender equity; occupational health and safety; training and education
Baffoe and Mutisya (2015)	Participation in decision making process; grass root development initiatives; group membership; trust; family ties; crime free environment; education; healthcare; job; better housing; food
Husgafvel et al. (2015)	Labour practices; training and education; reporting; health and safety; location; supply chain; social innovations; legal aspects.
Rajak and Vinodh (2015)	Job opportunities; employment compensation; health and safety practices; research and development.
Helleno et al. (2017)	Absenteeism, turnover, accident rate, noise level, salary level, national production rate, benefits/commission/profit, level of social sustainability-operation, level of social sustainability- process
Zhang, 2017	Health and wellness effects; social justice; operational safety; governance; human rights; empowerment, participation and access; social capital; social impact basic needs; transparency
Popovic et al. 2018	Employment benefits and characteristics; employment practices and relations; health and safety practices and incidents; training, education, and personal skills; diversity and equal opportunities; employee welfare; innovation and competitiveness; human rights implementation and integration; basic human rights practice

As can be seen from the Table 1, training and education, health and safety, job satisfaction and employee participation are the most common indicators in social sustainability when employee is taken into consideration as the stakeholder. Training and education is selected in this study as the focused indicator under social sustainability. In the next section, literature related to sustainability and industry 4.0 are presented.

## 2.2. Sustainability in Industry 4.0

Industry 4.0 and sustainability are two major concepts that shape industrial environment, however they can only be seen as revolutions when they integrated to each other (Jabbour et al., 2018a). So far, studies related to sustainability and Industry 4.0 are limited. Song and Moon (2017) assessed sustainability benefits of cybermanufacturing systems from economic, environmental and social perspective and concluded that cybermanufacturing systems are promising in terms of sustainability when they are compared with traditional manufacturing systems. Theoretical studies including presenting sustainable business models gain more attention in the literature. For instance, Man and Strandhagen (2017) discussed potential sustainable business models in industry 4.0 and proposed a research agenda for future studies. Moreover, Prause (2015) focused on the new directions to convert traditional business models into sustainable business models for Industry 4.0.

Jabbour et al. (2018b) studied on a broader perspective and focused on circular economy and Industry 4.0. They integrated key Industry 4.0 technologies including; cyber physical systems, cloud manufacturing, internet of things, and additive manufacturing, with circular economy and sustainable operations (Jabbour

et al., 2018b). Moreover, Ngjeqari (2016) focused on Industry 4.0 in achieving sustainable development and the role of information and communication technologies in this challenge.

From a macro, policy making perspective, Lin et al. (2017) conducted a research project, which focuses on comparison of innovation policy of China and Taiwan under industry 4.0 and sustainability development transition. Furthermore, Müller et al. (2018) conducted a survey in German manufacturing companies to investigate the relevance of Industry 4.0 opportunities and challenges in the implementation of Industry 4.0 in the context of sustainability. As one of the key technology in industry 4.0, Dubey et al. (2016) focused on the big data and investigated the role of it in supporting world class sustainable manufacturing. They conducted a survey study in social networking sites and presented a conceptual framework for future studies (Dubey et al., 2016).

To deal with the social challenge in Industry 4.0, Stock and Seliger (2016) suggested three different sustainable approaches, which are; (1) using new ICT technologies to increase training efficiency of employees, (2) fostering creativity and increasing intrinsic motivation by launching new CPS based approaches in work design, and (3) implementing individual incentive systems for the employees in order to increase extrinsic motivation. Moreover, Chaim et al. (2018) also focused on the social and environmental dimensions of sustainability and discussed using these metrics under these dimensions in a virtual learning environment in industry 4.0. They investigated the potential advantages and disadvantages of these metrics in learning, education, and training of employees in the context of industry 4.0 (Chaim et al., 2018).

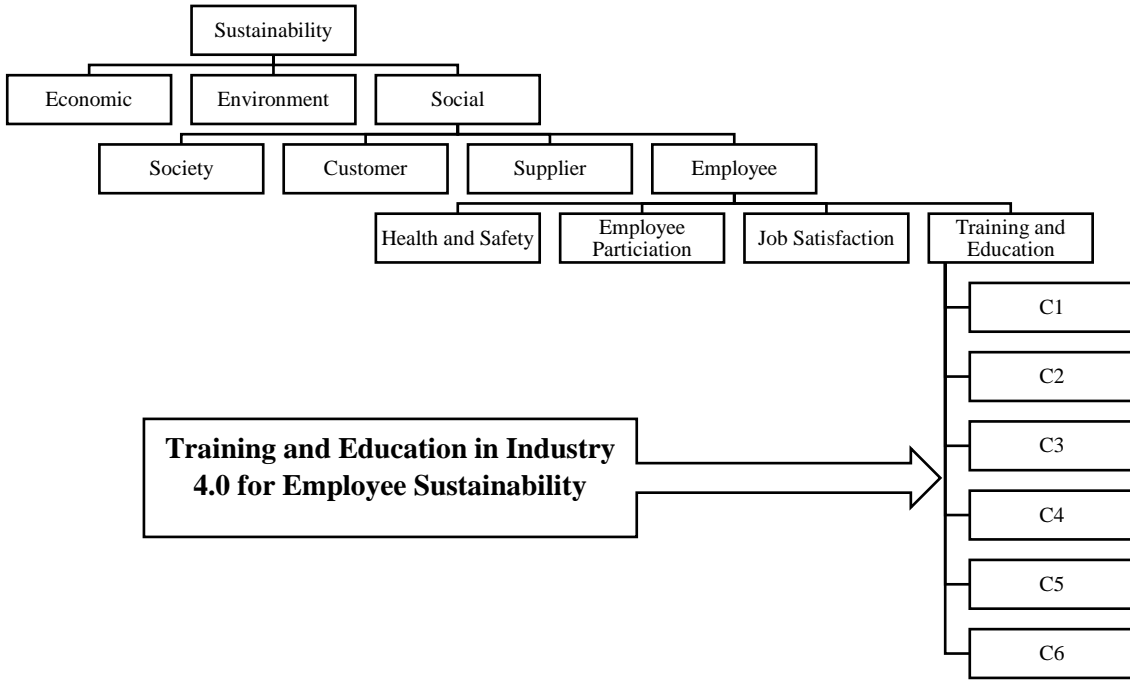
As mentioned in the introduction part, this study also focused on the social dimension of sustainability. Literature review related to social sustainability, and sustainability and industry 4.0 are combined in the following section.

### **3. TRAINING AND EDUCATION IN INDUSTRY 4.0 FOR EMPLOYEE SUSTAINABILITY**

As presented in the literature review part; training and education, health and safety, employee satisfaction/participation are some of the most common social sustainability indicators, from employee point of view, the literature. When these most common indicators are considered, in order to narrow the research area, training and education is selected in this study to examine in the context of social sustainability in industry 4.0. Although there are some studies, which focus on changes in training and education practices in industry 4.0 environment (Jaschke, 2014; Gebhardt et al., 2015; Pfeiffer, 2015; Schuster et al., 2016; Chaim et al., 2018; ), to the best of our knowledge, none of these studies focused on training and education in industry 4.0 in a view of social sustainability. In this study, criteria for training and education in industry 4.0 for employee sustainability are modified from the works of Stock and Seliger (2016), Hülsman (2018), and Chaim et al. (2018) as follows:

- *Human machine interaction by cyber-representation (C1)*
- *Data driven skills for process automation (C2)*
- *CPS-based approaches of work design (C3)*
- *Supporting decentralized decision making by using new ICT technologies (C4)*
- *Preparing to handle emergencies by data-based 3D environment (C5)*
- *Know-how transfer for transformation of production methods (C6)*

In Figure 1. Steps that followed in this study are shown. According to the figure firstly three main dimension of sustainability including economic, environment, and social are given. Due to the content of this paper, only social dimension is extended by covering main stakeholders. Since employee sustainability is the main focus area, four main indicator of employee sustainability that are mostly used in the literature are shown. Criteria under training and education are composed from the literature related to training and education in industry 4.0.



**Figure 1. Training and Education in Industry 4.0 for Employee Sustainability**

In order to present causal relationship between criteria that are explained above, one of multi criteria decision making method (MCDM), fuzzy TISM method is used in this study. In the next section, details of fuzzy TISM method are given.

#### 4. FUZZY TISM METHOD

Fuzzy theory was developed by Zadeh in 1970 to deal with vagueness and uncertainties of the real world. It is based on presenting vagueness by using numbers between 0 and 1. Defuzzification is essential to convert fuzzy numbers into crisp values. Converting Fuzzy data into Crisp Scores (CFCS) is one of a well-known defuzzification method which was proposed by Opricovic and Tzeng (2003). Left and right scores are determined by fuzzy maximum and fuzzy minimum in CFCS and the total score is calculated as a weighted average. Let  $\tilde{A} = (l_k, m_k, u_k)$  indicate the fuzzy assessments of evaluator  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, p$ ) about the degree to which the criterion  $i$  affects the criterion  $j$ . Steps of the CFCS method are summarized as follows:

(1) First step includes the normalization process with following equations:

$$xl_{ij}^k = (l_{ij}^k - \min l_{ij}^k) / \Delta_{\min}^{\max},$$

$$xm_{ij}^k = (m_{ij}^k - \min l_{ij}^k) / \Delta_{\min}^{\max},$$

$$xr_{ij}^k = (r_{ij}^k - \min l_{ij}^k) / \Delta_{\min}^{\max},$$

Where;

$$\Delta_{\min}^{\max} = \max r_{ij}^k - \min l_{ij}^k.$$

(2) In the second step, left and right values are compared:

$$xls_{ij}^k = xm_{ij}^k / (1 + xm_{ij}^k - xl_{ij}^k),$$

$$xrs_{ij}^k = xr_{ij}^k / (1 + xr_{ij}^k - xm_{ij}^k).$$

(3) In the third step total normalized crisp value is calculated:

$$x_{ij}^k = \left[ xls_{ij}^k (1 - xls_{ij}^k) + xrs_{ij}^k xrs_{ij}^k \right] / \left[ 1 - xls_{ij}^k + xrs_{ij}^k \right]$$

(4) In the fourth step crisp values are calculated:

$$z_{ij}^k = \min l_{ij}^k + x_{ij}^k \Delta_{\min}^{\max}$$

Interpretive structural modelling (ISM) is a widely used multi-criteria decision making technique, which investigates relation between criteria for a specific problem. However, ISM lacks in providing explanation on interpreting the structure links (Jain and Raj, 2015). To overcome this, total interpretive structural modelling (TISM) is derived from ISM, which is an enhanced version and shows both direct and transitive relationships between criteria to make structural model totally interpretive.

Main steps of the TISM method are summarized by Khatwani et al. (2015) as; developing SSIM and reachability matrix, transitivity check on reachability matrix, reachability matrix partition, creating digraph for TISM and final TISM model.

To deal with vagueness, in this study fuzzy TISM is used, where fuzzy numbers are used while evaluating relationship between criteria instead of crisps numbers. Following steps of the fuzzy TISM are adapted from Khatwani et al. (2015).

TISM method starts with the decision making process. Problems an goals are defines and significant information are gathered and alternatives are defined in this phase. Then, experts are required to evaluate goals and to be sure that decision goals are achieved by using group knowledge. The second step of the method is the selection of the criteria. These criteria are planned to investigated in terms of their relationship with each other. To deal with the uncertainty in judgements linguistic terms which are given in Table 2 with their fuzzy linguistic values are used. Li's (1999) linguistic scale is used for this study.

**Table 2. Linguistic Assessment Terms and Triangular Fuzzy Numbers**

Linguistic Assessment Terms	Triangular Fuzzy Numbers
Very high influence (VH)	(0.75, 1, 1)
High influence (H)	(0.5, 0.75, 1)
Low influence (L)	(0.25, 0.5, 0.75)
Very low influence (VL)	(0, 0.25, 0.5)
No influence (No)	(0, 0, 0.25)

The third step is gathering responses and creating SSIM Matrix. In this part, separate evaluation of experts are collected and gathered to create SSIM matrix. Experts have four options while making judgements, which are represented by V, A, X and O. Moreover, participants also need to use linguistic assessments, explained above, VH, H, L, VL and No. Options of participants are explained in Table 3.

**Table 3. Options for Expert Judgements**

	Relationship from:	
	i to j	j to i
V	✓	x
A	X	✓
X	✓	x
O	X	x

Next step is the calculation of aggregated SSIM and final fuzzy reachability matrix, where mode is used to aggregate evaluations of experts, which is based on pooling highest frequencies together in aggregated SSIM matrix. After that, aggregated SSIM matrix is transformed into fuzzy reachability matrix and linguistic terms are replaced by corresponding fuzzy values. In Table 4, potential situations are summarized during creation of final fuzzy reachability matrix.



**Table 4. Linguistic Assessments and Fuzzy Numbers for Potential Responses**

	Denotation		Fuzzy Triangular Numbers			Fuzzy Triangular Numbers
<b>IF</b>	V(VH)	(i, j)	(0.75, 1, 1)	<b>THEN</b>	(j, i)	(0, 0, 0.25)
	V(H)	(i, j)	(0.5, 0.75, 1)		(j, i)	(0, 0, 0.25)
	V(L)	(i, j)	(0.25, 0.5, 0.75)		(j, i)	(0, 0, 0.25)
	V(VL)	(i, j)	(0, 0.25, 0.5)		(j, i)	(0, 0, 0.25)
	A(VH)	(i, j)	(0, 0, 0.25)		(j, i)	(0.75, 1, 1)
	A(H)	(i, j)	(0, 0, 0.25)		(j, i)	(0.5, 0.75, 1)
	A(L)	(i, j)	(0, 0, 0.25)		(j, i)	(0.25, 0.5, 0.75)
	A(VL)	(i, j)	(0, 0, 0.25)		(j, i)	(0, 0.25, 0.5)
	X(VH)	(i, j)	(0.75, 1, 1)		(j, i)	(0.75, 1, 1)
	X(H)	(i, j)	(0.5, 0.75, 1)		(j, i)	(0.5, 0.75, 1)
	X(L)	(i, j)	(0.25, 0.5, 0.75)		(j, i)	(0.25, 0.5, 0.75)
	X(VL)	(i, j)	(0, 0.25, 0.5)		(j, i)	(0, 0.25, 0.5)
	X(VH, H)	(i, j)	(0.75, 1, 1)		(j, i)	(0.5, 0.75, 1)
	X(VH, L)	(i, j)	(0.75, 1, 1)		(j, i)	(0.25, 0.5, 0.75)
	X(VH, VL)	(i, j)	(0.75, 1, 1)		(j, i)	(0, 0.25, 0.5)
	X(H, VH)	(i, j)	(0.5, 0.75, 1)		(j, i)	(0.75, 1, 1)
	X(H, L)	(i, j)	(0.5, 0.75, 1)		(j, i)	(0.25, 0.5, 0.75)
	X(H, VL)	(i, j)	(0.5, 0.75, 1)		(j, i)	(0, 0.25, 0.5)
	X(L, VH)	(i, j)	(0.25, 0.5, 0.75)		(j, i)	(0.75, 1, 1)
	X(L, H)	(i, j)	(0.25, 0.5, 0.75)		(j, i)	(0.5, 0.75, 1)
	X(L, VL)	(i, j)	(0.25, 0.5, 0.75)		(j, i)	(0, 0.25, 0.5)
	X(VL, VH)	(i, j)	(0, 0.25, 0.5)		(j, i)	(0.75, 1, 1)
	X(VL, H)	(i, j)	(0, 0.25, 0.5)		(j, i)	(0.5, 0.75, 1)
	X(VL, L)	(i, j)	(0, 0.25, 0.5)		(j, i)	(0.25, 0.5, 0.75)
O(No)	(i, j)	(0, 0, 0.25)	(j, i)	(0, 0, 0.25)		

The final step of the method is the calculation of driving power and dependence for MICMAC analysis. In this part, rows and columns of fuzzy reachability matrix are summed to calculate driving power and dependence. CFCS is applied for defuzzification by using equations 1 to 4. These values are used to draw driving power and dependence matrix.

### 5. IMPLEMENTATION OF THE STUDY

Fuzzy TISM method was implemented in this study in order to present causal relationship between 6 criteria, which were presented in the previous section. Implementation of the study was conducted by the participation of 3 experts, who are currently working Industry 4.0 transformation in different organizations. As explained in the methodology part, firstly experts were asked to make pairwise evaluation between criteria by using the linguistic scale. After that, evaluation of experts were aggregated in a SSIM matrix, which is given in Table 5.

**Table 5. Aggregated SSIM Matrix**

	C6	C5	C4	C3	C2
C1	N	X(L, VL)	V(H)	X(H)	X(H)
C2	X(H)	V(VL)	X(H)	X(VH)	
C3	X(VH)	V(VL)	X(L)		
C4	O(H)	O(H)			
C5	O(L)				

The next step of the implementation consists of converting the aggregated SSIM matrix into fuzzy reachability matrix, which is shown in Table 6.

**Table 6. Fuzzy Reachability Matrix**

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1		H	H	H	L	NO
C2	H		VH	H	VL	H
C3	H	VH		L	VL	VH
C4	NO	H	L		NO	NO
C5	VL	NO	NO	H		L
C6	NO	H	VH	H	NO	

Then, fuzzy reachability matrix is presented with fuzzy numbers by using explanations in Table 3. CFCS method is used for defuzzification and crisp values are calculated. In table 7, summary of the results including dependence, driving power and crisp value are shown. While dependence values represent the sum of columns, driving power values represent the sum of rows.

**Table 7. Summary of the Results including Dependence, Driving Power and Crisp Value**

	C1			C2			C3			C4			C5			C6			**			#
C1	0	0	0.25	0.5	0.75	1	0.5	0.75	1	0.5	0.75	1	0.25	0.5	0.75	0	0	0.25	1.75	2.75	4.25	2.767
C2	0.5	0.75	1	0	0	0.25	0.75	1	1	0.5	0.75	1	0	0.25	0.5	0.5	0.75	1	2.25	3.50	4.75	3.467
C3	0.5	0.75	1	0.75	1	1	0	0	0.25	0.25	0.5	0.75	0	0.25	0.5	0.75	1	1	2.25	3.50	4.50	3.467
C4	0	0	0.25	0.5	0.75	1	0.25	0.5	0.75	0	0	0.25	0	0	0.25	0	0	0.25	0.75	1.25	2.75	1.367
C5	0	0.25	0.5	0	0	0.25	0	0	0.25	0.5	0.75	1	0	0	0.25	0.25	0.5	0.75	0.75	1.50	3.00	1.600
C6	0	0	0.25	0.5	0.75	1	0.75	1	1	0.5	0.75	1	0	0	0.25	0	0	0.25	1.75	2.50	3.75	2.533
*	1.000	1.750	3.250	2.250	3.250	4.500	2.250	3.250	4.250	2.250	3.500	5.000	0.250	1.000	2.500	1.500	2.250	3.500				
#	1.833			3.233			3.233			3.467			1.133			2.300						

\* Dependence; \*\* Driving Power; # Crisp Value

In the following step of TISM implementation, Driving Power and Dependence Matrices (MICMAC) is drawn by using values from final fuzzy reachability matrix. In this matrix, there are four different zones named as Autonomous (I), Dependents (II), Linkage (III) and Independent (Driver) (IV).

In the autonomous area, criteria which neither affects nor are affected from others are located. In the dependent area, criteria which are affected by others but do not affect them are seen. Moreover, criteria which are affected and also affect other criteria are located in the linkage area. Finally, criteria that belong to the independent area affect other criteria but they are not affected by them. In Figure 2, MICMAC based on fuzzy reachability matrix is presented.

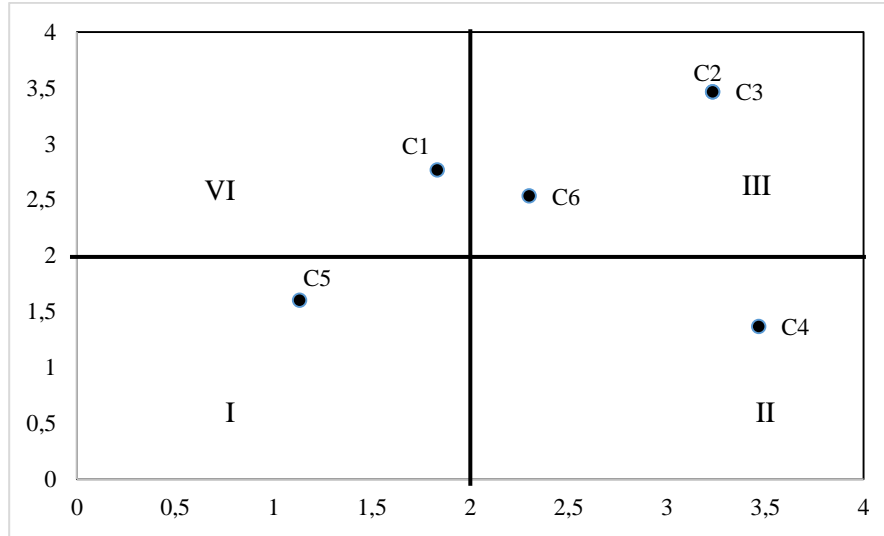


Figure 2. MICMAC Based on Fuzzy Reachability Matrix

According to the results of TISM implementation, only, preparing to handle emergencies by data-based 3D environment (C5) belongs to the autonomous area, and in the dependents area, supporting decentralized decision making by using new ICT technologies (C4) is appeared. On the other hand, data driven skills for process automation (C2), CPS-based approaches of work design (C3), and know-how transfer for transformation of production methods (C6) are located in linkage area. Finally, human machine interaction by cyber-representation (C1) is the only criteria appeared in independent area. These numerical results are discussed in the following section.

## 6. DISCUSSIONS AND CONCLUSIONS

According to the results it is revealed that supporting decentralized decision making by using new ICT technologies (C4) is on the dependent region. From managerial point of view, the success of decentralizing decision making process depends upon the data driven skills of the employee in order to transform them to decision makers; new work design is required to be in line with process automation and human machine interaction is crucial to sustain the flow of data. Hence, the training programs should reflect the need and importance of decentralised decision making and able to transform this notion to employee.

Data driven skills for process automation (C2), CPS-based approaches of work design (C3), and know-how transfer for transformation of production methods (C6) are located in linkage area, this implies that the data driven skills will shape the capabilities of the employee and the business process reengineering shall be used to revise work design and it should be based on improving human machine interaction. Hence, within the training programs, the educational materials should be based on the data driven skills, how the work design has changed should be emphasized and importance of know-how for production method transformation should be highlighted.

Human machine interaction by cyber-representation (C1) is the only criteria appeared in independent area shall be evaluated from managerial point of view as the medium of communication where the current communication should be revised accordingly. Thus, training programs should practical education on human machine interaction by cyber-representation.

Handle emergencies by data-based 3D environment (C5) belongs to the autonomous area, revealing that the it is not affecting nor being affected from other criteria, presenting that it is an important but rather unique and independent part of the training.

In conclusion, this study aimed to focus on employee sustainability from training and education perspective in the Industry 4.0 transition. To do so, criteria related to training and education practices with a sustainability point of view in Industry 4.0 were structured and fuzzy TISM method was used to present causal relationship between these criteria in order to present key points to prepare employees for Industry 4.0 transition with training programs with a view of social sustainability. For future studies, criteria may be extended for training and education. Moreover, other social sustainability indicators such as health and safety, job satisfaction, employee participation can be investigated under Industry 4.0.

## 7. REFERENCES

- Amrina, E., & Vilsı, A. L. (2015). Key performance indicators for sustainable manufacturing evaluation in cement industry. *Procedia CIRP*, 26, 19-23.
- Amrina, E., & Yusof, S. M. (2011, December). Key performance indicators for sustainable manufacturing evaluation in automotive companies. In *Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2011 IEEE International Conference on*(pp. 1093-1097). IEEE.
- Baffoe, G., & Mutisya, E. (2015). Social sustainability: a review of indicators and empirical application. *Environmental Management and Sustainable Development*, 4(2), 242-262.
- Brent, A., & Labuschagne, C. (2006). Social indicators for sustainable project and technology life cycle management in the process industry (13 pp+ 4). *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 11(1), 3-15.
- Chaim, O., Muschard, B., Cazarini, E., & Rozenfeld, H. (2018). Insertion of sustainability performance indicators in an industry 4.0 virtual learning environment. *Procedia Manufacturing*, 21, 446-453.
- de Man, J. C., & Strandhagen, J. O. (2017). An Industry 4.0 Research Agenda for Sustainable Business Models. *Procedia CIRP*, 63, 721-726.
- de Sousa Jabbour, A. B. L., Jabbour, C. J. C., Foropon, C., & Godinho Filho, M. (2018). When titans meet– Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 18-25.
- Dubey, R., Gunasekaran, A., Childe, S. J., Wamba, S. F., & Papadopoulos, T. (2016). The impact of big data on world-class sustainable manufacturing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 84(1-4), 631-645
- Fatorachian, H., & Kazemi, H. (2018). A critical investigation of Industry 4.0 in manufacturing: theoretical operationalisation framework. *Production Planning & Control*, 1-12.
- Gebhardt, J., Grimm, A., & Neugebauer, L. M. (2015). Developments 4.0-Prospects on future requirements and impacts on work and vocational education. *Journal of Technical Education (JOTED)*, Jg, 3, 117-133.
- Helleno, A. L., de Moraes, A. J. I., & Simon, A. T. (2017). Integrating sustainability indicators and Lean Manufacturing to assess manufacturing processes: Application case studies in Brazilian industry. *Journal of cleaner production*, 153, 405-416.
- Hülsman, T. (2018) New ways of learning for Industry 4.0. *Global Gate* [https://www.mta.org.uk/system/files/resource/downloads/Session4a\\_14%20%20GlobalGate\\_Skills.pdf](https://www.mta.org.uk/system/files/resource/downloads/Session4a_14%20%20GlobalGate_Skills.pdf)
- Husgafvel, R., Pajunen, N., Virtanen, K., Paavola, I. L., Päälyssaho, M., Inkinen, V., ... & Ekroos, A. (2015). Social sustainability performance indicators–experiences from process industry. *International Journal of Sustainable Engineering*, 8(1), 14-25.
- Hutchins, M. J., & Sutherland, J. W. (2008). An exploration of measures of social sustainability and their application to supply chain decisions. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1688-1698.
- Jaschke, S. (2014, December). Mobile learning applications for technical vocational and engineering education: The use of competence snippets in laboratory courses and industry 4.0. In *Interactive Collaborative Learning (ICL), 2014 International Conference on* (pp. 605-608). IEEE.
- Joung, C. B., Carrell, J., Sarkar, P., & Feng, S. C. (2013). Categorization of indicators for sustainable manufacturing. *Ecological indicators*, 24, 148-157.
- Leeuw, V. (2013) “Social Sustainability for the Factory of the Future” *ARC Insight*
- Lin, K. C., Shyu, J. Z., & Ding, K. (2017). A Cross-Strait Comparison of Innovation Policy under Industry 4.0 and Sustainability Development Transition. *Sustainability*, 9(5), 786.
- Linke, B. S., Corman, G. J., Dornfeld, D. A., & Tönissen, S. (2013). Sustainability indicators for discrete manufacturing processes applied to grinding technology. *Journal of Manufacturing Systems*, 32(4), 556-563.
- Müller, J. M., Kiel, D., & Voigt, K. I. (2018). What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability. *Sustainability*, 10(1), 247.
- Ngjeqari, V. (2016). *The Sustainable Vision of Industry 4.0*. University of Vienna.
- Pfeiffer, S. (2015). Effects of Industry 4.0 on vocational education and training (ITA manu: script 15-04).
- Pope, J., Annandale, D., & Morrison-Saunders, A. (2004). Conceptualising sustainability assessment. *Environmental impact assessment review*, 24(6), 595-616.
- Popovic, T., Barbosa-Póvoa, A., Kraslawski, A., & Carvalho, A. (2018). Quantitative indicators for social sustainability assessment of supply chains. *Journal of Cleaner Production*.
- Prause, G. (2015). Sustainable Business Models and Structures For Industry 4.0. *Journal of Security & Sustainability Issues*, 5(2).

- Rajak, S., & Vinodh, S. (2015). Application of fuzzy logic for social sustainability performance evaluation: a case study of an Indian automotive component manufacturing organization. *Journal of Cleaner Production*, 108, 1184-1192.
- Schuster, K., Groß, K., Vossen, R., Richert, A., & Jeschke, S. (2016). Preparing for industry 4.0–collaborative virtual learning environments in engineering education. In *Engineering Education 4.0* (pp. 477-487). Springer, Cham.
- Song, Z., & Moon, Y. (2017). Assessing sustainability benefits of cybermanufacturing systems. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90(5-8), 1365-1382.
- Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. *Procedia Cirp*, 40, 536-541.
- Székely, F., & Knirsch, M. (2005). Responsible leadership and corporate social responsibility:: Metrics for sustainable performance. *European Management Journal*, 23(6), 628-647.
- Yin, Y., Stecke, K. E., & Li, D. (2018). The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 848-861.
- Zhang, Y. (2017) “Social Sustainability in Manufacturing”  
<https://www.politesi.polimi.it/bitstream/10589/137099/1/Social%20sustainability%20in%20Manufacturing.pdf>

## INTEGRATED APPROACH FOR SELECTING OF ELECTRICITY GENERATION SOURCES FOR AN ELECTRIC COMPANY

Miraç Cemre Öztürk

Istanbul Technical University

Fatih Aydoğan

Istanbul Technical University

Gökhan Aldemir

Istanbul Technical University

Ferhan Çebi

Istanbul Technical University

### ABSTRACT

Energy is a strategic issue by having a significant importance in countries' development policies. Energy demand increases fastly with population, industry, and developing technologies in result increases the importance of energy and energy policies. Solid and accurate energy demand forecasts are needed to build these policies in the right direction and maximum effectiveness. By doing research on artificial neural network which are widely used for demand forecasting in energy sector, artificial neural network model is built on GDP, imports, exports, population, and growth rate for Turkey with the data of energy demand between 1975-2016. Afterwards, by using these forecastings, an investment decision support model for resources' uses modelling Analytic Hierarchy Process (AHP) for an electricity company for 2017-2030 is built. Finally, a mathematical model is set to put forward an integrated approach for energy investment problem.

**Keywords:** *artificial neural network, electricity generation, integrated approach.*

## 1. INTRODUCTION

Energy is, in its most general definition, the ability or capacity to do work. It is a necessity to put forward a product or service. It is also one of the basic requirements to have a wealthier society and country, especially for developing countries (Şahin, 1994).

Energy sector has a highly strategic importance for countries' economical and political policies. With the increasing consumption of energy day by day, its importance increases more and more by some of its characters. Moreover, the distribution of energy resources over the world is not equal at all and capacity of countries that may use and produce renewable and sustainable energy resources is also not distributed equally which makes the energy crucial (Çakır,2008).

In this content, to build effective and right energy policies, countries should know their region's properties for energy resources and having predictions for future demands of energy is essentially needed.

The aim of this study is forecasting electricity demands for Turkey between 2017 and 2030 and by using this output as input, a mathematical model for an investment decision support is set to show how to make an investment decision in the light of this information. Artificial neural networks (ANN) models can forecast outputs successfully and can model non-linear problems easily. Thanks to these benefits, artificial neural networks method are widely used in energy sector.

This study consists of four parts which are introduction, literature review, methodology and conclusions and recommendations. In the methodology part, first Turkey's electricity demand is forecasted by ANN, then the output of ANN is used input for AHP. Then, the three alternatives with highest score are selected to use in mathematical model to choose the best alternative for investment of electricity company. Finally, we give some important recommendations for future researchs.

## 2. LITERATURE REVIEW

Artificial neural networks are a flexible and non-parametric modeling tool. Artificial neural networks are known to be a method developed by simulation of brain cognitive learning process. It is shown to be quite effective in complex problems. There are many probing solutions such as prediction, classification, clustering. The most important feature of neural networks is that complex systems can come up with probing solutions through learning based on past knowledge (Öztemel, 2012).

Artificial neural networks are made up of simple elements connected in parallel. These elements are similar to the biological nervous system. The network function is the major link between these elements. By adjusting the weight values of the elements connected to each other, the network is trained to perform a certain function. Thus, a network output is produced corresponding to a certain input (Öztemel, 2012).

Many probing solutions can be found with artificial neural networks. Different network structures are used to solve each problem. The decision maker determines which problem type and which network is more appropriate (Öztemel, 2012).

Multilayer Perceptron Model was developed by the Rumelhart et al (Bourland, 1988). This model is also called the error diffusion model or the back-propagation model. This algorithm is a powerful learning algorithm that is used in artificial neural networks with an intermediate layer. The algorithm makes it possible to use artificial neural networks to learn the relationship between complex, nonlinear and process parameters. The artificial nerve cells created by mimicking the biological nerve cell come together to form the artificial neural network in 3 layers. These layers are input, output and intermediate layers. The input layer receives the information provided from the outside and transmits it to the intermediate layer. The processed information in the middle layer is sent to the output layer. They get output that should be produced for the sample set presented from the input layer at the output layer. It facilitates the learning process by classifying the data within itself. The net weights had to be set to get accurate output during the learning process. The learning of the MP network is a generalized version of the Delta Learning Rule based on the rule of least squares. Therefore, the rule of learning is also called "Generalized Delta Rule". In order to reduce the difference between the actual output value and the desired output value of a neuron according to the "Delta Rule" used in the backpropagation algorithm, it is an idea-based rule to continuously adjust and improve the input connections. This rule has optimum values for weights by continuously changing the connection weights during learning. In this network structure, "Teacher Learning" method is used. Each vector associated with target output values in teacher learning is presented to the network for network learning. The weights are corrected based on the specified learning rule (Öztemel, 2012).

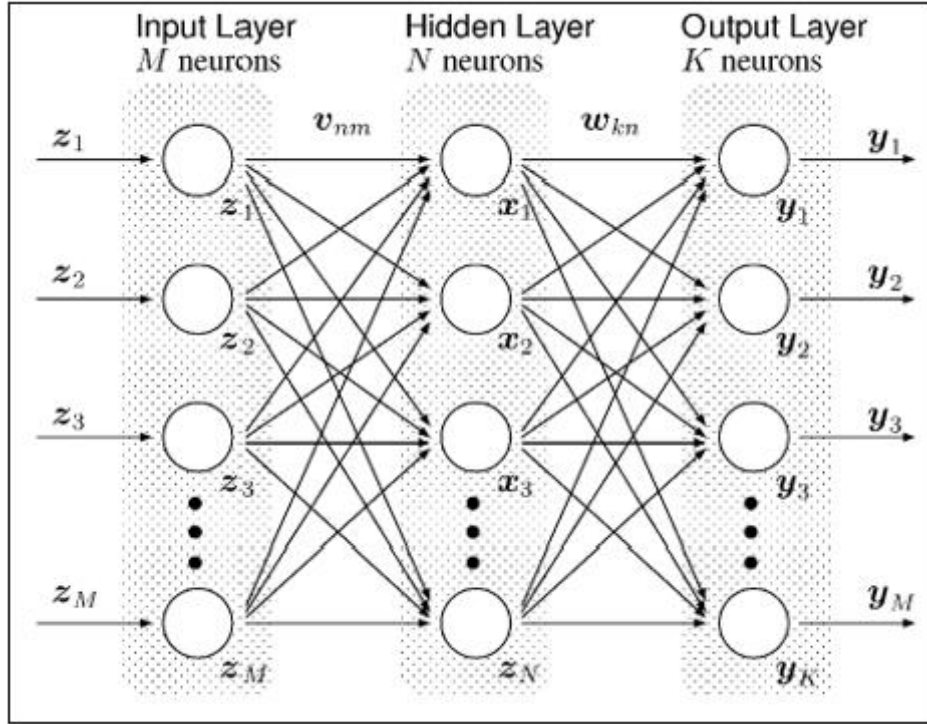


Figure 1. General Artificial Neural Network Model (Öztemel, 2012).

### 3. METHODOLOGY

#### ANN Model for Demand Forecasting

In literature researchs, demand forecasting methods based on cause and effect relations by using ANN methods can utilize different inputs. GDP, imports, exports, population, growth rate are most common used inputs to build the ANN model for electricity demand forecasting. The inputs for ANN model can be seen at Table 1 below.



**Table 1. Inputs for ANN**

	Growth Rate	Imports (000\$)	Exports (000 \$)	Population (000)	GDP (US\$)	Electricity Consumption(kWh)
1975	6,06	4738558,086	1401075,185	40026	44633707243	15622800000
1976	9	5128647,053	1960214,496	40916	5,12801E+11	18282800000
1977	2,99	5796277,813	1753026,027	41769	58676813687	20564600000
1978	1,23	4599024,565	2288162,689	42641	65147022486	21726100000
1979	-0,49	5069431,611	2261195,302	43531	89394085658	22521900000
1980	-2,78	7909364,105	2910121,619	44439	68789289566	23275400000
1981	4,81	8933373,864	4702934,406	45540	71040020140	24672800000
1982	3,09	8842665,488	5745973,37	46688	64546332581	26551500000
1983	4,21	9235002,089	5727833,673	47864	61678280115	27346800000
1984	7,11	10757032,35	7133603,594	49070	59989909458	30613500000
1985	4,3	11343376,35	7958009,699	50307	67234948265	34218900000
1986	6,76	11104771,29	7456725,601	50186	75728009963	39694800000
1987	9,81	14157806,91	10190049,42	51168	87172789528	44352900000
1988	1,45	14335397,81	11662024,12	52125	90852814005	48048800000
1989	1,63	15792142,91	11624691,72	53065	1,00695E+11	52043200000
1990	9,37	22302125,59	12959287,61	53994	1,08861E+11	49306157143
1991	0,35	21047013,87	13593462,02	54911	1,17028E+11	51723286786
1992	6,4	22871055,11	14714628,83	55815	1,25194E+11	54140416429
1993	8,14	29428369,53	15345066,89	56713	1,3336E+11	56557546071
1994	-6,08	23270019,03	18105872,08	57613	1,41527E+11	58974675714
1995	7,95	35709010,77	21637040,88	58522	1,49693E+11	61391805357
1996	7,12	43626642,5	23224464,97	59442	1,57859E+11	63808935000
1997	8,29	48558720,67	26261071,55	60372	1,66026E+11	66226064643
1998	3,86	45921391,9	26973951,74	61308	1,74192E+11	68643194286
1999	-3,4	40671272,03	26587224,96	62243	1,82358E+11	71060323929
2000	6,8	54502820,5	27774906,05	64729	1,90525E+11	73477453571
2001	-5,7	41399082,95	31334216,36	65603	1,98691E+11	75894583214
2002	6,2	51553797,33	36059089,03	66401	2,06858E+11	78311712857
2003	5,3	69339692,06	47252836,3	67187	2,15024E+11	80728842500
2004	9,4	97539765,97	63167152,82	68010	2,2319E+11	83145972143
2005	8,4	116774150,9	73476408,14	68860	2,31357E+11	85563101786
2006	6,9	139576174	85534676	69729	2,39523E+11	87980231429
2007	4,7	170062714,5	107271749,9	70586	2,47689E+11	90397361071
2008	0,7	201963574,1	132027195,6	71517	2,55856E+11	92814490714
2009	-4,8	140928421,2	102142612,6	72561	2,64022E+11	95231620357
2010	9,2	185544331,9	113883219,2	73722	2,72188E+11	97648750000
2011	8,5	240841676,3	134906868,8	74724	2,80355E+11	1,00066E+11
2012	2,1	236545140,9	152461736,6	75627	2,88521E+11	1,02483E+11
2013	4,1	2516611250	151802637,1	76667	2,96688E+11	1,049E+11
2014	2,9	242177117,1	157610157,7	77695	3,04854E+11	1,07317E+11
2015	4	207234358,6	143838871,4	78741	3,1302E+11	1,09734E+11
2016	3	198618235	142529583,8	79814	3,21187E+11	1,12152E+11

70% of inputs are used for learning algorithm, 15% of them are used for cross validation of the model and 15% of them are used for testing. For these percentages, literature researchs are taken into consideration and by using trial and error approaches (Zhang et al., 1998).

There are five independent variables for inputs and one dependent variable for output of the model. According to literature survey, we noted that one hidden layer is mostly enough to get succesful results. Hidden layer activation function and output layer activation function is chosen TanhAxon. Learning rule function is chosen Levenbergmarquardt. The results are below at the Figure 2, when the model is run for 5000 max epochs. Table 2 shows the change in the inputs between years 2017 and 2030.

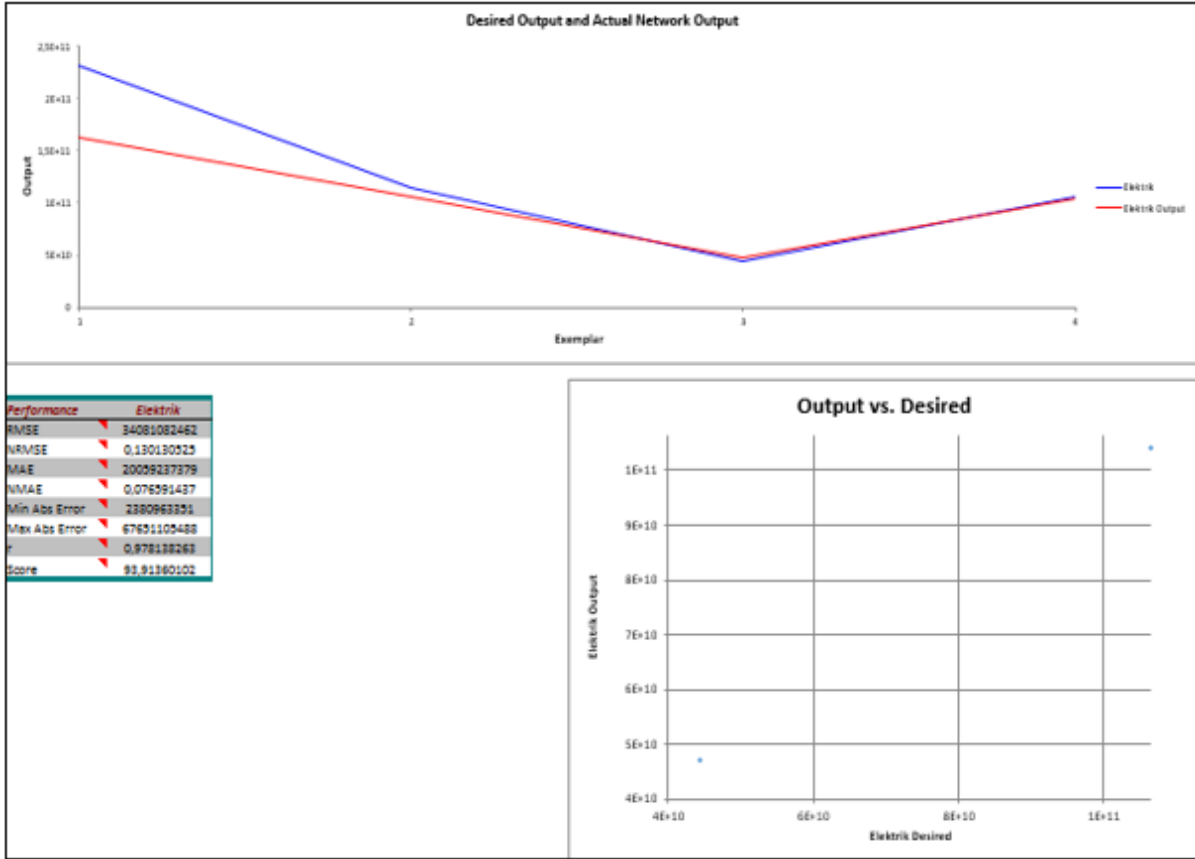


Figure 2: Results of ANN

Table 2: Change the inputs between years 2017 and 2030

	Growth Rate	Imports (000 \$)	Exports (000 \$)	Population(000)	GDP (US\$)
2017	4,161	222210851	150468893	80441	805480000000
2018	4,163	228163725	154336492	81411	827940000000
2019	4,165	234116599	158204091	82381	850400000000
2020	4,167	240069473	162071690	83351	872860000000
2021	4,169	246022347	165939289	84321	895320000000
2022	4,171	251975221	169806888	85291	917780000000
2023	4,173	257928095	173674487	86261	940240000000
2024	4,175	263880969	177542086	87231	962700000000
2025	4,177	269833843	181409685	88201	985160000000
2026	4,179	275786717	185277284	89171	1007620000000
2027	4,181	281739591	189144883	90141	1030080000000
2028	4,183	287692465	193012482	91111	1052540000000
2029	4,185	293645339	196880081	92081	1075000000000
2030	4,187	299598213	200747680	93051	1097460000000

### AHP Model for Investment Decision

After ANN, an AHP model is set to determine the best three energy generation alternatives to use them input for the mathematical model for electricity generation investment decision. There are ten criteria that are used for AHP model. The short definitions of alternatives will be given below. To finalize AHP and reach the weights and final ratings, Saaty's 1-9 scale is used in this study. Table 3 shows the results of AHP model below.

**Table 3. Weights of Criteria**

CRITERIA	E	SR	CF	IC	OMC	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	LU	SA	JC	WEIGHT	RANK
E	1	0.33	5.00	3.00	1.00	3.00	3.00	7.00	1.00	5.00	15.9%	3
SR	3.00	1	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	5.00	3.00	24.0%	1
CF	0.20	0.33	1	0.20	0.20	0.33	0.33	3.00	0.33	1.00	3.4%	9
IC	0.33	0.33	5.00	1	1.00	5.00	5.00	5.00	3.00	5.00	15.2%	4
OMC	1.00	0.33	5.00	1.00	1	5.00	5.00	5.00	3.00	5.00	16.1%	2
NO <sub>x</sub>	0.33	0.33	3.00	0.20	0.20	1	1.00	3.00	0.33	1.00	4.8%	7
CO <sub>2</sub>	0.33	0.33	3.00	0.20	0.20	1.00	1	3.00	0.33	3.00	5.5%	6
LU	0.14	0.33	0.33	0.20	0.20	0.33	0.33	1	0.33	0.33	2.5%	10
SA	1.00	0.20	3.00	0.33	0.33	3.00	3.00	3.00	1	3.00	8.9%	5
JC	0.20	0.33	1.00	0.20	0.20	1.00	0.33	3.00	0.33	1	3.7%	8

#### Criteria

According to experts, ten criteria used for AHP is efficiency, safety and reliability, capacity factor, investment cost, operation and maintenance cost, NO<sub>x</sub> emission, CO<sub>2</sub> emission, land use, social acceptability and job creation.

#### Alternatives

**Conventional energy:** Conventional energy is non-renewable energy sources such as oil and gas (Rai and Rai, 2004).

**Nuclear energy:** Nuclear energy can be released nuclear fission and nuclear fusion to produce electricity (Young-Brown, 2016).

**Solar energy:** Solar energy is the energy of the radiation emitted from the hydrogen to the helium atoms in the sun (Varınca and Gönüllü, 2006).

**Wind energy:** Wind energy is the kinetic energy conversion with the fast displacement of the air (Bilgili et al, 2010).

**Hydraulic energy:** Hydraulic energy is produced by the water which is stored in reservoirs and lakes at a high altitude so that it has gravitational potential energy.

**Biomass energy:** Biological organism plant or animal are used as the source for biomass energy.

**CHP energy:** Combined heat and power (CHP) system, also known as cogeneration is an integrated system approach to applying technologies to generate electricity .

**Table 4. Results of Factor Rating Method**

	Efficiency	Safety and Reliability	Capacity Factor	Investment Cost	Operation and Maintenance Cost	NOx Emission	CO2 Emission	Land Use	Social Acceptability	Job Creation	Total Score
	0,159	0,24	0,034	0,152	0,161	0,048	0,055	0,025	0,089	0,037	
Conventional	9	8	7	6	2	2	1	3	7	7	5,931
Nuclear	9	5	1	10	2	3	2	2	8	7	5,782
Solar	4	5	7	5	9	8	9	8	6	7	6,155
Wind	3	7	8	9	9	10	8	9	5	7	12,655
Hydraulic	7	8	7	5	3	1	3	5	8	8	5,86
Biomass	5	6	5	6	8	9	7	9	8	7	6,618
CHP	6	5	5	4	5	6	7	8	7	7	5,492

According to AHP and Factor Rating methods, wind, biomass and solar energy technologies are the best three alternatives at Table 7.

### Mathematical Model for Investment Decision

A multi-objective mathematical model is shown below according to the defined parameters and decision variables are shown at the figure below.

Parameters:

- $c_i$  : Unit electricity generation cost per kWh of the i. plant
- $o_i$  : Initial investment cost of plant i
- $a_i$  : Unit export return
- $b_i$  : Unit import return
- $e_i$  : The amount of carbon dioxide emission per unit production of plant
- $t_i$  : Maximum production capacity of plant i
- $d$  : Electricity demand (company demand)
- $h_i$  : Percentage of renewable energy generation in plant i
- $f_i$  : The amount of electricity to be produced if the i plant is opened
- $g$  : Percentage of market share targeted by company
- $D$  : Turkey's total electricity demand (data from neural network)

Decision Variables:

$x_i$  : Electricity production amount of plant i

$$y_i : \begin{cases} 1, & \text{if plant } i \text{ is opened} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$V_i$  : The amount of electricity exported by the plant i

$S_i$  : The amount of electricity imported by the plant i

Objective Functions:

$$\text{Min}(Z)_1 = \sum_i o_i y_i + \sum_i c_i x_i + \sum_i b_i S_i - \sum_i a_i V_i$$

$$\text{Min}(Z)_2 = \sum_i e_i x_i$$

Constraints:

$$x_i \leq t_i \quad ; \text{ for } \forall i \quad (1)$$

$$\sum_i (x_i + S_i - V_i) \geq d \quad (2)$$

$$\sum_i h_i x_i \geq 0,30 \quad (3)$$

$$x_i \leq My_i \quad (4)$$

$$f_i - x_i \leq M(1-y_i)$$

$$\sum_i (x_i + S_i - V_i) = g.D \quad (5)$$

$$x_i \geq 0, \quad (6)$$

$$V_i \geq 0, \quad (7)$$

$$S_i \geq 0, \quad (8)$$

$$y_i = \text{binary}(0 \text{ or } 1) \quad i=1,2,3 \quad (9)$$

The first objective function maximizes the cost of export electricity, while minimizing the initial investment cost, the total electricity production variable cost, the imported electricity cost when opening the alternative power plant. The second objective function allows to realize sustainable electricity generation by minimizing carbon dioxide emissions while generating electricity. First constraint indicates that the power plant cannot exceed the maximum production capacity. Second constraint shows that the amount of electricity produced and imported, excluding the exports, must meet the demand. Third constraint is for achieving the target of the Ministry of Energy and Natural Resources for 2023 is that 30 percent of the electricity produced must be renewable electricity. Fourth constraint is either-or constraint to ensure that electricity production is at least as much as the target value in case of opening for each power plant. Fifth constraint is that the company provides to produce to meet its target market share in Turkey's market. Constraints 6, 7, and 8 are non-negativity constraints for the amount of electricity produced, the amount of electricity exported, and the amount of electricity imported. Last constraint indicates that the decision variable for switching on or off the plant is binary variable.

#### 4. CONCLUSION AND RECOMMENDATION

Developing technology and increasing production rates, energy demand increases exponentially. In this content, to build effective and right energy policies, countries should know their region's properties for energy resources and having predictions for future demands of energy is essentially needed.

The aim of this study is forecasting electricity demands for Turkey between 2017 and 2030 and by using this output as input, a mathematical model for an investment decision support is set to show how to make an investment decision in the light of this information. In the methodology part, first Turkey's electricity demand is forecasted by ANN, then the output of ANN is used input for AHP. Then, the three alternatives with highest score are selected to use in mathematical model to choose the best alternative for investment of electricity company and mathematical model is solved by GAMS. According to the results of GAMS, wind alternative is the most logical decision for producing electricity and investment in Turkey. Same alternative is also best choice for AHP.

#### REFERENCES

- Bilgili, M., Şahin, B., & Şimşek, E. (2010). Türkiye'nin güney, güneybatı ve batı bölgelerindeki rüzgar enerjisi potansiyeli. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 30(1), 1-12.
- Çakır, O. (2008). The Relationship between Economic Development and Female Labor Force Participation within the Framework of U-Shaped Hypothesis: Evidence from Turkey.
- Bourlard, H., & Kamp, Y. (1988). Auto-association by multilayer perceptrons and singular value decomposition. *Biological cybernetics*, 59(4-5), 291-294.
- Öztemel, E. (2012). *Yapay Sinir Ağları*. PapatyaYayincilik, İstanbul.
- Rai, C. D., & Rai, C. D. (2004). *Non-conventional energy sources*. Khanna Publishers.
- Saaty, T. L. (1990). An exposition of the AHP in reply to the paper "remarks on the analytic hierarchy process". *Management science*, 36(3), 259-268.

- Şahin, A (1994). Look into Future in the Energy Sector: Supply, Demand and Policies TUSIAD publication, Istanbul
- Varınca, K. B., & Gönüllü, M. T. (2006). Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi, yöntemi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma. I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, 270-275.
- Young-Brown, F. (2016). Nuclear Fusion and Fission. Cavendish Square Publishing, LLC.
- Zhang G., Patuwo B.E., Hu M.Y., “Forecasting with Artificial Neural Networks:The State of the Art”, International Journal of Forecasting, 14 : 35-62 (1998).

## THE CONTENT ANALYSIS FOR DISCUSSION OF INDUSTRY 4.0 STUDIES

Emre Bilgin Sarı  
Dokuz Eylül Üniversitesi

Hilmi Yüksel  
Dokuz Eylül Üniversitesi

### ABSTRACT

The fourth industrial revolution, which emphasizes the point we have come to in the everyday industrial developments, requires the technological developments to be adapted to the production processes as quickly as possible. It will be inevitable that improvements such as cloud computing, cyber security, autonomous robots, internet of things, simulation, enhanced reality, augmented manufacturing and big data will affect quality, cost, productivity, labor force, stock amount in business dimension. The change expected in business models under the heading Industry 4.0 in this regard is creating current controversies. The aim of this study is to approach the manufacturing industry with the effect of industry 4.0, by making an assessment of the articles in the business and economic journals on which current debates are taking place. Findings under the main theme of Industry 4.0 are revealed by content analysis using the MAXQDA 12 qualitative data analysis program.

**Keywords:** *Content Analysis, Industry 4.0., Manufacturing Enterprises*

### ENDÜSTRİ 4.0 ÇALIŞMALARININ YARATTIĞI TARTIŞMALARA YÖNELİK İÇERİK ANALİZİ

#### ÖZET

Geçmişten günümüze, yaşanan endüstriyel gelişmelerde geldiğimiz noktayı vurgulayan dördüncü sanayi devrimi yaşanan teknolojik gelişmelerin üretim süreçlerine en hızlı şekilde adapte edilmesini gerektirmektedir. Bulut bilişim, siber güvenlik, otonom robotlar, nesnelerin interneti, simülasyon, artırılmış gerçeklik, eklemeli imalat, büyük veri gibi gelişmelerin işletme boyutunda kalite, maliyet, verimlilik, işgücü, stok miktarına etkisi de kaçınılmaz olacaktır. Bu konuda endüstri 4.0 başlığı altında iş modellerinde yaşanması beklenen değişim güncel tartışmalar yaratmaktadır. Bu çalışmanın amacı, üretim işletmelerinde yaşanan endüstri 4.0 etkisine, güncel tartışmaların konu alındığı iş ve ekonomi dergilerinde yer alan makaleler üzerinden bir değerlendirme yaparak yaklaşmaktır. MAXQDA 12 nitel veri analizi programı kullanılarak yapılan içerik analizi ile endüstri 4.0 ana teması altında yer alan bulgular ortaya çıkarılmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** *Endüstri 4.0., İçerik Analizi, Üretim İşletmeleri*

## I. INTRODUCTION

The intense changes that have arisen as the concept of the industry 4.0 has begun to work in the business world and the ongoing debate over these changes are becoming increasingly striking. The focus of these discussions is technological changes. The speed of the technological changes makes it difficult to follow and adapt them besides to make it possible to observe the influences provided by the technology. The pace of change in the agricultural period in which the traditional structure prevails and the pace of change in the postmodern period after the industrial revolution are very different from each other. It shows the speed of change in technology from the simple means of production that people use to change nature according to their wishes and needs in the historical process. Nowadays, the point reached by this speed is the place where it can achieve much more of the progress that has been experienced throughout history, and "Industry 4.0" is being discussed to be able to conceptualize the whole transformation together.

Industry 4.0, the digitalization of the physical world with the help of new technologies, is also the key to successful business models. Initially, process automation and on-line business models have been benefits of shifting technologies to horizontal and vertical integration. Then, shifting to digital operations in the supply chain, guiding the creation of flexible and integrated value chain networks, enrich the business's innovative product and service portfolio. Along with these developments, new business models are crossed.

The innovations described in Industry 4.0, such as digitization, autonomous robots, internet of thing, additive manufacturing, big data, etc., on businesses, are both pointing to the issues that need to be followed closely and creating new issues that may be on the way. Businesses that have seen and understand that it is difficult to maintain their existence without following the digital transformation have already started their work in this regard. But new business lines that can be created due to an axis sliding in business models are filled with opportunities as well. These topics are also discussed in business and economics journals and are intended to present different perspectives to the reader profile. Therefore, a study of the business and economic journals in which the developments and discussions in the Industry

4.0 area frequently take place is also considered to be an important contribution to the evaluation of current field-specific debates. In this context, under the heading of Industry 4.0, digital and published journals are used as database of the content analysis. In this analysis, 5 main-themes and 27 sub-themes are maintained.

## II. INDUSTRY 4.0

The rapidly evolving digital transformation among developed economies is now referred to as "Industry 4.0" and dramatically changes existing business models. Industry 4.0 refers to the fourth industrial revolution, along with industrial internet integration (Götz and Jankowska, 2017). Industry 4.0 includes an industry that adds "intelligence" to production processes with the impact of the link that the Internet has gained. Factories are becoming more intelligent day by day with many technologies.

The historical journey of industrial development was hosted by the first industrial revolution, which started with mechanical production in the first half of the 18th century, and it was also the place where the craftsman-style operation was taking place and at the same time the production of mechanical and mechanical power plants operating with water and steam instead of production based on human and animal power / period. By the use of electricity and division of labour from the 1870's, the grounds of the second industrial revolution were prepared, and Henry Ford became a symbol of the Industrial 2.0 era, making mass-production transition using new energy type electricity production in this period. In the 1970s, with the use of advanced electronic and information-communication technologies, including the digital revolution, the third industrial revolution took place, the first time the automation period began using programmable machines. The fourth industrial revolution is built on cyber-physical systems (Schwab, 2016a). It is a new production system that intelligent production is done and internet is also used as the internet where live and inanimate objects can communicate and interact with the use of the chip and the internet.

Industry 4.0 is defined as the intelligent period of production in which every living thing and lifeless object with a certain economic value can communicate and interact with other objects through internet connections, along with developments in artificial intelligence, 3D (three dimensional) printer, robotics and bio, nano and space technology (Hermann et al, 2015). Although the Industry 4.0 theme was first spoken at the Hannover Industry Fair in 2011, the steps taken with respect to autonomous machines and virtual environments are based on earlier. The Internet of Things (IoT) was defined in 2000 with the widespread use of internet networks. However, this is referred to as Industry 4.0, first in Germany in 2011 and then in the World Economic Forum in 2016, known as the Davos Summit, and in many sources, the manufacturing leadership that has been acquired by the cheap labor advantage of the Far East has been restructured with the use of technology resources. Western administration and Industry 4.0 is being widely used in Europe (Schwab, 2016b).

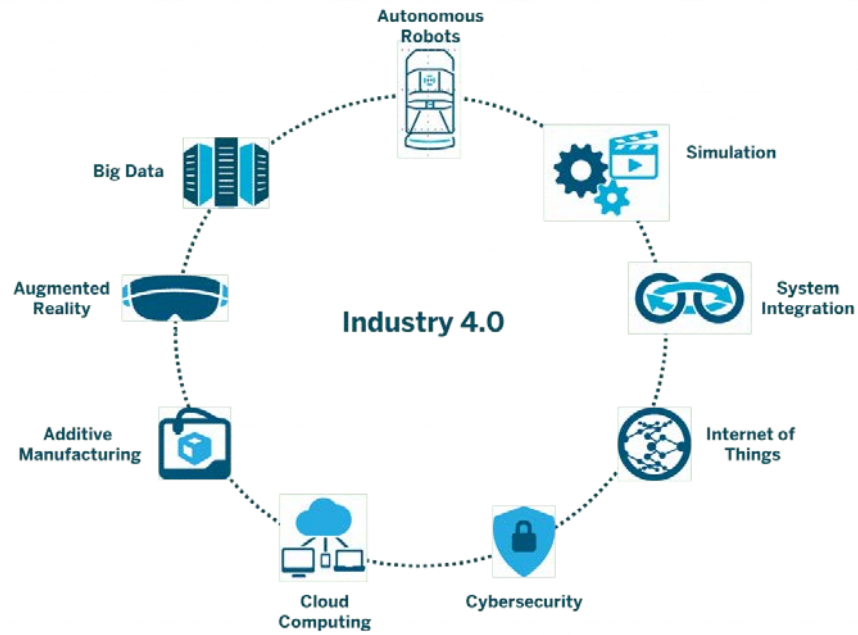


The essence of the Industry 4.0 concept is the introduction of networked intelligent systems that perform self-regulated production: people, machines, equipment, and products communicate with each other over the system. In order to make flexible, customized production economically and to use resources efficiently, all the equipment involved in production needs to communicate with each other. The organization of the information flow is carried out by a centralized production control system, and this flow continues throughout the value chain.

With the Industry 4.0 concept being used worldwide, the PWC survey in 2016 identifies three main areas where this concept affects the corporate world (PWC, 2016);

- Integration and digitization of horizontal and vertical value chains,
- Digitalization of products and services,
- Digital business model and reformation of customer relations

The preliminary movements of these areas affected by the formation of the Industry 4.0 were named as nine critical technologies in the technology roadmap created by TÜBİTAK (2016). Figure 1 shows the nine pioneering technologies in Industry 4.0



**Figure 1. Nine Technologies are Transforming Industrial Production**  
Source: TÜBİTAK (2016)

Some concepts related to these pioneering technologies in the formation of Industry 4.0 are described below (Ahmadov and Helo 2016);

- **Cyber-Physical Production Systems:** Cyber-physical production systems are online equipment networks that connect computer technology and mechanical or electronic accessories that can communicate in a network. With intelligent machines, continuous information is shared about current inventory levels, problems, faults or changes in demand / orders, and optimization is made at the required points. Sensors and control accessories ensure that machines are in contact with operators, networks and humans (Hermann et al, 2016).
- **Augmented Reality:** Augmented Reality (AR) is a live direct or indirect view of a new perception environment created by computer-generated, sensory input such as audio, video, graphics or GPS data, and a new perception environment created by combining the animated elements with the physical, real world environment. Inputs that appeal to the human senses with increased reality and move their feelings are modified and enriched by the computer and presented to the perception of the emerging new reality.
- **Artificial Intelligence:** The ability of artificial intelligence machines to logically learn and think. With the help of artificial intelligence, machines can perform a more complex task, not only by programs written by humans, but also by programs that are independently "conscious" and capable of producing

solutions.

- Internet of Things (IoT): A network connection and data exchange of objects, equipment, vehicles, buildings or other connected electronic devices. The objects allow not only to perceive the environment but also to arrange it at the same time, so that the devices can be used more efficiently and economically (Lee et al, 2015).
- Big Data: Systems that operate as an intelligent network require a large amount of information that is virtually unmanageable. This huge dataset is called "big data". The task of collecting, storing, transferring, maintaining and analyzing these data is the field of study of big databases (Holmström et al, 2015).
- Cloud Computing: The foundation of cloud based computing is to store the data of software in a remote device called "cloud" instead of local data storage. This stored information can be accessed from any place and device with internet connection. It is known as 'cyber security', which examines this access permit and the security of stored data away.
- Additive Manufacturing: It relies on the manufacture of parts without having to own and use special tools. The basic tools associated with joint manufacturing are three-dimensional printers. In addition, this method is achieved through a digital design that shortens the link between designers, engineers, and users and enables production in a short time (Schläpfer, 2015).
- Horizontal and Vertical System Integration: Communication with machines and other parts for products to be able to make their own productions. Moreover, this communication is established not only in a production facility but also in a whole chain between each party, such as suppliers, producers and service providers.
- Simulation: It is a combination of real and virtual reality. Simulation has an important role in this understanding both in design and production. Product design, production planning and material flow and stocking operations can be modeled or unexpected events and effects can be modeled.

All these related technologies that support the industry 4.0 concept directly affect business models. Industry 4.0 is centered in these technologies, some of them dependent and some of them are independent from each other but conclusionally they are parts of all revolution. So this transformation effect, starting with the production enterprises, increases the samples in all enterprises from day to day and carries another platform of business models (Wimmer and Dominick, 2000). In this context, studies continue to focus on the interest of the researchers, institutions and organizations in industry 4.0. Content analysis, which is the method used in this study to elaborate industry 4.0 research.

### III. CONTENT ANALYSIS

Qualitative analyzes are techniques that enable understanding how and what happens to social events and events. In qualitative research, the purpose is studying of variables in depth than measuring. Content analysis, a qualitative research method, is defined as systematic unbiased and numerical analysis to relate variables in a text (Schreier, 2012).

Content analysis is a systematic, reproducible method of summarizing content of a text or visual with content categories with appropriate coding for certain rules. The main purpose of content analysis is to reach concepts and relationships that can explain the data obtained. For this purpose, it is necessary to firstly conceptualize the collected data, and then organize it in a logical way according to the emerging concepts, and to determine the themes that explain the data accordingly (Neuendorf, 2002). Identification of the problem to be investigated firstly in the content analysis research and identification of the categories based on the clear principles and making of the categorization process, coding studies to obtain the conclusions from the concepts, sample (book, newspaper, magazine, web site, selection procedures are arranged (Yıldırım and Şimşek, 2006).

The process of content analysis is to combine similar data within the framework of certain concepts and to interpret it in a way that the reader can understand. The first and most important step in content analysis is the coding of the data. In coding the data, the researcher examines the information obtained and seeks to find out what each part conceptually expresses by separating it into meaningful parts. These parts, forming a meaningful whole within themselves, are named by the researcher, in other words they are coded. All the data are coded, a code list is created, and this list acts as a key in the arrangement and examination of the data. There are three types of coding. First, according to previously defined concepts; the second according to the concepts derived from the data, and the third the coding type consisting of the combination of the two previous types of coding. If there is a conceptual framework on which the research is based, a code list

may be issued before the data is collected. In theoretical non-baseline research, the second coding style is applied. In the third type of coding used in this study, there is a general conceptual structure in advance. According to this, general categories are determined in advance and more detailed codes that can be placed under these categories reveal the end of the examination of the data. In content analysis, after categorizing the collected data according to codes, theories of the themes, the organization of codes and themes, and the identification and interpretation of findings (Peetz and Reams, 2011).

Content analysis is a careful, detailed and systematic review. Samples are used to make sense of a specific part of a material in an effort to define them, prejudices and meanings. It includes practical applications by providing measurement with coding themes which allow to reduce the yield in large quantities. In content analysis, the results are frequency amounts for specific variables pre-selected and classified.

#### **IV. CONTENT ANALYSIS FOR INDUSTRY 4.0 DISCUSSIONS**

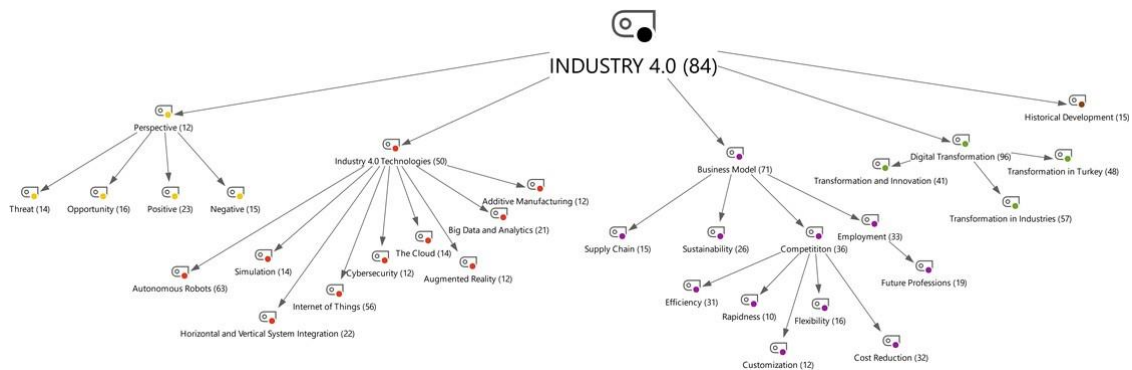
The debate about the future of the business world has led to an increase in the content of business and economic journals with news and literary articles on these issues. This study constitutes the subject of articles published in reputed business and economics journals in Turkey. The news formulas collected in these journals and discussed in the context of Industry 4.0 were named as data bases.

"Industry 4.0" and "Fourth Industrial Revolution" were examined in the journals examined in the study with the thought that there are different words expressing the same concept. Collected 59 digital and 24 published texts in these headings are treated as data. Within the context of content analysis, coding methods were applied to journal articles and a total of 998 encodings were made aiming at the common issues that are emphasized in the writings and their relevance to the business, country and technology strategy. Table 1 shows the main-themes and sub-themes reached after content analysis and the view of these themes in terms of journal.

**Table 1. Code System Derived From Journal Type**

Code System	Digital	Printed	SUM
INDUSTRY 4.0			84
Historical Development			15
Business Model			71
Competiton			36
Cost Reduction			32
Efficiency			31
Flexibility			16
Customization			12
Rapidness			10
Employment			33
Future Professions			19
Supply Chain			15
Sustainability			26
Digital Transformation			96
Transformation and Innovation			41
Transformation in Industries			57
Transformation in Turkey			48
Industry 4.0 Technologies			50
Additive Manufacturing			12
Augmented Reality			12
Autonomous Robots			63
Big Data and Analytics			21
Cybersecurity			12
Horizontal and Vertical System Inte			22
Internet of Things			56
Simulation			14
The Cloud			14
Perspective			12
Negative			15
Opportunity			16
Positive			23
Threat			14
Σ SUM	637	361	998

Table 1 shows that 5 main themes were created under the title of "Industry 4.0" as a result of the content analysis supported by "Historical Development", "Business Model", "Digital Transformation", "Industry 4.0 Technologies" and "Perspective". A total of 26 sub-themes were created, 10 of them are under the theme of "Business Model", 3 of them are under the theme of "Digital Transformation", 9 sub-themes are under the theme of "Industry 4.0 Technologies" and 4 sub-themes are under the theme of "Perspective" depending on the determined main themes. Additionally, as shown in Table 1 in the 998 encoding, 637 coding is integrated in digital journals and 361 of them in the published journals. Figure 2 shows the codes that are increasing branching downward under the Industry 4.0.



**Figure 2. Coding System of Industry 4.0**

Figure 2 shows the 998 coding, Industry 4.0 has 84 codes that means all of the text which in the published and digital journals are about Industry 4.0. And then, there are 15 coding in history of industrial revolutions. 96 codes are about digital transformation and it divides in sub-themes and the explanations about figure are ongoing like this. Transformation in Turkey has 48 codes, Transformation in Industries has 57 codes and Transformation & Innovation has 41 codes. Totally, “Digital Transformation” main theme and 3 sub-themes have 242 codes. And as shown in Figure 2, “Business Model” main theme has 4 sub themes such as “Supply Chain”, “Sustainability”, “Competition”, “Employment”. Under these sub- themes, there are sub-sub-themes, such as; “Competition” sub theme under the “Business Model” main- theme has 4 sub-sub-themes like that; “Cost Reduction”, “Efficiency”, “Flexibility” and “Rapidness”. To explain all of these relations Figure 2 is used for summarizing.

And the code system is generated in sets about strategies. Table 2 shows the texts (digital or published together) about which strategy categorized in Turkey (country), technology and business.

**Table 2. Strategy Categorization of Codes**

Code System	Turkey (country) Strategy	Technology Strategy	Business Strategy	SUM
INDUSTRY 4.0	20	23	41	84
Historical Development	6	6	3	15
Business Model	76	101	124	301
Digital Transformation	68	79	95	242
Industry 4.0 Technologies	65	89	122	276
Perspective	13	45	22	80
<b>SUM</b>	<b>248</b>	<b>343</b>	<b>407</b>	<b>998</b>

When the generated code system is examined firstly, it is seen that the number of code for operating strategies is about business is the highest with 407 in the 998 codes. Followed by technology strategies with 343 and Turkey country strategies with 248. There are 84 text which is used in analysis and as mentioned before all of them are related with Industry 4.0. When they are examined and detailed, “Business Strategy” has the highest level, after that technology and country strategy is taken. And also Table 2 shows the distribution in the main-themes. Business Model main-theme has 301 coding in all 998 codes and the highest part in business strategy set with the 124 coding. After that, Industry 4.0 Technologies main theme has 276 coding and 122 of them under the business strategy, Thirdly “Digital Transformation” main theme has 242 coding and the highest value is under the “Business Strategy” with the 95 coding. This situation is detailed in sub themes also in Table 3.

**Table 3. Sub-Themes Codes Under Strategies**

Code System	Turkey (country) Strategy	Technology Strategy	Business Strategy	SUM
INDUSTRY 4.0	20	23	41	84
Historical Development	6	6	3	15
Business Model	16	19	36	71
Competiton	10	9	17	36
Cost Reduction	3	18	11	32
Efficiency	10	8	13	31
Flexibility	3	7	6	16
Customization	3	7	2	12
Rapidness	2	4	4	10
Employment	9	11	13	33
Future Professions	11	3	5	19
Supply Chain	2	5	8	15
Sustainability	7	10	9	26
Digital Transformation	25	36	35	96
Transformation and Innovation	10	12	19	41
Transformation in Industries	17	12	28	57
Transformation in Turkey	16	19	13	48
Industry 4.0 Technologies	16	14	20	50
Additive Manufacturing	6	3	3	12
Augmented Reality	3	6	3	12
Autonomous Robots	9	20	34	63
Big Data and Analytics	6	7	8	21
Cybersecurity	1	3	8	12
Horizontal and Vertical System Inte	5	6	11	22
Internet of Things	13	17	26	56
Simulation	4	6	4	14
The Cloud	2	7	5	14
Perspective	3	4	5	12
Negative	3	11	1	15
Opportunity	1	11	4	16
Positive	2	11	10	23
Threat	4	8	2	14
<b>TOTAL</b>	<b>248</b>	<b>343</b>	<b>407</b>	<b>998</b>

According to Table 3., under the main theme of “Industry 4.0 Technologies”, there are crucial sub-themes like “Autonomous Robots” and “Internet of Things”. These two sub-themes increase in first business strategy and then in technology strategy. Under the "Digital Transformation" main-theme “Transformation in Industries” sub-theme is noticeable level. Under the “Business Model” main-theme “Competition” and “Employment” is remarkable. Especially the first one has divided sub-sub themes. Between sub-subthemes of “Competition” sub-theme, “Cost Reduction” and “Efficiency” have highest codes.

All these relations that gathered with content analysis, explain the Industry 4.0 huge effects on business life. As the technologies used evolve, the prospect is increasing and decreasing themes. Maybe unfamiliar themes will emerge. So it is necessary to follow the developments closely to create the industry 4.0 content.

## V. CONCLUSION

The business world, one of the most affected areas of today's intense and rapid technological change, has recently become the center of various developments and debates. The business and economic journals used in following these developments, which play an important role in the management of working life, are predicated on the content they publish and how they will change in the future in digital and printed publications.

In this context, in order to focus on recent developments and discussions in the field of digital and print publications about Industry 4.0, business and economy journals in Turkey are scanned. Content analysis was performed on 59 digital and 24 published texts. Looking at the five main themes and twenty six sub- themes

identified as the result of the content analysis, the most significant discovery in the context of recent discussions in industry 4.0 has been seen to be from digital transformations. In addition, it has been revealed that this transformation affects the most business strategies when detailed in business strategy, technology strategy and country strategy.

"Digital Transformation" theme emerged within the framework of innovation, industrial transformation and transformation in Turkey were examined. Another important main theme is "Business Model" and it is detailed with sub-themes of Employment, Competition, Sustainability and Supply Chain. These topics related to Business Strategy are also coded under this strategy.

Under the main theme of "Industry 4.0 Technologies", nine leading technologies have been dealt with. Autonomous Robots and the Internet of Things have become prominent among these technologies. Both sub-themes were found to be primarily related to business strategy. The perceived opportunities and threats for industry 4.0 and the positive and negative sides under the main theme of "Perspective" have been assessed. It is explained that there are more positive aspects.

This study is important in terms of focusing on the writings of business and economic journals, which draw attention to the changing nature of the industry 4.0 field and the fluctuating influence of digital transformation in the present day, and which usually synthesize the experience from the sector with information specific to recent developments. Industry 4.0 is a very controversial and debatable issue, and in future work on this subject, the evaluation of the relevant field over a wider period of time, with more articles, will be instrumental in the upcoming debate.

## REFERENCES

- Ahmadov, Y., & Helo, P. (2016). "A Cloud Based Job Sequencing with Sequence-Dependent Setup for Sheet Metal Manufacturing." *Annals of Operations Research*, 1-20.
- Coopers, PW. (2016). "Industry 4.0: Building The Digital Enterprise." Key Findings from 2016 Global Industry 4.0 Survey – Finland's Perspective.
- Götz, M., & Jankowska, B. (2017). "Clusters and Industry 4.0 – Do They Fit Together?." *European Planning Studies*, 25(9), 1633-1653.
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015) , "Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review", Working Paper, No. 01 / 2015, Technische Universität Dortmund.
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). "Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios". In 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS) (pp. 3928–3937). IEEE.
- Holmström, J., Holweg, M., Khajavi, S. H., & Partanen, J. (2016). "The Direct Digital Manufacturing (R) Evolution: Definition of A Research Agenda". *Operations Management Research*, 9(1–2), 1–10.
- Lee, J., Ardakani, H. D., Yang, S., & Bagheri, B. (2015). "Industrial Big Data Analytics and Cyber- Physical Systems for Future Maintenance & Service Innovation." *Procedia CIRP*, 38, 3-7.
- Neuendorf, K., A., (2002), "The Content Analysis Guidebook", SAGE Publications.
- Peetz, T. B., & Reams, L. (2011). "A Content Analysis of Sport Marketing Quarterly: 1992-2011." *Sport Marketing Quarterly*, 20(4).
- Schläpfer, R. C., Koch, M., & Merkhofer, P. (2015). "Industry 4.0 Challenges and Solutions for The Digital Transformation and Use of Exponential Technologies." Deloitte, Zurich.
- Schreier, M., (2012), "Qualitative Content Analysis." Sage Publications, 1st Edition., Schwab, K. (2016a), "The Fourth Industrial Revolution," World Economic Forum, 2016.
- Schwab, K. (2016b). "Impact on People, Business, Governments." World Economic Forum Annual Meeting 2016.
- Tübitak (2016). "Yeni Sanayi Devrimi, Akıllı Üretim Sistemleri, Teknoloji Yol Haritası," Ankara: TÜBİTAK.
- Wimmer, R. D. & Dominick, J. R. (2000). "Mass Media Research: An Introduction," Belmont, Wadsworth Publishing Company.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2006) "Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri", Güncelleştirilmiş ve Geliştirilmiş 5. Baskı, Ankara, Seçkin Yayıncılık.

## YÜKSEK DOĞRULUKLU ZAMAN FARKI TAHMİNİ

Gamze Songül  
Yıldız Teknik Üniversitesi

Utku Büyükaşahin  
Yıldız Teknik Üniversitesi

### ÖZET

Bu çalışma, mikrofonların ve ses kaynağının konumu üzerine bir varsayım yapmadan yüksek doğruluklu zaman farkı tahminini hesaplayan sistemi sunmaktadır. Yüksek doğruluklu zaman farkı tahminin yapılması için Rastgele Örnek Konsensüsü (RÖK) algoritması ile Genelleştirilmiş Çapraz Korelasyon-Faz Dönüşümü (GÇK-FD) metodu birleştirilmiştir. GÇK-FD metodu kullanılarak korelasyon sonucunda elde edilen en güçlü pik noktaları seçilmiş ve bu noktalar RÖK algoritması ile doğru parçalarının bulunmasında kullanılmıştır. Mikrofonlardan alınan gerçek ses verileri ile sistem gerçekleştirilmiş, aralarındaki zaman-mesafe farkları hesaplanmıştır. Mikrofon ve ses kaynağının konumlarını bulmak üzere bu veri kullanılabilir. Konumların bulunmasına bu çalışmada değinilmemiştir. Yüksek doğruluklu olarak zaman farkı tahmininin yapılması, ses kaynağı pozisyonunun yanında mikrofon pozisyonlarının da saptanabilmesini sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** *Lokalizasyon, Mikrofon dizileri, Zaman farkı tahmini.*

### ROBUST TIME DIFFERENCE ESTIMATION

#### ABSTRACT

This paper proposes a robust time difference estimation system, without any assumptions on the 3D locations of the microphones and sound source. Random Sample Consensus (RANSAC) algorithm and Generalized Cross Correlation – Phase Transform (GCC-PHAT) method have been evaluated to have robust time difference estimations. GCC-PHAT is used to find the largest peaks in sets of frames. These largest peaks have been used in RANSAC algorithm to find line segments. The system has been evaluated on real microphone data and time/range differences has been calculated. The output can be used to find microphone array and sound source positions. It is not gathered in this paper. Robust estimated time differences provide the ability to determine microphone positions in addition to sound source position.

**Keywords:** *Localization, Microphone arrays, Time difference estimation.*



## 1. GİRİŞ

Mikrofon dizileri lokalizasyon ve ses kalitesinin iyileştirilmesini amaçlayan sistemlerde kullanılmaktadır. Aktif konuşmacı, silah atışı (Maher,2006), uçak (Imam ve Barhen,2009) yer tespiti sistemleri lokalizasyon uygulamalarından popüler olanlarıdır. Telekonferans (Zhang vd,2008), ses tanıma (Vincent vd.,2015), işitme cihazı (Roman vd.,2003) sistemlerinde de huzme biçimlendirici yöntemi ile kullanılmaktadır. Huzme biçimlendirici yöntemi ile mikrofon serilerine gelen ses verileri eşleştirilmekte ve gürültü elimine edilerek ses kalitesinin yükseltilmesi amaçlanmaktadır.

Lokalizasyon çalışmalarındaki temel adım zaman farkı tahmininin yapılmasıdır ve bu amaçla literatürde yapılan çalışmalarda sisteme giriş olarak mikrofon pozisyonları ve her mikrofonun ses verisi tanımlanmaktadır. Bu çalışmada ise literatürdekilerden farklı olarak sadece kayıtlı mikrofon ses verilerini kullanarak, mikrofon ve ses kaynağının pozisyonu hakkında bir tahminde bulunmadan mikrofonlar arası zaman farklarını hesaplamaktır. Yani mikrofonların pozisyonlarının bilinmesi zorunluluğunu ortadan kaldırmaktadır. Ses hızını sabit kabul ettiğimizden dolayı, zaman farklarını hesapladığımızda mesafe farkları da hesaplanmış olmaktadır.

Zaman farklarının hesaplanmasında kullanılan yöntemler kullanım alanına göre farklılaşmaktadır (Paulose vd.,2013). Bu çalışmada zaman farklarının hesaplanması için GÇK-FD (Genelleştirilmiş Çapraz Korelasyon-Faz Dönüşümü) ve RÖK (Rastgele Örnek Konsensüsü) metotları kullanılmıştır. GÇK-FD metodu ile mikrofon ses verileri arasında korelasyon alınarak benzerlikler ve pik noktaları bulunmuş, ağırlık fonksiyonu kullanılarak pik noktalarındaki verinin doğruluğu artırılmıştır. GÇK-FD sonucunda pik değerlerinden oluşan bir matris elde edilmiştir. Bu pik değerlerinden hangilerinin anlamlı olduğunu belirlemek ve modele uymayanları elemek için RÖK algoritması kullanılmıştır.

Yüksek doğruluklu zaman farkı tahmini sisteminin çıktısı, tüm mikrofonlar ve referans seçilmiş mikrofon arasındaki tahmini zaman/mesafe farklarını içeren vektörlerdir. Bu vektörler mikrofonların ve ses kaynağının konumunun bulunmasında kullanılabilir (Sasaki vd,2006).

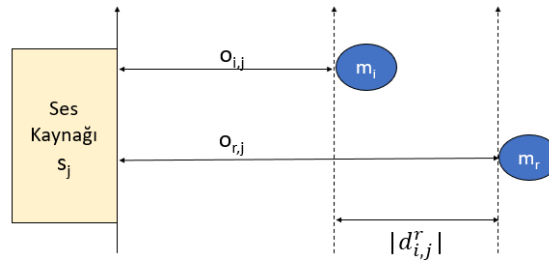
Bu çalışmanın amacı, mikrofonlardan sadece ses verilerini alarak mikrofonlar ve ses kaynağı arasındaki zaman/mesafe farkını hesaplamaktır. 2.bölümde çalışmada kullanılan algoritmalar teorik olarak açıklanmıştır. 3.bölümde, bu algoritmaların gerçek ses verisi üzerinde uygulanma aşamaları gösterilmiştir. 4.bölümde de çalışmanın sonucu ve gelecekteki yapılacak çalışma ile ilgili bilgi verilmiştir.

## 2. SİSTEM TEORİSİ

Deneysel çalışmalarda kullanılan algoritmalar bu bölümde sunulmuştur.

### 2.1 VARIŞ ZAMAN FARKI

Variş zaman farkı; bilinmeyen bir zamanda,  $t_{0,j}$ , ses kaynağından,  $s_j$ , yayılan sesin farkı iki mikrofonu,  $m_1$  ve  $m_2$ , variş zamanları,  $t_{1,j}$  ve  $t_{2,j}$ , arasındaki farkı temsil etmektedir (Azzam ve Aouf, 2014). Şekil 1'de denklemlerde kullanılan simgelerin ifade ettiği mikrofonlar ve ses kaynağı arasındaki mesafeler gösterilmiştir.



Şekil 1. Mikrofonlar ve ses kaynağı arasındaki mesafeler

Ses kaynağı,  $s_j$ , ve mikrofon,  $m_i$ , arasındaki mesafe,  $o_{i,j}$ , aşağıdaki denklem (1) ile ifade edilebilir.

$$c(t_{i,j} - t_{0,j}) = ||s_j - m_i|| = o_{i,j} \quad (1)$$

$c$ , ses sinyal hızını temsil etmektedir ve sabit bir değer olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle zaman farkları hesaplandığında mesafe farkları da hesaplanmış olmaktadır.

İki mikrofon arasında mesafe aşağıdaki denklem (2) ile ifade edilebilir.  $d_{i,j}^r$ ,  $m_i$  ve  $m_r$  mikrofonları arasındaki mesafeyi temsil etmektedir.

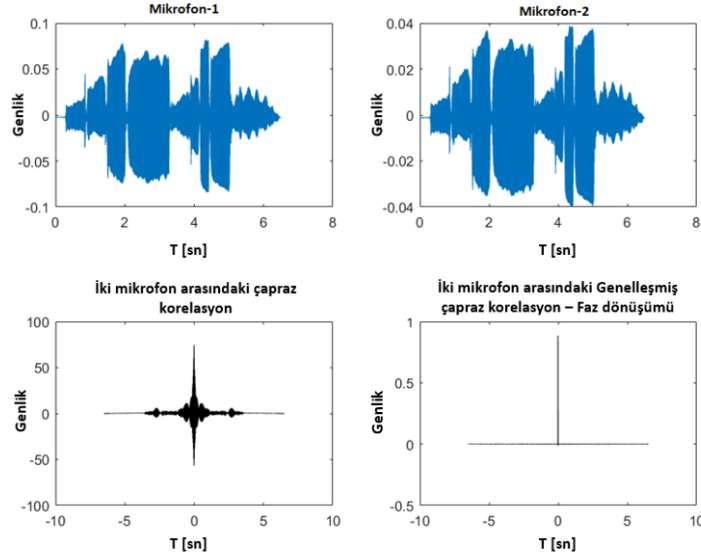
$$\begin{aligned} d_{i,j}^r &= c(t_{i,j} - t_{r,j}) = c(t_{i,j} - t_{0,j}) - c(t_{r,j} - t_{0,j}) \\ &= \left| |s_j - m_i| \right| - \left| |s_j - m_r| \right| = \left| |s_j - m_i| \right| - o_{r,j} ; \\ o_{r,j} &= \left| |s_j - m_r| \right| \end{aligned} \quad (2)$$

Mikrofon ve ses kaynağı arasındaki mesafeler bu yaklaşım ile hesaplanmaktadır. Bu işlemleri bütün mikron çiftleri için uygulandığı zaman aşağıdaki denklem (3) elde edilmektedir.

$$d_{i,j}^r = d_{k,j}^r - d_{k,j}^i, \quad k \in \{1, \dots, M\} \{i, r\} \quad (3)$$

## 2.2 GENELLEŞMİŞ ÇAPRAZ KORELASYON – FAZ DÖNÜŞÜMÜ

Literatürde varış zaman farkı hesaplanması için en çok kullanılan metot, çapraz korelasyondur. Korelasyon ile benzer çıktıları gösteren sinyaller eşleştirilmekte ve aralarındaki varış zamanına dair fark verisi elde edilmektedir. GÇK-FD metodunda denkleme ağırlık fonksiyonu da eklenmektedir. Bu sayede ses verilerinin şiddeti de dikkate alınarak bir hesaplama yapılmaktadır ve çıktığının doğruluğu bu şekilde artırılmaktadır (Van den Broeck vd.,2012). Şekil 2’ de çapraz korelasyon ve genelleşmiş çapraz korelasyon-faz dönüşümü yöntemleri ile elde edilen çıktıların farklılıkları görülebilir. Her ikisi de aynı sonucu vermektedir fakat bu çıktı GÇK-FD ile daha keskin ve nettir.



Şekil 2. İki sinyal arasındaki Çapraz korelasyon ve Genelleşmiş Çapraz korelasyon-Faz dönüşümü

İki dizi arasındaki,  $u$  ve  $v$ , çapraz korelasyon aşağıdaki denklem (4) ile tanımlanmıştır.

$$(u * v)(\tau) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} u(n)v(n - \tau), \quad \tau = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (4)$$

Çapraz korelasyon frekans domaininde aşağıdaki gibi (5)-(6)-(7) ifade edilmektedir.

$$U(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} u(n)e^{-i2\pi fn} \quad (5)$$

$$u(n) = \int_{-\infty}^{\infty} U(f)e^{i2\pi fn} df = \int_{-1/2}^{1/2} U(f)e^{i2\pi fn} df \quad (6)$$

$$(u * v)(\tau) = \int_{-1/2}^{1/2} U(f)\overline{V(f)} e^{i2\pi f\tau} df \quad (7)$$

$\overline{V(f)}$ ,  $V(f)$ 'nin karmaşık eşleniğini temsil etmektedir.

Ağırlık fonksiyonunun da denkleme eklenmesi ile GÇK-FD algoritması aşağıdaki (8) son halini almaktadır.

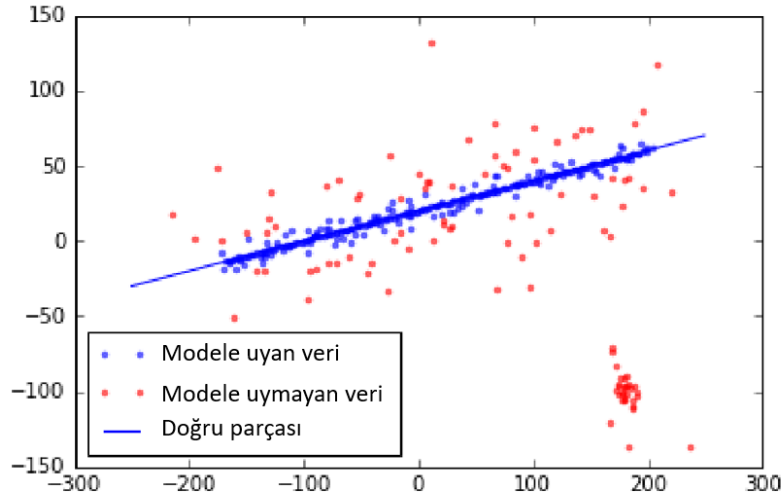
$$G(\tau) = \int_{-1/2}^{1/2} W(f)U(f)\overline{V(f)} e^{i2\pi f\tau} df \quad (8)$$

Genelleştirilmiş çapraz korelasyon yönteminde farklı ağırlık fonksiyonları kullanılabilir.  $W(f) = 1$ , olması normal çapraz korelasyona denk gelmektedir. Bu çalışmada aşağıdaki faz dönüşümü ağırlık fonksiyonu (9) ile en iyi sonuç elde edilmiştir. Mikrofon verilerini oda içinden aldığımızdan sinyalin içinde gürültüler ve yansımalar bulunmaktadır ve faz dönüşümü ağırlık fonksiyonu literatürde de bu gürültüleri yok etmek için kullanılmaktadır.

$$W(f) = \frac{1}{|U(f)\overline{V(f)}|} \quad (9)$$

### 2.3 RASTGELE ÖRNEK KONSENSÜSÜ

Rastgele örnek konsensüsü (RÖK), veri seti içindeki modele uymayan verilerin saptanıp bunları elimine ederek doğru parçası oluşturmaya yarayan bir algoritmadır (Sasaki vd.,2010). Algoritmada, orijinal veriden rastgele küçük alt-setler alınarak modele yerleştirilir. Diğer veriler de bu yerleştirilen modele göre test edilmektedir. Sonrasında modele uyan veriler sayılmaktadır. Bu adımlar tekrarlanarak uyan veri sayısının en yüksek olduğu veri seti bulunmaktadır ve böylece ilgili doğru parçası elde edilmektedir. Rastgele oluşturulmuş bir veriye RÖK uygulamasının sonucu aşağıdaki Şekil 3'de görülebilir. Kırmızı ile gösterilen noktalar modele uymayan noktalar ve mavi ile gösterilen noktalar modele uyan verilerdir. Modele uyan verileri kullanarak doğru parçası oluşturulmuştur.



Şekil 3. RÖK uygulanması- Rastgele seçilmiş veri ile

### 3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Ses sinyali 44100Hz örnekleme oranı ile 5 mikrofondan sıkıştırılmadan kayıt edilmiştir.

GÇK-FD metodunda karşılaştırma yapmak üzere kullanmak için her mikrofondan alınan ses verisinin veri-setlerine bölünmesi gerekmektedir. Yüksek örnekleme oranı ile sesin kayıt edilmesi burada önemli bir rol oynamakta. Yüksek örnekleme oranına sahip olmak bu veri-setlerinde iyi bir çözünürlüğe sahip olmayı sağlamaktadır.

Veri-seti büyüklüğü 1024 olarak seçildi bu çalışmada. Veri-seti uzunluğu aşağıdaki denklem (10) ile hesaplanmaktadır.

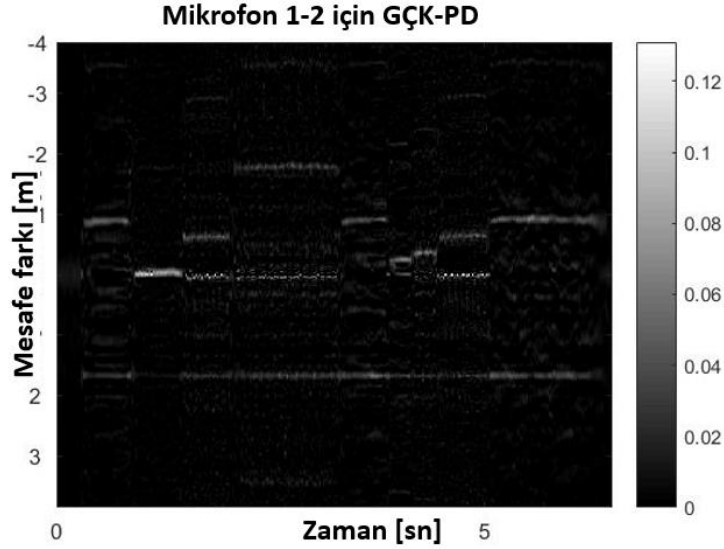
$$\frac{n_{fs}}{F_s} = \frac{1024}{44100} s = 0.02s \quad (10)$$

Veri-setlerinin büyüklüğünün 1000 yerine 1024 seçilmesinin nedeni, Hızlı Fourier dönüşümü yaparken birkaç saniyenin kurtulmasını sağlamaktır. Veri-setlerindeki örnek noktaları arasındaki uzunluk 1000 olarak seçilmiştir. Bu veri-setleri arasında 24 örnek noktasında çakışma yaratmaktadır. Bu değerler çalışmada çeşitli denemeler yapıp hangisinin en doğru çıktığı verdiğini gördükten sonra seçilmiştir.

### 3.1 GENELLEŞTİRİLMİŞ ÇAPRAZ KORELASYON – FAZ DÖNÜŞÜMÜ

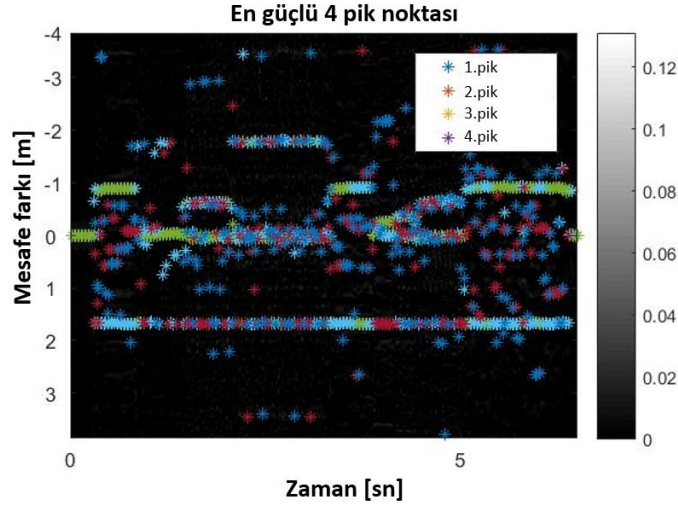
Mikrofon verileri kayıt edildikten sonra veri-setlerinden oluşan matrislere dönüştürülmüştür. Her veri-seti çifti için GÇK-FD hesaplanmıştır.

İki mikrofonun tüm veri-setleri için hesaplanan GÇK-FD sonuçları Şekil 4’de görülebilir. Her veri-seti bir sütundaki pikseller tarafından temsil edilmektedir. En sürekli çizgi, ses yolunu göstermektedir.



### 3.2 PİK NOKTASI SEÇİMİ

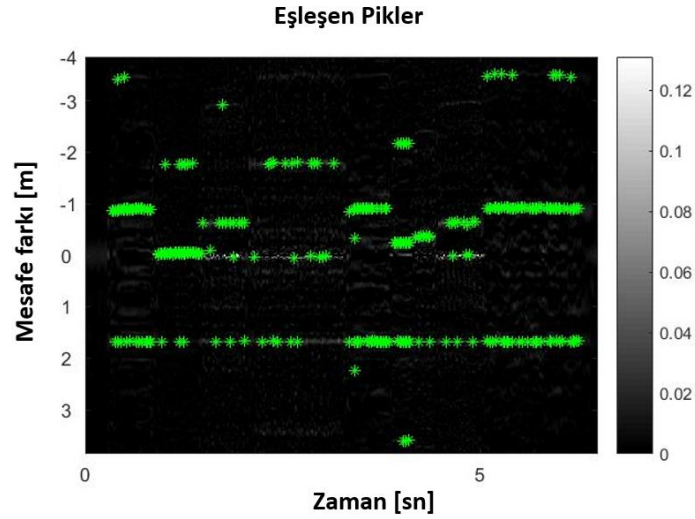
Her veri-setinden en güçlü  $K = 4$  pik noktası seçilmiştir. Modele uymayan verileri elemek amacı ile tanımlanan eşik değerinin altında kalan pikler yok sayılmıştır. Bir çift mikrofonun her veri-seti için seçilmiş dört en güçlü pik noktaları aşağıdaki Şekil 5’de görülebilir. Grafikten görüldüğü üzere piklerin çoğu modele uymayan verilerdir. Fakat ses yolunun hangisi olduğu tahmin edilebilir.



Şekil 5. En güçlü dört pik noktası

### 3.3 TÜM KANALLAR İÇİN PİKLERİN EŞLEŞTİRİLMESİ

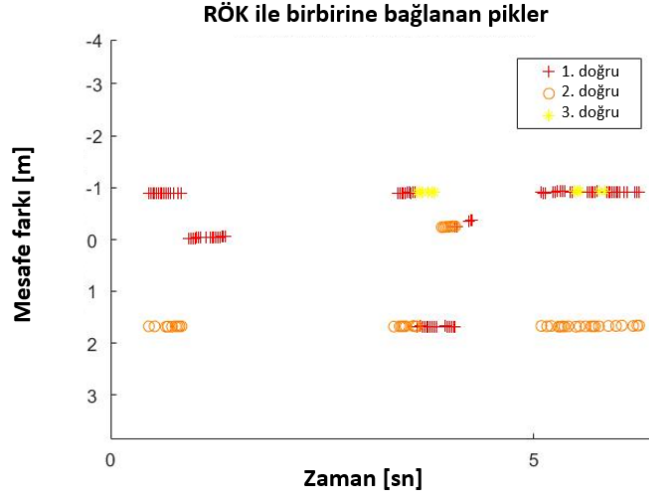
Bir önceki metotta seçilen pik noktaları sayesinde  $K$  adet  $d_{i,j}^t$  değeri elde edilmektedir. (4) ile de ek olarak  $K^2(M-2)$  adet değer elde edilmiştir. Böylece elimizdeki toplam değer sayısı  $K+K^2(M-2)$  olmaktadır. Birbirine yakın olan değerler gruplanır ve grup dışında kalan değerler de seriden kaldırılmaktadır. Böylece anlamlı değerleri elde tutup, aykırı değerleri eleyerek aşağıdaki Şekil 6 elde edilmektedir.



Şekil 6. Eşleşen pikler

### 3.4 DOĞRU PARÇALARININ BULUNMASI – RÖK ALGORİTMASI

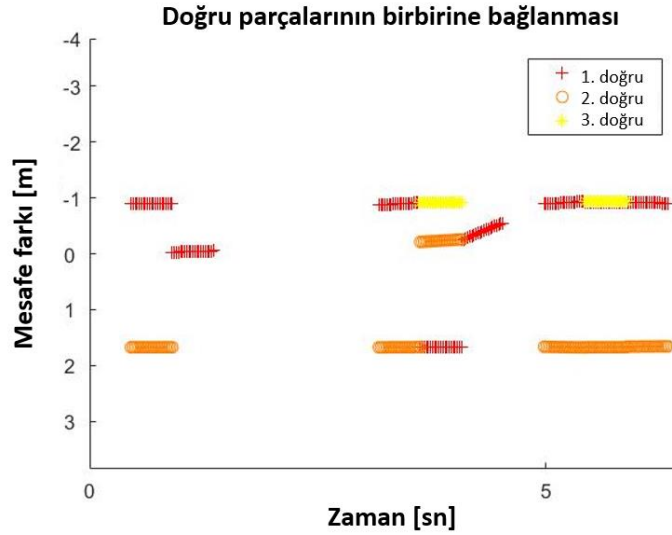
RÖK, en fazla anlamlı değer içeren doğru parçalarını bulmak için kullanılmıştır. Doğru parçası minimum 5 anlamlı değer içermeli ve diğer veri-setleri ile 1 anlamlı veri paylaşması gerekmektedir. Bulunan doğru parçaları aşağıdaki Şekil 7'de görülebilir.



Şekil 7. RÖK ile birbirine bağlanan pikler

### 3.5 DOĞRU PARÇALARININ BİRBİRİNE BAĞLANMASI

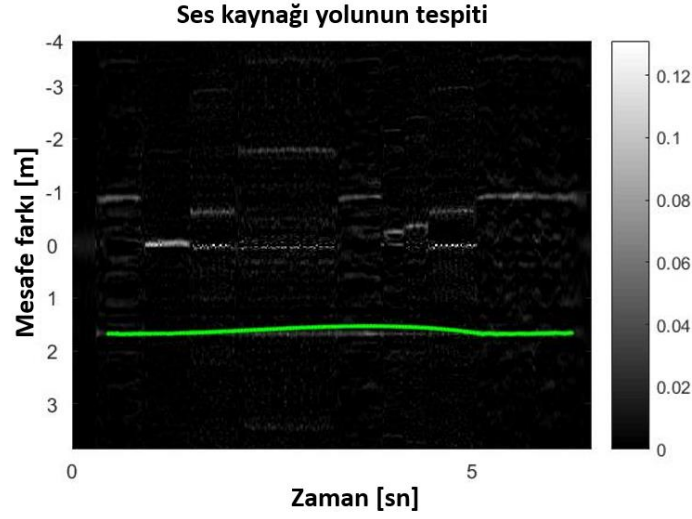
Birbirine yakın olan doğru parçaları, daha uzun doğrular elde edilmesi için birleştirilmiştir. Elde edilen sonuç Şekil 8’de görülebilir.



Şekil 8. Doğru parçalarının birbirine bağlanması

### 3.6 INTERPOLASYON

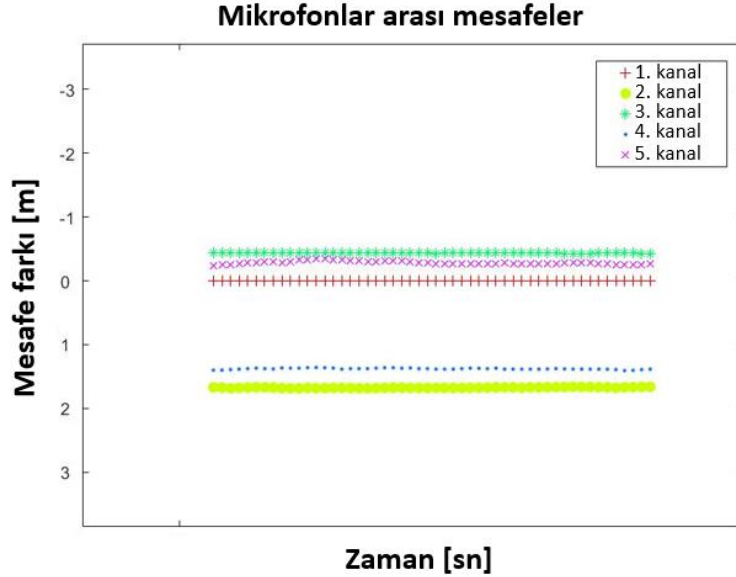
En son adım olarak da en uzun doğru parçasına interpolasyon uygulanmıştır. Böylece ses kaynağının hareket yolu belirlenmiştir. Şekil 9’de ses yolu görülmektedir.



Şekil 9. Ses kaynağı yolunun tespiti

### 3.7 TÜM KANALLAR İÇİN MESAFE FARKLILIKLARI

Sistemin son çıktısı aşağıdaki Şekil 10'da bulunabilir. Birinci mikrofona göre karşılaştırma yapılarak diğer mikrofonlar için zaman/mesafe farklılıkları bulunmuştur.



Şekil 10. Mikrofonlar arası mesafeler

## 4. SONUÇLAR VE GELECEKTEKİ ÇALIŞMA

GÇK-FD metodu ve RÖK algoritması kullanılarak yüksek doğruluklu zaman farkı tahmini yapılmıştır. Mikrofondan alınan veriler MATLAB üzerinde işlenmiş ve mikrofonlar arasındaki ve ses kaynağı arasındaki zaman/mesafe tespit edilmiştir. Bulunan değerler ile ölçülen mikrofon ve ses kaynağı konumları arasındaki mesafeler karşılaştırılmıştır. 3mm'lik bir hata ile mesafe farkı tahmin edilebilmektedir. En yakını yarım metre uzaklıkta olan mikrofonlar için 3mm'lik bir hata olması kabul edilebilir olarak düşünülmüştür. Parametrelerde değişiklikler yapılarak ve ek adımlar ile bu hata payı geliştirilecektir.

Bu çalışma ile lokalizasyon işlemi yapabilmek için mikrofonların pozisyonlarının bilinmesi gerekliliğini ortadan kaldırılmaktadır. Gelecekteki çalışma, yüksek doğruluklu zaman farkı tahmini sisteminin çıktısını kullanarak, mikrofon ve ses kaynağı için üç boyutlu pozisyon tahmini yapmaktır.

### KAYNAKÇA

- Azzam,R. ve Aouf,N., “Visual Information to enhance Time Difference of Arrival Based Acoustic Localization”, ss. 77–82, 2014.
- Beaulieu,C. ve Cedex,R, “Multi-Source TDOA Estimation Using SNR-Based Angular Spectra” Charles Blandin, Emmanuel Vincent and Alexey Ozerov INRIA, Centre de Rennes – Bretagne Atlantique, 2616-2619,2011.
- Bme,R. , ““Localization of an Ultrasonic Sound Source with DSP,” pp. 1–13.
- Chend,Y.H., Meng,Q.H., Liu,Y.J.,Zeng M.,Xue,L., ve Ma,S.G., “Fusing sound and dead reckoning for multi-robot cooperative localization,” Proc. World Congr. Intell. Control Autom., vol. 2016–September, no. 2, pp. 1474–1478, 2016.
- Imam.N ve Barhen,J., “Acoustic Source Localization via Time Difference of Arrival Estimation for Distributed Sensor Networks Using Tera-Scale Optical Core Devices,” J. Sensors, vol. 2009, pp. 1–11, 2009.
- Maher,R.C., “Modeling And Signal Processing Of Acoustic Gunshot Recordings” Signal Processing, pp. 257–261, 2006.
- Paulose,S., Sebastian,E., ve Paul,B.,“Acoustic Source Localization,” Int. J. Adv. Res. Electr. Electron. Instrum. Eng., vol. 2, no. 2, pp. 933–939, 2013.
- Roman,N., Wang,D., ve Brown,G.J.,“Speech segregation based on sound localization,” J. Acoust. Soc. Am., vol. 114, no. 4, pp. 2236–2252, 2003.
- Sasaki,Y., Kagami,S., ve Mizoguchi,H., “Multiple sound source mapping for a mobile robot by self-motion triangulation,” IEEE Int. Conf. Intell. Robot. Syst., pp. 380–385, 2006.
- Van den Broeck,N. , Bertrand,A., Karsmakers,P., Vanrumste,B., Van Hamme,H., ve Moonen,M., “Time-Domain GCC-Phat Sound Source Localization for Small Microphone Arrays,” Eur. DSP Educ. Res. Conf., no. June 2014, pp. 1–5, 2012.
- Vincent,E., Sini,A., ve Charpillet,F., “Audio source localization by optimal control of a mobile robot,” IEEE Int. Conf. Acoust. Speech Signal Process., pp. 5630–5634, 2015.
- Zhang,C. , Florencio, D., ve Zhang,Z., “Maximum likelihood sound source localization and beamforming for directional microphone arrays in distributed meetings,” IEEE Trans. Multimed., vol. 10, no. 3, pp. 538–548, 2008.
- Zhayida,S., Burgess,S., Kuang,Y. Ve Aström,K., “TOA-Based Self-Calibration of Dual-Microphone Array,” IEEE J. Sel. Top. Signal Process., vol. 9, no. 5, pp. 791–801, 2015.
- Zhayida,S., Andersson,F. ve Astrom,K., “Offset estimation for microphone localization using alternating projections”2015 Asia-Pacific Signal Inf. Process.Assoc.Annu.Summit Conf. APSIRA ASC 2015,110-113,2016.



## MODELLING THE RELATIONSHIP BETWEEN STRATEGIC PLANNING AND THE SUCCESS OF TOTAL QUALITY MANAGEMENT

Gulin Idil Sonmezturk Bolatan  
Alanya Alaaddin Keykubat University

Arzu Karaman Akgul  
Yildiz Technical University

### ABSTRACT

Strategy is a term that transforms business theory into performance and provides the desired results in an uncertain environment in an organization. Strategic planning is based on long term planning or in other words it is the overarching view of what particular activities an organization should undertake to align its mission, vision, and values with its environment. It shapes the broader context, goals, and initiatives. Organizations which implement total quality management acquire many benefits such as more satisfied customers, reduced costs, higher quality products, improved quality performance. Therefore we aim to investigate the effect of strategic planning on total quality management success. Accordingly, we made a literature review to develop hypotheses and examined the relationships between TQM and strategic planning.

**Keywords:** *Strategic planning, total quality management (TQM), critical success factors.*

## 1. INTRODUCTION

In today's highly competitive and global world companies should have the ability of meeting the changing needs and expectations of their customers. Besides that, companies also need to offer high-quality products with value and meet the delivery dates. Total quality management is a management system that improves the quality and the competitiveness of companies. It helps them in improving their competitive capabilities while increasing the standard of their products and services and as a result, companies can improve themselves all the time which in turn will be a key for business success. If properly implemented companies' market share will increase, quality will improve, the cost will be lowered and quick response will be possible. TQM is an important issue in increasing the market share and achieving success in local and global markets.

Strategic planning could be defined as an approach used for deciding what an establishment should do, how and why (Bryson, 2004). In other words, companies have to combine their strategic ideas, objectives and priorities in order to survive in the long term. Strategic planning is different than the traditional long-range planning and conventional program planning since it looks at the big picture. Strategic planning activities are started with defining the vision and mission. After this step the purpose and the competitive weapons of the company which have an impact on the mission and strategies are determined. In the third step SWOT analysis is conducted. In other words the strengths and weaknesses of the company, and the opportunities and threats in the external environment are analyzed. Beside that the company has to consider the stakeholders' needs and expectations (Coskun, 2011; Projogo and Sohal, 2004).

Total Quality Management engaged in the strategy of the organizations and at the beginning of this engagement we see the strategic planning. The integration of TQM and strategic planning could offer the organization a higher level of success in other words the combination of total quality management and strategic planning offer a corporation with the tools to achieve a competitive advantage within the marketplace since they create a synergy in today's highly global and competitive world (Butz Jr, 1995).

The main object of this study is to investigate the effect of strategic planning on the success of total quality management. Based upon the literature, strategic planning and total quality management are defined broadly and a questionnaire is conducted.

## 2. RELEVANT LITERATURE

### 2.1 STRATEGIC PLANNING (SP)

Strategic planning is used for predicting and anticipating changes within the business environment and positioning the corporation to respond. Organizations should develop an edge within the marketplace that differentiates the organization from all rivals. In order to meet the demand in the market, quality is one of the most competitive weapons. After defining the mission, vision and values, strategic planning will take place. Strategic planning is a long term planning of specific activities to align the mission, vision, and values of the organization with the environment in which it operates. Strategic planning differs from tactical plans. Tactical plans based upon a short term view, whereas the strategic plans draw the outlines. That means strategic planning is a crucial learning activity for the organizations whereas action plans could be thought as the application step of strategic planning (McClamroch et al., 2001).

### 2.2 TOTAL QUALITY MANAGEMENT (TQM)

Total quality management becomes a necessary factor in the sustainability of organizations. In order to gain and/or sustain the competitiveness in the market TQM allows companies to reach a high level of differentiation, to satisfy customers' demand, to raise the corporate image, while decreasing costs by eliminating defects and delays, and wasted time that enable to improve the processes of companies (Claver et al., 2003). In other words TQM is a business management strategy that improves the quality of organizations and provides value to customers (Lee et al., 2010; Projogo and Sohal, 2004). TQM is based upon a culture that enables to satisfy the customers via continuous improvements. However the culture changes according to one industry to another, it improves the company while decreasing costs (Bayraktar, et al., 2008; Kanji & Wallace, 2000).

We determined the measures as top management commitment and leadership, customer satisfaction, employee responsibility and involvement, quality results, product/service design, education and training, supplier quality management, process management, information and analysis, and important innovations based upon the studies of Saraph et al. (1989), Ang et al. (1999), Claver et al. (2003), Projogo and Sohal (2006), Yusr et al. (2017).

Critical success factors (CSF) influencing the successful implementation of total quality management which are used in our research are defined as follows:

CSF 1: Top Management Commitment and Leadership

The success of TQM is based on top management commitment and leadership since TQM starts at the top level and top management is responsible for developing a TQM culture (Aquilani et al., 2017; Brah and Lim, 2006). The responsibilities include communicating a quality commitment, encouraging the workers for changes, making their own decisions, and motivating all employees for the adoption of TQM (Claver et al., 2003; Coşkun, 2011).

#### CSF 2: Customer Satisfaction

However, some scholars define customer satisfaction as a result of TQM implementation it is one of the main critical success factors of TQM (Aquilani et al., 2017). In order to meet the customer expectations, organizations have to make a clear definition of customers. If we consider the production process, each step is a customer of its previous steps. Therefore, it can be said that customer satisfaction is directly related with the purpose of TQM (Coşkun, 2011).

#### CSF 3: Employee Responsibility and Involvement

A vital principle of TQM is that everyone in the organization is responsible for quality. Therefore, employee involvement and responsibility is necessary for implementing TQM successfully. Employees are responsible for improving the processes via using their abilities and skills (Aquilani et al., 2017).

#### CSF 4: Quality Results

In order to see the results of quality, companies should monitor the product/service quality, measure the productivity and the decrease in cost, calculate the waiting and re-processing time and waste, and evaluate the success of employees (Ang et al., 1999).

#### CSF 5: Product/Service Design

Saraph et al. (1989) emphasizes the manufacturability, features, quality, and prevention of the frequent redesign of products and services.

#### CSF 6: Education and Training

Training and education for managers and employees is a key critical success factor of successful TQM implementation (Aquilani et al., 2017; Claver et al., 2003).

#### CSF 7: Supplier Quality Management

In order to improve the quality of goods and services organizations have to use suppliers which meet the quality specifications those are determined by the organizations (Aquilani et al., 2017).

#### CSF 8: Process Management

The process is defined as the production process which is composed of a series of activities used in the transformation of inputs to outputs. Since one output of a process could become an input for another, in order to improve the quality, companies need to improve the processes. Processes are improved by adding value, increasing quality standards and improving productivity (Aquilani et al., 2017; Coşkun, 2011).

#### CSF 9: Information and Analysis

Companies should collect and manage all quality relevant data, monitor and analyze the processes in order to correct the problems and facilitate continuous improvement. Companies get the data from internal and external channels which include customers, processes, suppliers, competitors, and employees (Aquilani et al., 2017). After gathering the data companies using TQM use different kind of techniques like cause-effect diagrams, histograms, Pareto diagrams, control diagrams and relations diagrams, etc. in order to make relevant analysis (Coşkun, 2011). Data collection and analysis is the main step of making decision (Brah and Lim, 2006).

#### CSF 10: Important innovations

Establishing innovative business processes and implementing product/service innovations to improve quality are the main drivers of this factor (Ang et al., 1999).

### **2.3 TOTAL QUALITY MANAGEMENT AND STRATEGIC PLANNING**

TQM is used for gaining and/or sustaining competitive advantage in the market and it must be considered and used at the strategic level since competitive advantage begin at the strategic level (Reed et al., 2000). Strategic plans include quality goals, in many TQM related studies, it is supposed that TQM should be linked to the organization's strategy. The main aim of implementing TQM is to achieve success in the market. Actually, TQM must be fully integrated into the strategy and operation of the business, and in order to accomplish this integration we have to start with strategic planning. If the integration is accomplished, occurred synergy will strengthen the effect of strategic planning and TQM and causes a big success in the market (Butz Jr, 1995).

Based upon these arguments, it can be said that when strategic planning and TQM are integrated, they can be most effective. If strategic plans don't include improvements in quality, it is not enough strategic as we

considered. Especially the organizations that are competing on customer satisfaction, should consider the quality as a part of their strategic planning process. On the other hand organizations those wanting to be successful in quality management, need to create quality plans in connection with their strategic objectives. Only the organizations that have a clear vision and focus on quality activities could achieve quality improvements (Ozguner and Ozguner, 2015).

Other similarities and also differences between strategic planning and total quality management are listed below (Kantardjieva, 2015; Line, 2006):

- 1) Each of TQM and strategic planning defined as the clearly set mission and objectives;
- 2) Strategic planning is a plan but total quality management is a set of principles and techniques;
- 3) Each of them refers to the action not theory;
- 4) Each of them needs an absolute commitment of top management;
- 5) Each of them needs the participation of all of the workers, in TQM organizations need to integrate the involvement, whereas in strategic planning it is left to preference;
- 6) Each of them needs a cultural change, but in TQM it is explicit and in strategic planning it is something to look forward to;
- 7) Each of them concentrate on the users/consumers, in total quality management it's essential, and in strategic planning it's expected to become apparent at the beginning of the process;
- 8) Each of them requires a process analysis; it should be explicit in total quality management, and implicit in strategic planning;
- 9) Each of them implies improvement- – total quality management in detail and strategic planning in general;
- 10) Each of them contains supervision and analysis, in total quality management it's more explicit;
- 11) Strategic planning includes only key workers, in total quality management everybody, on each level is involved;
- 12) Strategic planning functions from upward to downward and total quality management in reverse.

Based upon the literature we can simply draw our research model in Figure 1.

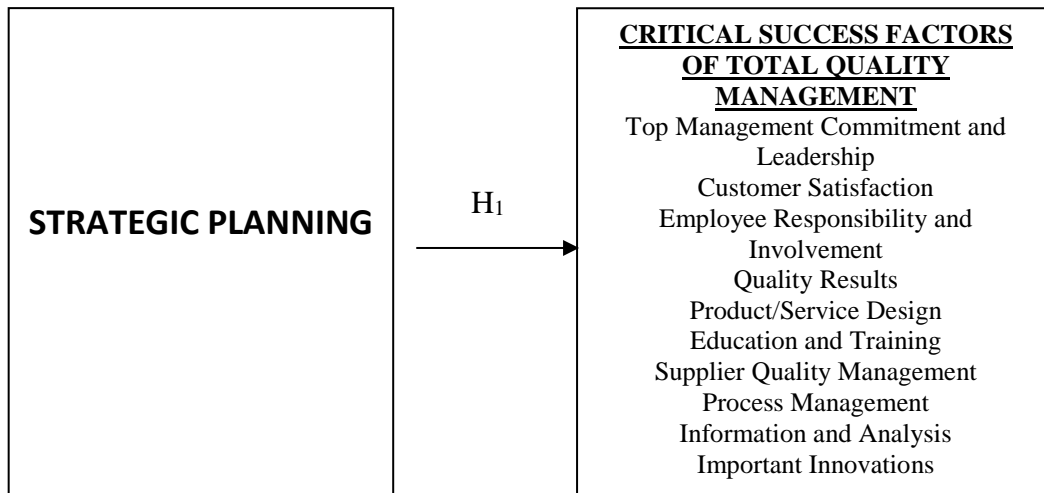


Figure 1. Research Model

Between strategic planning and total quality management, we expect that:

H1: There is a positive relationship between strategic planning and total quality management.

H1a: There is a positive relationship between strategic planning and top management commitment and leadership.

H1b: There is a positive relationship between strategic planning and customer satisfaction.

H1c: There is a positive relationship between strategic planning and employee responsibility and involvement.

H1d: There is a positive relationship between strategic planning and quality results.

H1e: There is a positive relationship between strategic planning and product/service design.

- H1f: There is a positive relationship between strategic planning and education and training.  
 H1g: There is a positive relationship between strategic planning and supplier quality management.  
 H1h: There is a positive relationship between strategic planning and process management.  
 H1i: There is a positive relationship between strategic planning and information and analysis.  
 H1j: There is a positive relationship between strategic planning and important innovations.

### 3. METHOD

In order to questioning the strategic planning, we use the scale of the study of Ang et al. (1999) and Projogo and Sohal (2006), and asked the respondents for indicating their companies view on a five-point scale, ranging from 1 “strongly disagree” to 5 “strongly agree” to the given statements. Table 1 shows the dimensions of strategic planning and their sources of reference.

**Table 1. Strategic planning dimensions, attributes and reference sources**

<b>B1. Strategic Planning</b>		<b>Reference Sources</b>
<b>B1.1</b>	We identify strategic issues.	Ang et al., 1999
<b>B1.2</b>	We have a comprehensive and structured planning process which regularly sets and reviews short and long-term goals	Projogo and Sohal, 2006
<b>B1.3</b>	We analyze strategic issues	Ang et al., 1999
<b>B1.4</b>	We make strategic decisions	Ang et al., 1999
<b>B1.5</b>	We formulate strategic plans	Ang et al., 1999

Respondents were asked to evaluate their critical success factors of implementing total quality management on a 5 point Likert scale (See Appendix 1 for the CSFs used in evaluating the success of TQM implementation and their reference sources).

### 4. FINDINGS

With the purpose of investigating the relationships between total quality management and strategic planning, 200 organizations of the big1000 firms which are classified by Istanbul Chamber of Industry are selected. We conduct the study with producing firms. Based upon the literature a questionnaire is designed and later conducted face-to-face with producing managers or quality managers of the corporations.

The percentages of companies that have certifications are shown in Table 2. As shown in the table, most of the companies in the sample have ISO 9001 quality certification with 79.5%

**Table 2. Quality Certifications of the firms in the sample**

<b>Quality Documents</b>	<b>Percent (%)</b>
ISO 9000	20,5
ISO 9001	79,5
ISO 14000	12
ISO 14001	50
ISO 22000	18,5
OHSAS	38,5
HACCP	11
CE	17

The characteristics of the sample are summarized in Table 3. Based upon the table, it can be said that most of the companies are in the food and beverages industry (15.5%), working 37 years and up, and most of them are big sized companies (81%).

**Table 3. Characteristics of the sample**

Industry	Percent (%)	Age	Percent (%)
Food and beverages	15.5	0 – 6 year	2
Textile, apparel and leather	15	7 – 16 year	13
Metal	12.5	17 – 26 year	18.5
Automobile	11	27 – 36 year	24
Construction	7	37+	42.5
Machinery and equipment	6.5	<b>No. of Workers</b>	<b>Percent (%)</b>
Paper, paper products, printing, publishing	6	≤50	1,5
Energy	5	51 – 100	3
Chemicals	3.5	101 – 150	6
Plastic	3	151 – 200	3.5
Stone and earth-based products	2.5	201 – 250	5
Wood products and furniture	2.5	≥251	81
Drug	2.5	<b>Size</b>	<b>Percent (%)</b>
Mine and mine products	2	Big Sized	81
Electronic	1.5	SMEs	19
Cleansers	1	<b>Capital</b>	<b>Percent (%)</b>
Tobacco	1	Domestic	81
Agricultural chemicals	1	Foreign	6
Glass	0.5	Mixed	13
Aviation	0.5		

## 5. DATA ANALYSIS

For our research we used partial least squares technique (PLS). According to Rosipal and Kramer (2006), partial least squares technique is a very powerful tool which applied in many areas of research, especially in social sciences. In data analysis, we first make an assessment of the outer model and then we will assess the inner model in order to find out the effect of strategic planning on the success of quality management.

### 5.1 ASSESSING THE OUTER MODEL

Based upon the study of Hair et al. (2014), outer model tests validity and reliability. In order to evaluate the reliability, validity composite reliability (CR) and average variance extracted (AVE) were computed for all constructs. For each indicator which has an outer loading more than 0.70, and the constructs' average variance extracted (AVE) is 0.50 or more (Yusr et al., 2017; Hair et al., 2014) the convergent validity is supported. The results of testing the outer model's reliability and validity are shown in Table 4. All of the items meet the requested threshold. After this analysis we examine discriminant validity. Discriminant validity represents to which extent the construct is empirically distinct from other constructs (Hair et al., 2014).

**Table 4. The reliability and validity of the constructs**

	<b>Cronbach's Alpha</b>	<b>CR</b>	<b>Convergent Validity (Outer Loadings)</b>	<b>AVE</b>
<b>A1. Top Management Commitment and Leadership</b>	0.897	0.924		0.708
A1.1			0.785	
A1.2			0.843	
A1.3			0.848	
A1.4			0.838	
A1.5			0.891	
<b>A2. Customer Satisfaction</b>	0.884	0.915		0.684
A2.1			0.834	
A2.2			0.853	
A2.3			0.799	
A2.4			0.823	
A2.5			0.824	
<b>A3. Employee Responsibility and Involvement</b>	0.900	0.926		0.715
A3.1			0.883	
A3.2			0.832	
A3.3			0.818	
A3.4			0.857	
A3.5			0.835	
<b>A4. Quality Results</b>	0.882	0.914		0.680
A4.1			0.765	
A4.2			0.858	
A4.3			0.863	
A4.4			0.846	
A4.5			0.788	
<b>A5. Product/Service Design</b>	0.892	0.921		0.700
A5.1			0.834	
A5.2			0.796	
A5.3			0.868	
A5.4			0.826	
A5.5			0.857	
<b>A6. Education and Training</b>	0.917	0.938		0.750
A6.1			0.870	
A6.2			0.885	
A6.3			0.868	
A6.4			0.847	
A6.5			0.860	
<b>A7. Supplier Quality Management</b>	0.854	0.896		0.633
A7.1			0.841	
A7.2			0.852	
A7.3			0.773	
A7.4			0.772	
A7.5			0.733	

**Table 4. The reliability and validity of the constructs (Cont'd)**

	<b>Cronbach's Alpha</b>	<b>CR</b>	<b>Convergent Validity (Outer Loadings)</b>	<b>AVE</b>
<b>A8. Process Management</b>	0.882	0.913		0.678
<b>A8.1</b>			0.794	
<b>A8.2</b>			0.831	
<b>A8.3</b>			0.843	
<b>A8.4</b>			0.830	
<b>A8.5</b>			0.818	
<b>A9. Information and Analysis</b>	0.900	0.926		0.714
<b>A9.1</b>			0.848	
<b>A9.2</b>			0.847	
<b>A9.3</b>			0.846	
<b>A9.4</b>			0.859	
<b>A9.5</b>			0.823	
<b>A10. Important Innovations</b>	0.897	0.924		0.708
<b>A10.1</b>			0.811	
<b>A10.2</b>			0.867	
<b>A10.3</b>			0.842	
<b>A10.4</b>			0.858	
<b>A10.5</b>			0.827	
<b>B1. Strategic Planning</b>	0.943	0.957		0.816
<b>B1.1</b>			0.905	
<b>B1.2</b>			0.872	
<b>B1.3</b>			0.907	
<b>B1.4</b>			0.893	
<b>B1.5</b>			0,938	

Table 5 shows that the average variance extracted square root value exceeds the values of all correlations. This procedure was recommended by Fornell and Larcker (1981). In Table 5, the square root of the AVE is located in the diagonal part of the correlation matrix and these values are greater than all the values in corresponding rows and columns, attesting the discriminant validity of the constructs used in our measurement model. Consequently, the model satisfies the requirements of goodness and the measurement is reliable. So this research's hypothesis can be tested. Therefore, we have formed the inner model of the research.

## **5.2. ASSESSING THE INNER MODEL**

This section has many steps. Coefficient of determination ( $R^2$ ), cross-validated redundancy ( $Q^2$ ), path coefficients, and the effect size ( $f^2$ ) are analyzed in this section. The  $R^2$  is a measure of the model's predictive accuracy (Yusr et al., 2017). In interpreting the  $R^2$ , we use 0.75, 0.50, and 0.25 rule which describes substantial, moderate, or weak levels of predictive accuracy respectively (Hair et al., 2011; Henseler et al., 2009). As seen from the Table 6, the  $R^2$  value of total quality management success factors are in the moderate range indicating that customer satisfaction, product/process design, information and analysis, top management commitment and leadership, quality results, and employee responsibility and involvement had a moderate effect on innovation performance. However process management, supplier quality management, education and training are just a little bit higher than the 0.25 threshold, the important innovations have weakest effect in this model.



**Table 5. The discriminant validity of the constructs**

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	<b>Top Management Commitment and Leadership</b>	<b>0.842</b>										
2	<b>Customer Satisfaction</b>	0.570	<b>0.827</b>									
3	<b>Employee Responsibility and Involvement</b>	0.682	0.677	<b>0.845</b>								
4	<b>Quality Results</b>	0.668	0.582	0.664	<b>0.825</b>							
5	<b>Product/Service Design</b>	0.590	0.581	0.669	0.620	<b>0.836</b>						
6	<b>Education and Training</b>	0.645	0.655	0.758	0.598	0.584	<b>0.866</b>					
7	<b>Supplier Quality Management</b>	0.532	0.605	0.699	0.577	0.576	0.628	<b>0.795</b>				
8	<b>Process Management</b>	0.612	0.558	0.744	0.651	0.607	0.700	0.615	<b>0.823</b>			
9	<b>Information and Analysis</b>	0.665	0.678	0.839	0.643	0.641	0.729	0.626	0.731	<b>0.845</b>		
10	<b>Important Innovations</b>	0.327	0.380	0.480	0.334	0.437	0.383	0.388	0.463	0.527	<b>0.841</b>	
11	<b>Strategic Planning</b>	0.637	0.552	0.617	0.656	0.581	0.533	0.515	0.505	0.648	0.415	<b>0.903</b>

**Table 6. R<sup>2</sup>, f<sup>2</sup>, Q<sup>2</sup> Values for Assessment of Inner Model**

	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>f<sup>2</sup></b>	<b>Q<sup>2</sup></b>
<b>Top Management Commitment and Leadership</b>	0.41	0.68	0.27
<b>Customer Satisfaction</b>	0.30	0.44	0.19
<b>Employee Responsibility and Involvement</b>	0.38	0.62	0.25
<b>Quality Results</b>	0.43	0.76	0.27
<b>Product/Service Design</b>	0.34	0.51	0.22
<b>Education and Training</b>	0.28	0.40	0.19
<b>Supplier Quality Management</b>	0.27	0.36	0.15
<b>Process Management</b>	0.26	0.34	0.16
<b>Information and Analysis</b>	0.42	0.72	0.28
<b>Important Innovations</b>	0.17	0.21	0.11

Another criterion used in the evaluation of inner model is the effect size ( $f^2$ ). The effect size is small if  $f^2$  is 0.02; medium if  $f^2$  is 0.15 and large if  $f^2$  is 0.35 (Hair et al., 2014). Based upon the  $f^2$  values it can be said that the effect sizes of customer satisfaction, product/service design, information and analysis, top management commitment and leadership, quality results, supplier quality management, and employee responsibility and involvement are large. However the effect size of important innovations, process management is medium.

And the last criterion is Cross-validated redundancy (Q<sup>2</sup>). After running the blindfolding process the Q<sup>2</sup> can be evaluated (Yusr et al., 2017). Hair et al. (2014) emphasize that the smaller the difference between predicted and original values has the greater the Q<sup>2</sup> and the model's predictive accuracy. Therefore Q<sup>2</sup> have to have a value larger than zero. Based on the result all of the values are above the zero.

**Table 7. Result of Hypotheses Testing**

Hypotheses	Path coefficients	SE	t-value	p-value	Decisions
Strategic Planning ->Top Management and Leadership	0.637	0.045	14.258***	0.000	Supported
Strategic Planning -> Customer Satisfaction	0.552	0.046	11.876***	0.000	Supported
Strategic Planning -> Employee Responsibility and Involvement	0.617	0.043	14.310***	0.000	Supported
Strategic Planning -> Quality Results	0.656	0.041	16.007***	0.000	Supported
Strategic Planning ->Product/Service Design	0.581	0.052	11.211***	0.000	Supported
Strategic Planning -> Education and Training	0.533	0.049	10.841***	0.000	Supported
Strategic Planning -> Supplier Quality Management	0.515	0.053	9.744***	0.000	Supported
Strategic Planning -> Process Management	0.505	0.060	8.358***	0.000	Supported
Strategic Planning -> Information and Analysis	0.648	0.038	16.929***	0.000	Supported
Strategic Planning -> Important Innovations	0.415	0.060	6.910***	0.000	Supported

Note: \*\*\*p<0.001

After testing and evaluating the values, the next step will be assessing the structural model via running the PLS algorithm to identify the path coefficient and bootstrapping algorithm to determine the significance level of the obtained coefficients. Table 7 illustrates the path coefficient and the bootstrapping result. As shown in Table 7, all the formulated hypotheses are supported by the result of the study with a significance level of 1 percent. So it can be said that there is a relationship between strategic planning and total quality management success.

## 6. CONCLUSIONS

Based upon the findings of related studies, this study has provided a strong empirical justification for the framework that illustrates the causal relations between strategic planning (SP) and total quality management (TQM) within the context of large scale Turkish manufacturing companies. The finding that SP is positively and significantly related to TQM critical success factors' dimensions is in line with earlier studies that have examined the positive and significant relationship between SP and TQM (Butz Jr, 1995; Reed et al., 2000; Line, 2006; Kantardjieva, 2015; Kumar and Sharma, 2017).

With a broader view it can be said that this study has an important contribution to the existing literature by conducting a study that exhibits the use of strategic planning as a tool in successful TQM implementation in an emerging country context which could be an important step of development in such countries.

### 6.1. MANAGERIAL IMPLICATIONS

This study offers a number of managerial implications. First of all, this study develops and validate a multi-dimensional construct for critical success factors of TQM which provides managers a useful tool for evaluating the success of their TQM implementation. Second, by making the analysis of the relationship between SP and the critical success factors of TQM in an emerging country. In order to successfully implement TQM firms tend to attend more emphasis on quality results; information and analysis; top management commitment and leadership; employee responsibility and involvement respectively. Based

upon the findings of this study, managers have to incorporate their efforts to adapt and implement TQM successfully to their broader strategic plans.

## 6.2. LIMITATIONS AND FUTURE RESEARCH

It should also be considered that this study is subject to some limitations. First, the study is focused on Turkish manufacturing companies which narrow the generalization of the findings to other sectors as well as other countries. It is hoped to extend the study collecting data from other emerging countries and from service industry. Besides, it will also be useful to include the developed countries, examine, and compare other emerging and developed countries in order to draw the big picture.

Second, future studies may include moderator variables such as firm size, age, foreign equity share, etc. in the model in order to provide more insight regarding this issue.

Third while conducting the research, the data were collected from a single respondent in each firm that might cause response bias. Therefore future studies could use the data from multiple respondents and/or use longitudinal data in order to prevent this problem.

## REFERENCES

- Ang, C. L., Davies, M., and Finlay, P. N. (2000), "Measures to assess the impact of information technology on quality management", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 17 No. 1, pp. 42-66.
- Aquilani, B., Silvestri, C., Ruggieri, A., and Gatti, C. (2017), "A systematic literature review on total quality management critical success factors and the identification of new avenues of research", *The TQM Journal*, Vol. 29 No. 1, pp. 184-213.
- Bayraktar, E., Tatoglu, E., and Zaim, S., (2008), "An instrument for measuring the critical factors of TQM in Turkish higher education", *Total Quality Management*, Vol. 19 No. 6, June 2008, pp. 551–574.
- Butz Jr, H. E. (1995), "Strategic planning: the missing link in TQM", *Quality Progress*, Vol. 28 No. 5, p. 105.
- Brah, S., A. and Lim, H. Y., (2006), "The effects of technology and TQM on the performance of logistics companies", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 36 No. 3, pp. 192-209.
- Bryson, John M. (2004), *Strategic planning for public and nonprofit organizations: a guide to strengthening and sustaining organizational achievement*, Jossey- Boss, San Francisco.
- Claver, E., Tari, J.J. and Molina, J.F. (2003), "Critical factors and results of quality management: an empirical study", *Total Quality Management*, Vol. 14 No: 1, pp. 91-118.
- Coskun, S. (2011). "Strategic management and total quality management: similarities, differences and implications for public administration", *Amme İdaresi Dergisi*, Vol. 44 No. 2, pp. 43-69.
- Fornell, C. and Larcker, D. F. (1981), "Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error", *Journal of Marketing Research*, Vol. 18 No. 1, pp. 39-50.
- Hair, J.F., Ringle, C.M. and Sarstedt, M. (2011), "PLS-SEM: indeed a silver bullet", *The Journal of Marketing Theory and Practice*, Vol. 19 No. 2, pp. 139-152.
- Hair, J.J.F., Hult, G.T.M., Ringle, C.M. and Sarstedt, M. (2014), *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)*, SAGE Publications Inc., CA.
- Henseler, J., Ringle, C. M., and Sinkovics, R. R. (2009), "The use of partial least squares path modeling in international marketing". *New Challenges To International Marketing*, Emerald Group Publishing Limited, pp. 277-319.
- Kanji, G.K., & Wallace, W. (2000). *Business excellence through customer satisfaction*. *Total Quality Management*, 11(7), pp. 979–998.
- Kantardjieva, M., (2015), *The Relationship between Total Quality Management (TQM) and Strategic Management*, *Journal of Economics, Business and Management*, Vol. 3, No. 5, pp. 537-541.
- Lee, V.H., Ooi, K. B., Tan, B. İ., Chong, A.Y.L., (2010), *A Structural Analysis of the Relationship between TQM Practices and Product Innovation*, *Asian Journal of Technology Innovation*, Vol. 18 No. 1, pp. 73-96.
- Line, M.B., (2006), *Relating Quality Management to Strategic Planning*, Harrogate: United Kingdom, pp. 219-226
- McClamroch, J., Byrd, J. J., Sowell, S. L., 2001, *Strategic Planning: Politics, Leadership, and Learning*, *The Journal of Academic Librarianship*, Volume 27, Number 5, pp. 372–378.
- Ozguner, M., Ozguner, Z., (2015), *Strategic Management, Strategic Planning and Total Quality Management Relationship*, *Strategic Total Quality Management*, *Journal of Academic Social Research*, No: 21, pp. 437-449.

- Projogo, D. I. and Sohal, A. S. (2004), “Transitioning from Total Quality Management to Total Innovation Management, an Australian Case”, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 21, No. 8, pp. 861-875.
- Projogo, D. I., & Sohal, A. S. (2006). The relationship between organization strategy, total quality management (TQM), and organization performance—the mediating role of TQM. *European journal of operational research*, 168(1), pp. 35-50.
- Reed, R., Lemak, D., J., Mero, N.P., 2000, TQM and Sustainable Competitive Advantage, *Journal of Quality Management*, No:5, pp. 5-26
- Rosipal R., Kramer, N., 2006, “Overview and Recent Advances in Partial Least Squares. Subspace, Latent Structure and Feature Selection Techniques,” *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 3940, pp. 34-51.
- Saraph, J.V. and Benson, G.P., Schroeder, R.G. (1989) “An instrument for measuring the critical factors of quality management”, *Decision Sciences*,20, pp. 810–829.
- Scott-Kemmis, D. and Chittravas, C. (2007), “Revisiting the Learning and Capability Concepts: Building Learning Systems in Thai Auto Components Firms”, *Asian Journal of Technology Innovation*, Vol. 15, No. 2, pp. 67-100.
- Yusr, M. M., Mokhtar, S.S.M., Othman, A.R., Sulaiman, Y., (2017), Does interaction between TQM practices and knowledge management processes enhance the innovation performance?, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol:34, No:7, pp. 955-974.

**Appendix 1.** Critical Success Factors of Total Quality management and sources of reference (Cont'd)

CSFs	The Dimensions used in evaluating CSFs of TQM		Sources of reference
<b>A1. Top Management Commitment and Leadership</b>	<b>A1.1</b>	Our company has clear quality goals identified by top management	Yusr, 2017
	<b>A1.2</b>	Our company has created quality culture	Ang et al., 1999
	<b>A1.3</b>	Our company has formulated vision and mission.	Ang et al., 1999
	<b>A1.4</b>	Our company has communicated quality values to staff.	Ang et al., 1999
	<b>A1.5</b>	Our company has facilitated communication between top management and other staff.	Ang et al., 1999
<b>A2. Customer Satisfaction</b>	<b>A2.1</b>	We actively and regularly seek customer inputs to identify their needs and expectations.	Projogo and Sohal, 2006
	<b>A2.2</b>	We always maintain a close relationship with our customers and provide them an easy channel for communicating with us.	Projogo and Sohal, 2006
	<b>A2.3</b>	Customer needs and expectations are effectively disseminated and understood throughout the workforce.	Projogo and Sohal, 2006
	<b>A2.4</b>	We have an effective process for resolving customers' complaints.	Projogo and Sohal, 2006
	<b>A2.5</b>	We measure customer satisfaction.	Ang et al., 1999
<b>A3. Employee Responsibility and Involvement</b>	<b>A3.1</b>	Employees are recognized for superior quality performance	Saraph et al., 1989
	<b>A3.2</b>	Quality issues are handled by effective supervision.	Saraph et al., 1989
	<b>A3.3</b>	Employee satisfaction is formally and regularly measured in our company.	Projogo and Sohal, 2006
	<b>A3.4</b>	We involve staff in quality improvement.	Ang et al., 1999
	<b>A3.5</b>	In our company, employees' performance is measured and recognized in order to support quality programs	Claver et al., 2003
<b>A4. Quality Results</b>	<b>A4.1</b>	We actively and regularly measure good/service quality.	Saraph et al., 1989
	<b>A4.2</b>	We actively and regularly measure productivity.	Saraph et al., 1989
	<b>A4.3</b>	We actively and regularly measure reductions in operational costs.	Saraph et al., 1989
	<b>A4.4</b>	We monitor waste such as waiting, re-do work, and damage to equipment.	Saraph et al., 1989
	<b>A4.5</b>	We actively and regularly evaluate employee satisfaction.	Saraph et al., 1989
<b>A5. Product/Service Design</b>	<b>A5.1</b>	We actively monitor new product/service design reviews before the product/service is produced and marketed	Saraph et al., 1989
	<b>A5.2</b>	In the product/service design process the implementation/manufacturability is considered.	Saraph et al., 1989
	<b>A5.3</b>	We actively create coordination among affected departments in the product/service development process.	Saraph et al., 1989
	<b>A5.4</b>	Quality is emphasized by sales, customer service, marketing, and PR personnel.	Saraph et al., 1989
	<b>A5.5</b>	Quality of new products/services emphasized in relation to cost or schedule objectives.	Saraph et al., 1989

**Appendix 1.** Critical Success Factors of Total Quality management and sources of reference (Cont'd)

CSFs	The Dimensions used in evaluating CSFs of TQM		Sources of reference
<b>A6. Training</b>	<b>A6.1</b>	We provide training for employees in problem solving.	Saraph et al., 1989
	<b>A6.2</b>	We provide team building and group dynamics training for employees in the division.	Saraph et al., 1989
	<b>A6.3</b>	Quality-related training given to hourly employees throughout the division.	Saraph et al., 1989
	<b>A6.4</b>	Specific work-skills training (Technical and vocational) is given to hourly employees throughout the division.	Saraph et al., 1989
	<b>A6.5</b>	Quality-related training is given to managers and supervisors throughout the division.	Saraph et al., 1989
<b>A7. Supplier Quality Management</b>	<b>A7.1</b>	Our company relies on its supplier process control.	Saraph et al., 1989
	<b>A7.2</b>	We have a strong interdependence of supplier and customer.	Saraph et al., 1989
	<b>A7.3</b>	Our purchasing policy emphasizing quality rather than price.	Saraph et al., 1989
	<b>A7.4</b>	Our company establishes long-term relationships with suppliers.	Projogo and Sohal, 2006
	<b>A7.5</b>	Supplier makes the quality control.	Saraph et al., 1989
<b>A8. Process Management</b>	<b>A8.1</b>	Our limitations and steps of processes are clear.	Saraph et al., 1989
	<b>A8.2</b>	We use statistical control charts to control processes.	Saraph et al., 1989
	<b>A8.3</b>	We continuously control and improvement the key processes.	Claver et al., 2003
	<b>A8.4</b>	We try to prevent faulty products/services.	Claver et al., 2003
	<b>A8.5</b>	We make an extensive use of statistical techniques (e.g. SPC) to improve the processes and to reduce variation.	Projogo and Sohal, 2006
<b>A9.Important innovations</b>	<b>A9.1</b>	The level of newness (novelty) of our firm's new products is high.	Projogo and Sohal, 2006
	<b>A9.2</b>	The use of latest technological innovations in our new products is high.	Projogo and Sohal, 2006
	<b>A9.3</b>	The speed of our new product development is high.	Projogo and Sohal, 2006
	<b>A9.4</b>	The number of new products our firm has introduced to the market is high.	Projogo and Sohal, 2006
	<b>A9.5</b>	The number of our new products that is first-to-market (early market entrants) is high.	Projogo and Sohal, 2006
<b>A10. Information and Analysis</b>	<b>A10.1</b>	Up-to-date data and information of company's performance is always readily available for those who need it.	Projogo and Sohal, 2006
	<b>A10.2</b>	Our company has an effective performance measurement system to track overall organizational performance.	Projogo and Sohal, 2006
	<b>A10.3</b>	We provide professional staff with decision support tools such as statistical techniques and cause-effect diagrams.	Ang et al., 1999
	<b>A10.4</b>	We produce comprehensive information for different levels of need.	Ang et al., 1999
	<b>A10.5</b>	We improve information consistency.	Ang et al., 1999

## TEKNOLOJİ TRANSFER PERFORMANSININ TOPLAM KALİTE YÖNETİM ÖLÇÜTLERİNE ETKİSİ

Gülin İdil Sönmeztürk  
Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi

Sıtkı Gözlü  
İstanbul Teknik Üniversitesi

Okşan İmamoğlu  
Beykoz Üniversitesi

### ÖZET

Bu çalışmanın amacı teknoloji transfer performansı ile kalite yönetimi ölçütleri arasındaki ilişkiyi araştırmaktır. Bu amaçla firmalara anket formu gönderilerek bir araştırma yapılmıştır. Araştırma sonucunda teknoloji transfer performansının toplam kalite yönetimi ölçütlerinin tümünü pozitif yönde etkilediği bulunmuştur. Ayrıca teknoloji transfer performansının farklı toplam kalite yönetimi ölçütlerine etkisinin de farklı olduğu sonucu elde edilmiştir. Teknoloji transferinin en çok inovasyon yönetimi ile bilgi ve analiz ölçütlerini etkilediği bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** *Teknoloji transferi, teknoloji transfer performansı, toplam kalite yönetimi*

### ***EFFECT OF TECHNOLOGY TRANSFER PERFORMANCE ON THE TOTAL QUALITY MANAGEMENT DIMENSIONS***

### **ABSTRACT**

*The aim of this study is to determine the effect of technology transfer on the total quality management dimensions. In order to achieve this purpose, a survey was conducted on the companies by sending out a questionnaire. The results of research show that technology transfer performance affects total quality management dimensions positively and technology transfer performance have different effects on the different total quality management dimensions. Technology transfer performance have the most impact on innovation management, knowledge and analysis criteria.*

**Keywords:** *Technology transfer, performance of technology transfer, total quality management*

## 1. GİRİŞ

Firmalar varlıklarını sürdürebilmek için günümüzdeki rekabet ortamında kendilerini sürekli geliştirmek zorundadırlar. Bu gelişimin sağlanması hem donanımlarını yenilemeyi hem de iş süreçlerini yenilemeyi gerektirmektedir. Bu yeniliklerin sağlanması ise ancak teknolojik gelişim ile mümkün olmaktadır. Artan rekabet koşullarında firmalar müşteri ihtiyaçlarına uygun olan ürünleri kaliteli, düşük fiyatlı ve kısa sürede üretilip müşteriye sunmak zorundadırlar. Bunu sağlamak için de yeni teknolojilere ihtiyaç duymaktadırlar. Teknoloji, üretim yöntemlerinde, ürünlerde ve makinelerde yenilik oluşturan bir unsur olarak tanımlanabilmektedir. Bu yenilikler üretimi, verimliliği, rekabet üstünlüğünü ve kazancı arttırmakta ve müşteri beklentilerinin, ihtiyaçlarının daha iyi karşılanmasını sağlamaktadırlar. Dolayısıyla teknoloji, firmalar için çok önemli olan bu faktörlerin iyileşmesini ve müşteri memnuniyetinin artmasını sağlamaktadır. Teknoloji, üretimdeki emek ve sermaye girdilerine eklenerek üçüncü üretim girdisi olmuştur ve bu üç girdi arasında da etki payını sürekli arttırarak % 50'nin üzerine çıkarmıştır. Teknoloji sadece firmaların rekabet üstünlüğü için değil aynı zamanda ülkelerin gelişmesi açısından da büyük bir öneme sahiptir. Dolayısıyla teknoloji, ülkelerin gelişmişlik ve gelişmemişlik düzeylerini belirleyebilmektedir. Teknoloji transferi sadece transferi gerçekleştiren firma için değil tüm ülke için büyük öneme sahiptir. Teknoloji bir mal veya hizmetin üretimi için gerekli ve uygulanan bilgi, know-how ve deneyimlerdir. Teknoloji transferi, bir ülkedeki bilgi veya uzmanlığın başka ülkedeki insanlara iletilmesidir. Teknoloji transferi, teknolojinin bir organizasyondan diğerine geçmesi şeklinde de olabilmektedir (Guan ve diğ., 2006; Solo ve Rogers, 1972). Lisans anlaşmaları, yönetim sözleşmeleri, makine ithalatı, ekipman, ithalatı, teknik işbirliği, doğrudan yabancı yatırımlar, arge faaliyetleri, know-how anlaşmaları, danışmanlık hizmeti alımları, danışman ve yabancı uzman istihdamı, firmanın kendisince yürütülen ar-ge faaliyet ve projeleri, üniversite - sanayi işbirlikleri, anahtar teslimi tesis yatırımları, finansal kiralama, ticari ziyaretler, franchising, şirket satın almaları, bilimsel ve teknik personel değişimi, bilim ve teknoloji konferansları ve ticari tanıtımlar, fuarlara katılım, seminerler, ortak girişim (joint venture) anlaşmaları, uluslararası teknik programlar, eğitim alma ve öğrenim, açık literatür (dergiler, kitaplar, literatür, makaleler vb.) teknoloji transferi türlerindedir.

Şirketlerin rekabet ortamında başarılı olabilmesi, pazarda yer edinebilmesi için organizasyondaki tüm bölümlerin birlikte aynı hedefler için çalışması gerekmektedir. Bir şirketteki her çalışan ve her faaliyet diğer çalışanları ve faaliyetleri etkilemektedir. Ülkemizde gün geçtikçe artan rekabet ortamı firmaları tercih edilen firma olmak için gelişmeye yöneltmektedir. Tercih edilen olma ise kalite, fiyat, teslim süresi, müşteri ilişkileri gibi birçok faktöre bağlıdır. Kalite yönetimi bir firmadaki bu faktörlerin tümünde etkin olmayı amaçlamaktadır. Firmalar rekabette üstünlük sağlamak için etkinlik seviyelerini arttırmak istemektedirler. Kalite yönetim ölçütlerinin her birinde başarıyı sağlamış firmalar başarılı kalite yönetimi sağlamış olmaktadır. Böylece firma etkinliğini, performansını, müşteri memnuniyetini, firmaya olan talebi arttırmış ve dolayısıyla rekabette öne geçerek pazar paylarını arttırmış olacaklardır. Dolayısıyla firmanın başlayacağı her yeni uygulamanın kalite yönetimi ölçütlerine olan etkisi çok önemlidir. Bu çalışmada teknoloji transfer performansının kalite yönetimi ölçütlerini etkileyip etkilemediği araştırılmıştır.

### 1.1 Toplam Kalite Yönetimi

Kalitenin çok çeşitli tanımları bulunmaktadır. Deming kaliteyi, müşterilerin ihtiyacına cevap verebilen, düşük maliyetli, güvenilir ve standart olabilmek olarak tanımlamaktadır. Juran ise kaliteyi kullanıma uygunluk olarak tanımlamaktadır. Müşteri isteklerini ve gereksinimlerini karşılayabilmek için ürün ve hizmetlerin sürekli olarak geliştirilmesi, değişkenliklerin azaltılıp standart özelliklerin oluşturulması, müşteri memnuniyeti, kalitenin bir maliyetinin olduğu gibi kalitesizliğin de maliyetinin olduğu, sürekli yenilik, sıfır hata, kaliteyi sağlamak için sistematik yaklaşım, kaliteye stratejik odaklanma, kalite planlaması gibi kavramlar Garvin, Juran, Crosby, Deming, Ishikawa, Feigenbaum gibi kalite konusunda çalışmış önemli yazarlar tarafından ortaya konmuştur. Kalite, müşterilerin ihtiyaçlarını veya ihtiyaçlarından fazlasını karşılamaktır (Corbett ve Rastrick, 2000). Kalite, amaçlara uygunluk derecesidir. Toplam kalite yönetimi; müşteri ihtiyaçlarını karşılama, yüksek derecede farklılaşmanın sağlanması, marka imajının güçlenmesi, zaman kaybının azalması ve hataların düzeltilmesi ile maliyetlerin azalması ve iş süreçlerinin iyileştirilmesi gibi avantajlar sağlamaktadır. Ancak diğer yandan toplam kalite yönetimi uygulamada bazı problemler de oluşturmaktadır. Bu sebeple firmalar toplam kalite yönetimini uygularken bazı faktörlere dikkat etmelidirler (Claver ve diğ., 2003).

Kalite yönetim uygulamalarının kritik faktörleri konusunda yapılmış birçok araştırma vardır. Araştırmamızda kullanılacak kalite yönetim kritik faktörlerinin belirlenmesi amacıyla bu çalışmalar incelenmiş ve kalite yönetim kritik faktörleri belirlenmiştir. Yapılan literatür araştırması sonucu kalite yönetim kritik başarı faktörleri olarak önceki araştırmalarda en çok tercih edilen aşağıdaki faktörlerin çalışmada kritik başarı faktörleri olarak kullanılmasına karar verilmiştir. Bu faktörler aynı zamanda, Saraph ve diğ. (1989) çalışmasında belirlenen tüm kritik başarı faktörlerini kapsamaktadır. Saraph ve diğ. (1989)



çalışmasında belirlenen bu faktörler literatürde birçok çalışmada kullanılmıştır. Türkiye’de yapılan bir çalışmada da Saraph ve diğ. (1989) tarafından belirlenen kritik kalite faktörlerinin Türk firmaları için geçerli olup olmadığı araştırılmıştır. Bunun için anket çalışması yapılmış ve 84 firmadan cevap alınmıştır. Bu firmalardan elde edilen veriler kullanılarak ölçeğin güvenilirlik ve geçerliği test edilmiştir. Analiz sonuçları, Saraph ve diğ. (1989) tarafından geliştirilen ölçeğin Türk firmalarının kalite yönetimi uygulamalarını değerlendirmek için kullanılabilir ve geçerli bir araç olduğunu göstermektedir (Bas, 2002). Çalışmada kullanılacak kalite yönetim kritik başarı faktörleri ve bu faktörlerin ölçütleri şöyledir:

**Liderlik-KY1:** Ang ve diğ. (1999) bu faktörü, vizyon ve misyonu tanımlamak, kalite değerleri ve çalışanlar arasında iletişimi sağlamak, sürekli iyileştirme için çalışanları desteklemek, iş süreçlerinin iyileştirilmesi için çalışanları cesaretlendirmek, üst yönetim ve çalışanlar arasında iletişimi sağlamak şeklinde tanımlamışlardır. Saraph ve diğ. (1989), çalışmalarında bu ölçütü “üst yönetimin sorumluluk alması” olarak almışlar ve şöyle tanımlamışlardır: Kalite sorumluluğunun üstyönetim tarafından alınması, üst yönetimin kalite konusunda değerlendirme yapması, kaliteyi iyileştirme konusunda gösterilen çabaya ortak olması, firmaya özgün kalite hedeflerinin belirlenmesi, kalitenin maliyet ve planlar ile ilişkisine önem verilmesi, kapsamlı kalite planları.

**Stratejik planlama süreci-KY2:** Ang ve diğ. (1999), bu faktörü stratejik konuların tanımlanması, stratejik konuların analiz edilmesi, stratejik kararların alınması, stratejik planların oluşturulması, stratejik planların dokümantasyonunun yapılması şeklinde tanımlamışlardır.

**Stratejik kalite yönetimi-KY3:** Saraph ve diğ. (1989) bu faktörü “kalite verileri ve raporları” olarak almış ve şöyle tanımlamışlardır. Stratejik kalite yönetimi ölçütleri şöyledir: kalite maliyet verilerini kullanmak, problemin çözülmesi için çalışanlara ve yöneticilere kalite verilerinin geri bildirim, zamanında kalite ölçümü, yöneticilerin ve çalışanların kalite performansı üzerinden değerlendirilmesi, kalite verilerinin mevcut olması.

**İnovasyon yönetimi-KY4:** Yenilikçi iş süreçlerinin oluşturulması, hizmet kalitesinin iyileştirilmesi için inovasyonlar uygulamak, bu faktörün ölçütleridir (Ang ve diğ., 1999).

**Bilgi ve analiz-KY5:** Ang ve diğ. (1999) bu faktörü, çalışanlar, müşteriler ve tedarikçiler hakkında bilgi toplanması, iş süreci hakkında bilgi toplanması, veri tabanlarının bakımı, kalite bilgi sistemlerinin bakımı, istatistiksel teknikler, neden-etki diyagramları gibi karar destek araçları için profesyonel çalışanların sağlanması, çalışanların karar problemleri için bilgilerin zamanında sağlanması., çalışan ihtiyaçlarına uygun bilginin sağlanması, farklı seviyedeki ihtiyaçlar için geniş bir alanda bilgi üretilmesi, çalışanların karar problemleri için bilgiye ulaşabilmelerini sağlamak, bilginin doğru olması için iyileştirilmesi, bilginin tutarlı olması için iyileştirilmesi şeklinde tanımlamışlardır.

**Müşteri memnuniyeti-KY6:** Ang ve diğ. (1999), bu faktörü müşteri ihtiyaçlarını tanımlamak, müşteri ihtiyaçlarını tahmin etmek, müşteri memnuniyetini ölçmek, müşteri ve firma arasındaki iletişimi düzeltmek şeklinde tanımlamışlardır.

**Çalışanların yetkilendirilmesi ve bağlılığı-KY7:** Saraph ve diğ. (1989) bu faktörü “çalışanlar ile ilişkiler” olarak belirlemiş ve tanımını şöyle yapmıştır: çalışan bağlılığı ve kalite çemberleri uygulamaları, kalite kararlarının verilmesinde çalışanların açık katılımı, kalite konusunda çalışanlara sorumluluk verilmesi, daha yüksek kalite performansı için çalışanları tanımak, eldeki kalite sonuçlarının denetlenmesinde etkinlik, tüm çalışanlara kalite bilincinin farkında olmasının devam etmesi.

**Kalite sonuçları (iş sonuçları)-KY8:** Bu faktörün ölçütleri; hizmet kalitesinin ölçülmesi, verimliliğin ölçülmesi, süreç maliyetlerindeki azalışın ölçülmesi, israfın (bekleme, yeniden işleme, ekipmanın hasar görmesi gibi) izlenmesi, çalışanların başarısının değerlendirilmesidir (Ang ve diğ., 1999).

**Tasarım kalite yönetimi-KY9:** Tasarımların gözden geçirilmesinde tüm bölümlerin etkisinin birleştirilmesi, üretilebilirliğe önem vermek, özelliklerin açık olarak belirtilmesi, kaliteye vurgu yapmak, sık olarak tekrar tasarım yapılmasını önlemek bu faktörün ölçütleridir (Saraph ve diğ., 1989).

**Eğitim ve öğrenim-KY10:** İstatistiksel eğitimi sağlama, ticaret eğitimi, tüm çalışanlar için kalite konusunda eğitimler bu faktörün ölçütleridir (Saraph ve diğ., 1989).

**Tedarikçi kalite yönetimi-KY11:** Az sayıda güvenilir tedarikçi, tedarikçinin süreç kontrolünü güvenilir şekilde yapması, müşteri ve tedarikçi arasında kuvvetli dayanışma, satın alma politikasında fiyattan çok kalite üzerinde durmak, tedarikçi kalite kontrolü, ürün geliştirmekte tedarikçi yardımı bu faktörün ölçütleridir (Saraph ve diğ., 1989).

**Süreç kalite yönetimi-KY12:** Süreç kalite yönetimi ölçütleri süreçlerdeki sınırlar, aşamaların açık olması, muayenelere daha az güven, istatistiksel süreç kontrolünün kullanılması, seçici (özel) otomasyon,

## 1.2 Teknoloji Transfer Performansı

Klasik ekonomi görüşüne göre teknoloji, bir maliyet ödemedi bir kesimden diğer kesime aktarılabilen bir mal olarak değerlendirilmektedir. Teknolojiyi bilgi olarak gören yaklaşım, bu klasik görüşün yerini almıştır (Kranzberg, 1986). Firmalarda üretimin teknoloji ile desteklenmesi (örneğin bilgisayar destekli tasarım-CAD, bilgisayar destekli üretim-CAM) ile yüksek kaliteli, müşteri ihtiyacına göre tasarlanan ve üretilen, hızlı pazar değişimlerine ve kısalan ürün yaşam döngüsüne cevap verebilen ürünler üretilebilmesini sağlamaktadır (Tracey ve diğ., 1999; Handfield ve Pagell, 1995, Roth ve Miller, 1992, Doll ve Vonderembse, 1987). Bu teknolojiler sayesinde firmalar; ürün tasarımı kalitesini ve ürünlerin üretimindeki kaliteyi iyileştirebilmekte, tasarım ve üretime ait süreler ile maliyeti de azaltabilmektedir. Teknolojik sistemler, müşteri isteklerindeki değişimlere hızlı bir şekilde uyum sağlayabildikleri için yüksek sipariş oranlarında da zamanında teslimatı sağlayabilmektedirler (Tracey ve diğ., 1999, Slack, 1987). Teknoloji transferi teknolojinin bir yerden diğerine geçmesidir. Örneğin bir organizasyondan diğerine, bir üniversiteden bir organizasyona veya bir ülkeden diğerine (Guan ve diğ., 2006; Solo ve Rogers, 1972). Teknolojik yeniliklerin, gelişmelerin ve buluşların çoğu az sayıda gelişmiş ülke tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu ülkeler tarafından geliştirilen teknolojiler geliştirmekte olan ülkeler tarafından ülkelerinin sanayileşmesi için kullanılmaktadır. Günümüzde gelişmiş olan birçok ülke gelişme dönemlerinde mevcut olan ileri teknolojilerden yararlanmışlardır (Tanaka ve diğ., 2007). Çalışmamızda literatür araştırması ile (Mohamed ve diğ., 2009; Sung, 2009; Greiner ve Franza, 2003; Lin ve diğ., 2002; Trott ve diğ., 1995; Wood ve EerNisse, 1992; Souder ve diğ., 1990, Guilfoos, 1989) belirlenen teknoloji transfer performans ölçütlerine faktör analizi yapılmıştır. Aşağıda yer alan 11 faktör belirlenmiştir: **TP1:** Yeterli ARGE'ye sahip olmak.

**TP2:** Teknoloji transferi için çaba gösterilmesi, bilginin dağıtılması ve iletişim.

**TP3:** Firma özelliklerine ve firma ihtiyaçlarına uygun, fayda sağlayacak teknolojinin transferi.

**TP4:** Yeni teknolojiye adaptasyon ve yeni teknolojiyi uygulama kabiliyeti.

**TP5:** Teknoloji transferinde kullanıcıya gerekli önemin verilmesi ve transfer konusunda başka organizasyonlar ile etkileşimde bulunulması.

**TP6:** Teknoloji transferi için yeterli desteğin alınması.

**TP7:** Teknoloji transferi konusunda çalışanların istekli olması ve ihtiyaçlara uygun seçilen teknolojinin çevre özelliklerine uygun hale getirilmesi.

**TP8:** Teknoloji transferi için yeterli iletişimin olması.

**TP9:** Yönetim odaklı organizasyon ve teknoloji kullanıcılarına yardım.

**TP10:** Teknoloji transferi için devlet yardımı almak ve transfer edilen teknolojinin kullanılması.

**TP11:** Destek, etkileşim ve transfer edilen teknoloji ile şirketin güçlenmesi.

## 1.3 Toplam Kalite Yönetimi ve Teknoloji Transferi

Karmaşık teknolojiler kullanıldığında firmada kalite uygulamalarının daha yaygın şekilde kullanılması beklenmektedir. Bunun sebebi yüksek seviyedeki otomasyonun daha kontrol edilebilir bir teknolojiye sahip olmasıdır. Dolayısıyla çalışanların (örneğin makine operatörleri) daha uzman olması gerekecek ve yenilikçi uygulamaları benimseyebilecek yenilikçi düşüncede olmaları gerekecektir. Sonuç olarak yüksek seviyedeki otomasyon, çalışanların teknolojiyi daha yüksek seviyede kontrolüne sebep olacak, bu da kalite yönetimi uygulamalarının benimsenmesini kolaylaştıracaktır. Yüksek teknolojik değişim yaşayan firmalar en çok kalite yönetimi uygulamalarını kullanmaya başlayan firmalardır. Çünkü teknolojik değişim ve kalite yönetimini benimseme arasında bir ilişki vardır. Dolayısıyla teknolojik değişimler ile organizasyonel (kalite yönetimi uygulamaları) değişimler arasında bir korelasyon vardır. Üretim türü (montaj hattı, sürekli üretim, atölye tipi üretim, proje tipi üretim) ile kalite yönetimi uygulamalarını benimseme arasında ise anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır. Otomasyon (CIM, robotlar vb.) seviyesi ile kalite yönetimini benimseme seviyeleri arasında anlamlı farklılıklar vardır. Yüksek seviyede kalite yönetimini benimseyen firmalar yüksek seviyede otomasyona sahiplerdir (Merino ve Cerio, 2003).

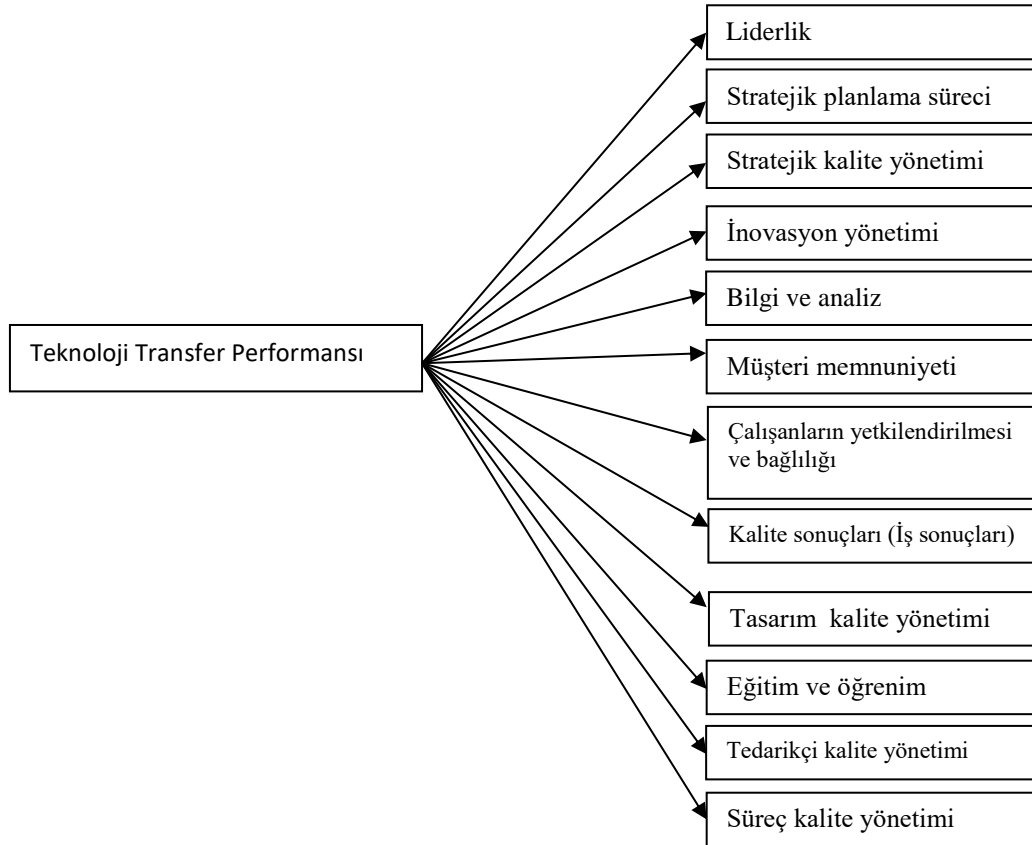
Quazi ve Bartels'in (1998) yaptıkları çalışmada uluslararası teknoloji transferi –toplam kalite yönetimi modeli önerilmektedir. Bu model müşteri memnuniyeti için sürekli iyileştirmelerin yapılmasını ve önemli teknolojilerin özümsemesini sağlayacaktır. Bu model müşteri, tedarikçi ve proje sahibinin hep birlikte kazançlı çıkması stratejisine dayalıdır. Toplam kalite yönetiminin uluslararası teknoloji transferine uygulanması kaliteyi düzelten bir kalite sistemi oluşturur. Teknoloji transfer kalite sistemi kurulması, kaynaklara odaklanılmasını, süreçlerin dokümantasyonunu, müşteri ilişkilerinin artmasını ve müşteri memnuniyetini sağlar. Uluslararası teknoloji transferi vasıtasıyla oluşturulan üretim sistemleri son müşterinin kalite ihtiyaçlarını karşılayan ürün ve hizmetleri sağlar. Ang ve diğ. (2000) çalışmasına göre, bilgi teknolojileri, toplam kalite yönetiminin firma performansı üzerindeki etkisini belirleyen kritik başarı faktörlerinden birisidir.

## 2. YÖNTEM

Çalışmanın araştırma sorusu, “teknoloji transfer performansının toplam kalite yönetimi ölçütlerini etkileyip etkilemediği, etkiliyor ise farklı toplam kalite yönetim ölçütlerine etkisi arasında fark olup olmadığıdır”. Araştırmada Sanayi Odası’nın belirlediği Türkiye’deki üretim sektöründe faaliyet gösteren ilk 1000 firma içinde yer alan 200 firmaya yüz yüze anket yapılmıştır. Soruları kalite bölümü veya imalat bölümü yöneticileri cevaplamıştır. Belirli teknoloji transfer türlerini gerçekleştirmiş firmaları araştırmaya dahil etmek yerine teknoloji transfer türlerinden herhangi birini gerçekleştirmiş tüm üretim firmaları araştırmaya dahil edilmiştir. Böylece araştırmanın daha kapsamlı olması sağlanmıştır. Araştırma modelinin analizi için bağımsız gruplar t testi ve korelasyon analizinden yararlanılmıştır.

### 2.1 Araştırma Modeli

Çalışmanın araştırma modeli oluşturulurken araştırmanın amacı ve yapılan literatür araştırması dikkate alınmıştır. Çalışmanın araştırma modeli Şekil 1’de görülmektedir.



Şekil 1. Araştırma Modeli

### 2.2 Hipotezler

Araştırma modeline dayanarak oluşturulan hipotezler şöyledir:

- H<sub>1</sub>:** Teknoloji transfer performansının farklı kalite yönetim ölçütlerine etkisi arasında fark vardır.
- H<sub>2</sub>:** Firmanın teknoloji transfer performansı firmanın liderlik kalite yönetim ölçütünü etkilemektedir.
- H<sub>3</sub>:** Firmanın teknoloji transfer performansı firmanın stratejik planlama süreci kalite yönetim ölçütünü etkilemektedir.
- H<sub>4</sub>:** Firmanın teknoloji transfer performansı firmanın stratejik kalite yönetimi kalite yönetim ölçütünü etkilemektedir.
- H<sub>5</sub>:** Firmanın teknoloji transfer performansı firmanın inovasyon yönetimi kalite yönetim ölçütünü etkilemektedir.
- H<sub>6</sub>:** Firmanın teknoloji transfer performansı firmanın bilgi ve analiz kalite yönetim ölçütünü etkilemektedir.
- H<sub>7</sub>:** Firmanın teknoloji transfer performansı firmanın müşteri memnuniyeti kalite yönetim ölçütünü etkilemektedir.
- H<sub>8</sub>:** Firmanın teknoloji transfer performansı firmanın çalışanların yetkilendirilmesi ve bağlılığı kalite yönetim ölçütünü etkilemektedir.

**H<sub>9</sub>**: Firmanın teknoloji transfer performansı firmanın kalite sonuçları (iş sonuçları) kalite yönetim ölçütünü etkilemektedir.

**H<sub>10</sub>**: Firmanın teknoloji transfer performansı firmanın tasarım kalite yönetimi kalite yönetim ölçütünü etkilemektedir.

**H<sub>11</sub>**: Firmanın teknoloji transfer performansı firmanın eğitim ve öğrenim kalite yönetim ölçütünü etkilemektedir.

**H<sub>12</sub>**: Firmanın teknoloji transfer performansı firmanın tedarikçi kalite yönetimi kalite yönetim ölçütünü etkilemektedir.

**H<sub>13</sub>**: Firmanın teknoloji transfer performansı firmanın süreç kalite yönetimi kalite yönetim ölçütünü etkilemektedir.

### 3. BULGULAR

Araştırma sonucu elde edilen veriler IBM SPSS Statistics 24.0 programı kullanılarak analiz edilmiştir.

#### 3.1 Güvenilirlik Analizi

Güvenilirlik analizi, güvenilir ölçekler oluşturmak için kullanılır. Araştırmamızda güvenilirlik analizi Cronbach's Alpha ( $\alpha$ ) ile yapılmıştır. Cronbach's Alpha sorular arası korelasyona bağlı uyum değeridir. Cronbach's Alpha değeri faktör altındaki soruların toplamdaki güvenilirlik seviyesini göstermektedir ve bu değer 0,70 ve üstünde ise ölçeğin güvenilir olduğu kabul edilir. Teknoloji transfer performansı, kalite yönetimi ve kalite performansı değişkenlerinin güvenilirlikleri sınanmış ve Tablo 1 'de gösterilmiştir. Kalite yönetimine ait liderlik, stratejik planlama süreci, stratejik kalite yönetimi, süreç kalite yönetimi, tasarım kalite yönetimi, eğitim ve öğrenim, tedarikçi kalite yönetimi, müşteri memnuniyeti, çalışanların yetkilendirilmesi ve bağlılığı, önemli inovasyonlar, kalite sonuçları (iş sonuçları), bilgi ve analiz ölçütlerinin hepsi için ayrı ayrı güvenilirlik analizi yapılmıştır.

**Tablo 1. Araştırma modelindeki değişkenlerin güvenilirlikleri**

Değişkenler	İfade Sayısı	Cronbach Alfa
<b>Teknoloji Transfer Performansı Değişkeni</b>	59	0,972
<b>Kalite Yönetimi Değişkenleri</b>		
Liderlik	16	0,944
Stratejik planlama süreci	7	0,937
Stratejik kalite yönetimi	11	0,918
İnovasyon Yönetimi	9	0,912
Bilgi ve Analiz	14	0,944
Müşteri memnuniyeti	8	0,903
Çalışanların yetkilendirilmesi ve bağlılığı	13	0,932
Kalite Sonuçları (İş sonuçları)	5	0,877
Tasarım kalite yönetimi	9	0,920
Eğitim ve öğrenim	7	0,915
Tedarikçi kalite yönetimi	8	0,882
Süreç kalite yönetimi	11	0,909

Yapılan güvenilirlik analizi sonucunda teknoloji transfer performansı değişkeninin Cronbach's Alpha değeri 0,972, toplam kalite yönetim ölçütleri için ise Cronbach's Alpha değerleri 0,877 ve üstünde değerler olarak bulunmuştur. Tablo 1 incelendiğinde çalışmaya ilişkin olarak geliştirilen tüm değişkenlerin tüm ifadelerle birlikte güvenilirlikleri sınanıldığında yüksek güvenilirlik katsayılarına sahip olduğu görülmektedir. Sonuç olarak tüm değişkenler tüm ifadeleri ile birlikte analiz edildiğinde 0,70'in üstünde bir Cronbach's Alpha değerine sahip oldukları için güvenilirlerdir.

#### 3.2 Analiz Sonuçları

**H<sub>1</sub>**: Teknoloji transfer performansının farklı kalite yönetim ölçütlerine etkisi arasında fark vardır.

H<sub>1</sub> hipotezinin testi için tek yönlü MANOVA testi yapılmıştır. Çünkü bir adet bağımsız değişken ve 12 adet bağımlı değişken bulunmaktadır. Bağımsız 1 adet değişken ve birden fazla bağımlı değişken bulunduğu tek yönlü MANOVA yapılmaktadır (Kalaycı, 2009). Tablo 2'de tek yönlü MANOVA testi sonuçları görülmektedir. MANOVA testinde Sig. değerine bakılarak test gerçekleştirilir. MANOVA testinde Wilk's Lambda testi en yaygın kullanılan testtir (Kalaycı, 2009). Tablo 2'de Wilk's Lambda satırındaki Sig. değeri 0,000 olduğu için H<sub>1</sub> kabul edilir. Yani teknoloji transfer performansının farklı kalite yönetim ölçütlerine (eğitim ve öğrenim, çalışanların yetkilendirilmesi ve bağlılığı, bilgi ve analiz, stratejik kalite yönetimi, stratejik planlama süreci, süreç kalite yönetimi, tasarım kalite yönetimi, tedarikçi kalite yönetimi, müşteri

memnuniyeti, önemli inovasyonlar, kalite sonuçları (iş sonuçları), bilgi ve analiz) etkisi arasında fark vardır.

**Tablo 2. H<sub>1</sub> için MANOVA test sonuçları**

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	Wilks' Lambda	,003	2436,558	12,000	96,000	,000	,997
Teknoloji Transfer Performansı		,000	1,220	1104,000	1192,737	,000	,527

Tablo 3'de bulunan Partial Eta Squared değerleri bağımsız değişkenin bağımlı değişkene etki derecesini göstermektedir (Kalaycı, 2009). Dolayısıyla çizelge incelendiğinde teknoloji transfer performansının diğer kalite yönetim ölçütlerine göre en çok KY4 - inovasyon yönetimi (Partial Eta Squared = 0,726) ve KY5 - bilgi ve analiz'e (Partial Eta Squared = 0,751) etkisinin olduğu görülmektedir. Yapılan korelasyon analizinde de teknoloji transfer performansı ile en çok ilişkili olan kalite yönetim ölçütleri yine KY4 ve KY5 bulunmuştur. Teknoloji transfer performansının en çok etkilediği kalite yönetim ölçütleri, inovasyon yönetimi ve bilgi ve analizdir. Bunun sebebi transfer edilen teknolojinin firmada inovasyon yapılmasını sağlaması ve bilgi ve analiz faktörü ile teknolojinin doğrudan ilişkili olması olabilir.

**Tablo 3. H<sub>1</sub> varyans analizi**

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Teknoloji Transfer Performansı	KY1	39,642	92	,431	2,309	,000	,665
	KY2	50,059	92	,544	2,099	,000	,644
	KY3	38,024	92	,413	2,207	,000	,655
	KY4	85,372	92	,928	3,074	,000	,726
	KY5	47,908	92	,521	3,499	,000	,751
	KY6	40,522	92	,440	1,742	,003	,600
	KY7	46,874	92	,510	2,569	,000	,688
	KY8	42,003	92	,457	1,531	,017	,568
	KY9	46,731	92	,508	2,807	,000	,707
	KY10	73,834	92	,803	2,856	,000	,711
	KY11	46,910	92	,510	2,731	,000	,701
	KY12	53,917	92	,586	2,586	,000	,690

Tablo 4'de teknoloji transfer performansının farklı toplam kalite yönetim ölçütlerine etkisinin oluşturduğu bağımsız gruplar t testi tablosu görülmektedir. Yapılan t testleri sonucunda 0,05 anlamlılık düzeyinde sig.2 değerleri tüm analizlerde 0,000 bulunmuştur. Bu değerler 0,05'den küçük olduğu için H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>, H<sub>4</sub>, H<sub>5</sub>, H<sub>6</sub>, H<sub>7</sub>, H<sub>8</sub>, H<sub>9</sub>, H<sub>10</sub>, H<sub>11</sub>, H<sub>12</sub>, H<sub>13</sub> hipotezleri kabul edilmiştir. Dolayısıyla teknoloji transfer performansının araştırmamızda yer alan toplam kalite yönetimi ölçütlerinin tümünü etkilediği sonucu bulunmuştur.

**Tablo 4. Teknoloji transfer performansının farklı toplam kalite yönetim ölçütlerine etkisinin oluşturduğu bağımsız gruplar t testi tablosu**

FAKTÖRLER		F	Sig.	t	Sig.2
Liderlik	Eşit varyans varsayımında	1,026	0,312	8,653	<b>0,000</b>
	Eşit olmayan varyans varsayımında			8,751	0,000
Stratejik planlama süreci	Eşit varyans varsayımında	0,397	0,529	6,230	<b>0,000</b>
	Eşit olmayan varyans varsayımında			6,309	0,000
Stratejik kalite yönetimi	Eşit varyans varsayımında	0,85	0,771	7,477	<b>0,000</b>
	Eşit olmayan varyans varsayımında			7,539	0,000

Süreç kalite yönetimi	Eşit varyans varsayımında	1,471	0,227	9,332	<b>0,000</b>
	Eşit olmayan varyans varsayımında			9,422	0,000
Tasarım kalite yönetimi	Eşit varyans varsayımında	0,315	0,575	8,904	<b>0,000</b>
	Eşit olmayan varyans varsayımında			8,933	0,000
Eğitim ve öğrenim	Eşit varyans varsayımında	0,347	0,556	7,426	<b>0,000</b>
	Eşit olmayan varyans varsayımında			7,455	0,000
Tedarikçi kalite yönetimi	Eşit varyans varsayımında	0,865	0,353	8,931	<b>0,000</b>
	Eşit olmayan varyans varsayımında			9,030	0,000
Müşteri memnuniyeti	Eşit varyans varsayımında	2,110	0,148	7,085	<b>0,000</b>
	Eşit olmayan varyans varsayımında			7,176	0,000
Çalışanların yetkilendirilmesi ve bağlılığı	Eşit varyans varsayımında	0,213	0,645	9,106	<b>0,000</b>
	Eşit olmayan varyans varsayımında			9,189	0,000
Önemli inovasyonlar	Eşit varyans varsayımında	1,789	0,183	8,065	<b>0,000</b>
	Eşit olmayan varyans varsayımında			8,165	0,000
Kalite sonuçları (İş sonuçları)	Eşit varyans varsayımında	0,314	0,576	7,792	<b>0,000</b>
	Eşit olmayan varyans varsayımında			7,804	0,000
Bilgi ve analiz	Eşit varyans varsayımında	0,400	0,528	9,934	<b>0,000</b>
	Eşit olmayan varyans varsayımında			9,997	0,000

### 3.3 Değişkenler arasındaki korelasyonlar

Teknoloji transfer performansı ve kalite yönetim ölçütleri arasındaki korelasyonlar Tablo 5’de görülmektedir. Tablo 5’de görüldüğü gibi tüm sig. değeri 0,000 olduğundan korelasyonlar anlamlıdır. Pearson korelasyon katsayıları şöyle yorumlanmaktadır: Pearson korelasyon katsayıları; 0,00 ve 0,25 arasında ise çok zayıf ilişki, 0,26 ile 0,49 arasında ise zayıf ilişki, 0,50 ile 0,69 arasında ise orta seviyede ilişki, 0,70 ile 0,89 arasında ise yüksek seviyede ilişki, 0,90 ile 1,00 arasında ise çok yüksek seviyede ilişki bulunmaktadır (Kalaycı, 2009). Tablo 5’de görüldüğü gibi KY4 (inovasyon yönetimi), KY5 (bilgi ve analiz) ile teknoloji transfer performansı arasında yüksek seviyede ilişki bulunmaktadır. KY1, KY2, KY3, KY6, KY7, KY8, KY9, KY10, KY11 ve KY12 ile teknoloji transfer performansı arasında ise orta seviyede bir ilişki bulunmaktadır. Ayrıca teknoloji transfer performansı ile tüm kalite yönetim ölçütleri arasında pozitif yönlü bir ilişki bulunmaktadır.

**Tablo 5. Teknoloji transfer performansı ve kalite yönetim ölçütleri arasındaki korelasyonlar**

	Teknoloji Transfer Performansı			
	N	Pearson Correlation	Sig. (2-tailed)	N
<b>KY1</b>	200	,664	,000	200
<b>KY2</b>	200	,619	,000	200
<b>KY3</b>	200	,602	,000	200
<b>KY4</b>	200	,705	,000	200
<b>KY5</b>	200	,734	,000	200
<b>KY6</b>	200	,580	,000	200
<b>KY7</b>	200	,681	,000	200
<b>KY8</b>	200	,567	,000	200
<b>KY9</b>	200	,691	,000	200
<b>KY10</b>	200	,656	,000	200

KY11	200	,633	,000	200
KY12	200	,666	,000	200

#### 4. SONUÇLAR

Yapılan literatür çalışması ile çok sayıda araştırma incelenerek, teknoloji transfer performans faktörleri ve toplam kalite yönetimi ölçütleri belirlenmiş, bu ölçütler derlenerek yapılan anket çalışması ile güncel ölçütler oluşturulmuştur. Türkiye'de yapılan alan araştırması ile teknoloji transferinin toplam kalite yönetimi ölçütlerinin tümünü pozitif yönde etkilediği bulunmuştur. Elde edilen bu sonuca göre firmaların kalite yönetim performansını arttırabilmek için teknoloji transferi yapmaya önem vermelidir. Çalışma sonucunda teknoloji transfer performansının kalite yönetim ölçütlerinden en çok inovasyon yönetimi ile bilgi ve analize etki ettiği bulunmuştur. Bunun sebebi transfer edilen teknolojinin firmada inovasyon yapılmasını sağlaması ve teknolojinin firmadaki bilginin sağlanmasını ve analizini kolaylaştırması olabilir. Bu sonucu dikkate alan firmaların teknoloji transferi yaparken inovasyon yönetimi ile bilgi ve analiz konularında iyileşme yaşayarak toplam kalite yönetim performanslarını arttıracakları düşünülmektedir.

Teknoloji transferinin en çok bilgi faktörünü etkilemesi “bilgi”nin oluşturulması, dağıtılması ve güncellenmesi konusunda teknolojinin önemini göstermektedir. Firmalar kalite yönetim başarısını sağlamak için çalışanlar, müşteriler ve tedarikçiler hakkında bilgi toplamalı, çalışanların ihtiyaç duydukları doğru ve tutarlı bilgileri zamanında sağlamalıdır. Sağlanan bilginin doğru şekilde analizi de oldukça önemlidir. Bu analizler için çalışanlara gerekli eğitimler de verilmelidir.

Bilgi faktörünün sağlanmasında en önemli unsur bilginin öğrenilmesini, kullanılmasını ve geliştirilmesini sağlayan insan faktörüdür. Oysa teknoloji çağı olarak nitelendirilen günümüzde firmalar yeni teknolojilerin transferi için büyük masraflar yapmakta ve bu sırada bilgi faktörünü göz ardı etmektedir. İnsana ve bilgiye gereken yatırımın yapılması teknoloji transferinin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesini ve yüksek performans alınmasını sağlayacaktır. İnsan ve bilgi faktörleri transfer edilen teknolojinin geliştirilmesini ve firmanın her açıdan rekabette öne geçmesini sağlayacaktır. Bu çalışmanın bulguları sonucunda firmaların insan faktörüne gereken önemi vereceği, böylece teknoloji transferinde ve kalite yönetiminde başarılı olacağı beklenmektedir. Bilgi faktörüne de gereken önem verildiğinde firmalar teknolojiyi birebir kopyalayıp tüketen firma olmak yerine transfer edilen teknolojiyi her açıdan öğrenen, teknoloji konusunda bilgi üreten, yeterli ARGE ile bu bilgileri kullanan ve teknolojiyi geliştiren firma olacaktır. İnsan ve bilgi faktörüne gereken önemi veren firmalar teknoloji transferinde ve kalite yönetiminde başarılı olacak ve yeni teknolojileri geliştirip başka firmalara transfer edebileceklerdir. Gelecek çalışmalarda teknoloji transfer performansını ile inovasyon ve teknoloji transfer performansı ile bilgi ve analiz arasındaki ilişkilerin araştırıldığı çalışmalar yapılarak daha detaylı sonuçlar elde edilebilir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Ang, C. L., Davies, M. ve Finlay, P.N. (2000). “Measures to Assess The Impact of Information Technology on Quality Management”, *International Journal of Quality & Reliability Management*, MCB University Press, 17(1), 42-65.
- Bas, T. (2002). A Quality Measurement Framework for Turkish Firms: Validation of an Instrument, *Ege Academic Review*, 2 (1), 118-128.
- Claver E., Tari, J.J., Molina, J.F. (2003). Critical Factors And Results Of Quality Management: An Empirical Study, *Total Quality Management*, 14 (1), 91–118.
- Corbett, L. M. ve Rastrick, K. N. (2000). Quality performance and organizational culture a New Zealand study, *International Journal of Quality & Reliability Management*, MCB University Press, 17(1), 14-26.
- Doll, W.J., Vonderembse, M.A. (1987). Forging a partnership to achieve competitive advantage: the CIM challenges. *MIS Quarterly*, 11 (2), 205–220.
- Handfield, R.B., Pagell, M.D. (1995). An analysis of the diffusion of flexible manufacturing systems. *International Journal of Production Economics*, 39 (3), 243–253.
- Hoyle, R.H. (1995). *Structural equation modeling: Concepts, issues and mmmmmmmapplications*, Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Greiner M., A., Franza, R., M. (2003). Barriers and Bridges for Successful Environmental Technology Transfer, *Journal of Technology Transfer*, 28 (2), 167–177
- Guan, J.C., Mok, C.K., Yam, R.C.M., Chin, K.S., Pun, K.F. (2006). Technology transfer and innovation performance: Evidence from Chinese firms, *Technological Forecasting & Social Change*, 73 (6), 666–678.
- Guilfoos, S.J. (1989). Bashing the Technology Insertion Barriers, *Air Force Journal of Logistics*, 13 (1), 27–32.

- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L. ve Black, W. C. (1998). *Patterns of Multivariate Data Analysis*, 4th ed., Upper Saddle River : Prentice Hall.
- Kalaycı, Ş. (Ed.). (2009). *SPSS Uygulamalı Çok değişkenli İstatistik Teknikleri*. Ankara : Asil Yayın Dağıtım.
- Kline, R.B. (2005). *Principles and practice of structural equation modeling*, New York: The Guilford Press.
- Kranzberg, M. (1986). Technology and History: “Kranzberg's Laws”, *Technology and Culture*, 27 (3), 544-560.
- Lin, C., Tan, B., Chang, S. (2002). The critical factors for technology absorptive capacity, *Industrial Management & Data Systems*, 102 (6), 300-308.
- Merino, J., Cerio, D.D. (2003). Factors relating to the adoption of quality management practices: an analysis for Spanish manufacturing firms, *Total Quality Management*, 14 (1), 25–44.
- Mohamed, A.S., Sapuan, S.M., Megat Ahmad, M.M.H., Hamouda, A.M.S., Hang Tuah Bin Baharudin B.T. (2009). The Effect of Technology Transfer Factors on Performance: An Empirical Study of Libyan Petroleum Industry, *American Journal of Applied Sciences*, 6 (9), 1763-1769.
- Raykov, T., Marcoulides, G.A. (2006). *A first course in structural equation modeling*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Roth, A.V., Miller, J.G. (1992). Success factors in manufacturing. *Business Horizons*, 35 (4), 73–81.
- Saraph, J.V., Benson, G.P., Schroeder, R.G. (1989). An instrument for measuring the critical factors of quality management, *Decision Sciences*, 20 (4), 810–829.
- Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H. (2003). Evaluating the fit of Structural Equation Models: tests of significance and descriptive goodness of fit measures, *Methods of Psychological Research Online*, 8 (2), 23-74.
- Schumacker, R.E., Lomax, R.G. (2004). *Beginner's Guide to Structural Equation Modeling*. New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Slack, N. (1987). The flexibility of manufacturing systems. *International Journal of Operations and Production Management*, 4 (4), 35–45.
- Solo R.A., Rogers E.M. (Editör) (1972). *Inducing Technological Change for Economic Growth and Development*. East Lansing, MI.: Michigan State University Press.
- Souder, W.E., Nasher, A.S., Padmanabhan, V. (1990). A Guide to the Best Technology Transfer Practices, *Journal of Technology Transfer*, 15 (1/2), 5–16.
- Sung, T.K. (2009). Technology transfer in the IT industry: A Korean perspective, *Technological Forecasting & Social Change*, 76 (5), 700–708
- Şimşek, Ö. F. (2007). *Yapısal Eşitlik Modellemesine Giriş: Temel İlkeler ve LISREL Uygulamaları*. Ankara : Ekinoks Yayınevi.
- Quazi, H.A., Bartels F.L. (1998). Application of TQM Principles in the International Technology Transfer Process of Industrial Production Plants: A Conceptual Framework, *British Journal of Management*, 9 (4), 289-300.
- Tanaka, H., Iwaisako, T., Futagami, K. (2007). Dynamic analysis of innovation and international transfer of technology through licencing, *Journal of International Economics*, 73 (1), 189-212.
- Tracey M., Vonderembse M.A., Lim J.S. (1999). Manufacturing technology and strategy formulation: keys to enhancing competitiveness and improving performance, *Journal of Operations Management*, 17 (4), 411–428.
- Trott, P., Cordey-Hayes, M., Seaton, R.A.F. (1995). Inward Technology Transfer as an Interactive Process, *Technovation*, 15 (1), 25–43.
- Yılmaz, V., Çelik H.E. (2009). *Lisrel ile Yapısal Eşitlik Modellemesi – I: Temel Kavramlar, Uygulamalar, Programlama*. Ankara: Pegem Akademi Yayınevi.
- Wood, O.L., EerNisse, E.P. (1992). Technology Transfer to the Private Sector from a Federal Laboratory, *IEEE Engineering Management Review*, 20 (1), 23–28.



## INDUSTRY 4.0: LITERATURE REVIEW AND THEMATIC ANALYSIS

Kübra Şimşek Demirbağ  
Gümüşhane Üniversitesi

Nihan Yıldırım  
İstanbul Teknik Üniversitesi

### ABSTRACT

In recent years, academics and practitioners from manufacturing industries paid an increasing amount of attention to digital transformation or Industry 4.0 which refers to automation, robotization and digitalization of manufacturing processes through the adoption of intelligence technologies such as artificial intelligence, cloud computing, big data, additive manufacturing, augmented reality etc. b academia as well as practitioners. The field is continuing to explode at an increasing speed. These transformations popularized the term of “Industry 4.0”. In spite of the fact that there exist an intense interest of researchers on Industry 4.0, comprehensive reviews of the theoretical background in this field still remain insufficient. In this context, the purpose of this paper is to review emerging research field of Industry 4.0 and identify where it is going. In accordance with this purpose, academic studies published until April 2017 under the label of “Industry 4.0” were systematically reviewed and several key themes were identified in the research.

**Keywords:** *Industry 4.0, Literature Review, Automation, Digitalization, Robotization.*

## 1. INTRODUCTION

Technological advances have made it possible to leave behind the three main stages that have provided a large increase in industrial productivity since the beginning of the industrial revolution. At the end of the 18th century, steam powered machines started to be used in factories and at the beginning of the 20th century, mass production was possible thanks to electric power. Afterwards, since 1970, automation has become widespread in industrial production due to information and communication technologies (ICT). Today, in industrial production, there is a great transformation that is shaped by digitalization, automation, and interconnected productions. It is obvious that “Industry 4.0” which is the fourth stage of industrial revolution will be a mega-trend connected to many disciplines (Ansari and Seidenberg, 2016).

In fact, thanks to Hannover Messe, the industrial trade fair in 2011, "Industry 4.0" has created a vision of a new industrial revolution. Since World Economic Forum in Davos with the slogan "Mastering the Fourth Industrial Revolution" was organized in 2016, the discourse around this vision spread to other countries and public awareness reached a peak (Pfeiffer, 2017).

A lot of research has been done on this issue, which attracted the attention of both academia and the business world. In this context, the aim of this study is to review the academic literature regarding "Industry 4.0" and to synthesize the understanding of Industry 4.0 so far to reveal major tendencies of research.

The plan of the paper is as follow: in the next section, a thematic analysis of the publications regarding Industry 4.0 is presented and the scope of each theme is explained in detail. Additionally, the third section concludes the study with limitations and suggestions for further research.

## 2. LITERATURE REVIEW

Firstly, publications on one of the major databases, SCOPUS, were searched systematically up to April 2017. Only studies explicitly using the term “Industry 4.0.” and written in English were included in the search range. Therefore, other publications that are closely related to fourth industrial revolution without using the term lie outside the scope. The subject areas of the search were also limited to business, social sciences, economy and technology. On the other side, conference papers, articles and books are included in the review. The search resulted in 88 publications, of which 38 are journal articles, 4 are book reviews or columns and books, and 46 are conference papers.

### 2.1. Thematic Analysis of Industry 4.0 Publications

Considering their thematic content, all publications were read and grouped. The analysis was completed in three steps.

1. Firstly, a general classification was made based on their abstracts and each publication was read by two authors. After, a visual analysis was conducted to identify the themes and five themes were determined.
2. Each abstract was read once more to re-examine the suitability of the publications with the themes. Some of the studies that were not relevant were not included in the final analysis.
3. Sub-themes were identified.

The publications covered by each theme and sub-theme are presented below:

**Table 1. The themes found in the existing literature on Industry 4.0**

Themes	Sub-Themes	References
<b>Status quo, trends, challenges and opportunities and future directions</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The notion of industry 4.0,</li> <li>• Current understandings of Industry 4.0,</li> <li>• Importance and influence of Industry 4.0,</li> <li>• Trends, challenges and opportunities,</li> <li>• Future directions of smart manufacturing and Industry 4.0,</li> <li>• Quality management,</li> <li>• Sustainability,</li> <li>• Reindustrialization,</li> <li>• Manufacturing execution systems,</li> <li>• Smart Products,</li> <li>• SMEs</li> </ul>	Ahrens, 2012; Kotarski, 2014; Peßl et al., 2014; Sauer, 2014; Kagermann, 2015; Schmidt et al., 2015; Sommer, 2015; Wahl, 2015; Basl, 2016; Foidl and Felderer, 2016; Ganzarain and Errasti, 2016; Huba and Kozák, 2016; Kang et al., 2016; Kovács and Kot, 2016; Krawczyński et al., 2016; Roblek et al., 2016; Beier et al., 2017; Papakostas et al, 2017; Pfeiffer, 2017.
<b>Business model /transformation, system integration, strategic management,</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Influence of IoT on business models,</li> <li>• After sales maintenance service,</li> <li>• Vertical integration,</li> <li>• Lean philosophy,</li> <li>• Manufacturing execution systems,</li> </ul>	Franke et al., 2013; Deisenroth, 2014; Glück and Wolf, 2014; Agarwal and Brem, 2015; Gerlitz, 2015; Jovanović et al., 2015; Prause, 2015; Arnold et al., 2016; Bücken et al., 2016; Castellano et al., 2016; Christmann et al., 2016; Doh et al., 2016; Fan and Oswin, 2016; Ferreira

<b>process and/or production engineering</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integration of operation technology and IT,</li> <li>• Data integration,</li> <li>• SMEs,</li> <li>• Diversification,</li> <li>• Integrated quality management,</li> <li>• Supply chain,</li> <li>• Agile approach,</li> <li>• Lean production,</li> <li>• Interoperability,</li> <li>• Value networks,</li> <li>• Sustainability,</li> <li>• E-residency,</li> <li>• Process innovation,</li> <li>• Knowledge absorption,</li> <li>• Energy saving,</li> <li>• Partner selection,</li> <li>• Scheduling.</li> </ul>	et al., 2016; Ganzarain and Errasti, 2016; Ivanov et al., 2016; Mazak and Huemer, 2016; Prause and Weigand, 2016; Rakyta et al., 2016; Sanders et al., 2016; Wang et al., 2016; Kolberg et al., 2017; Leyh et al., 2017; Lodwich and Alvarez-Rodríguez, 2017; Majeed and Rupasinghe, 2017; Theorin et al, 2017; Trantopoulos et al, 2017.
<b>Education</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impact of Industry 4.0 on education,</li> <li>• E-learning,</li> <li>• Dual study model,</li> <li>• Mobile learning,</li> <li>• Engineering education,</li> <li>• Interdisciplinary approach,</li> <li>• Cyber physical systems in higher education.</li> </ul>	Baygin et al., 2016; Cancila et al., 2016; Huba and Kozák, 2016; Jacques and Langmann, 2016; Jaschke, 2015; Richert et al., 2016b; Sorko and Irsa, 2016; Sorko and Kohlbacher, 2016; Yetis et al., 2016; Voronina and Moroz, 2017.
<b>Tools and technologies</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Additive manufacturing,</li> <li>• Cloud,</li> <li>• RFID,</li> <li>• SAP/ERP,</li> <li>• E-robotics,</li> <li>• Simulation,</li> <li>• Virtual reality,</li> <li>• Manufacturing execution systems,</li> <li>• Data management,</li> <li>• Digital master model,</li> <li>• Technology scanning,</li> <li>• Value stream mapping,</li> <li>• MicroPLC,</li> <li>• 5G mobile communication,</li> <li>• Wireless communication,</li> <li>• Information system architecture,</li> <li>• Hybrid prototyping.</li> </ul>	Kletti, 2013; Deisenroth, 2014; Shrouf et al., 2014; Hurt et al., 2015; Jaschke, 2015; Lee and Bae, 2015; Vijaykumar et al., 2015; Wieland et al., 2015; Biahmou et al., 2016; Daniels et al., 2016; De Felice et al., 2016; Goodall et al., 2016; Günther et al., 2016; Karjagi Nigappa alias Shridhar and Selvakumar, 2016; Longo et al., 2016; Moon et al., 2016; Moradlou and Backhouse, 2016; Oneto et al., 2016; Palasciano and Taisch, 2016; Rossmann, 2016; Röschinger et al., 2016; Segura-Velandia et al., 2016; Shen and Wang, 2016; Sorko and Kohlbacher, 2016; Turner et al., 2016; Wang et al., 2016; Wollert, 2016; Zawadzki and Zywicki, 2016; Eckert and Ehmke, 2017; Latka and Provost, 2017; Majeed and Rupasinghe, 2017; Mladineo et al., 2017; Theorin et al, 2017.
<b>Organizational life</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Human-centered design,</li> <li>• Hybrid organizations,</li> <li>• Human-robot teams,</li> <li>• Allocation of workers,</li> <li>• Future of work,</li> <li>• Upgrading,</li> <li>• Polarization</li> </ul>	Klumpp, 2015; Ansari and Seidenberg, 2016; Boer, 2016; Bücken et al., 2016; Dregger et al., 2016; Fiasche et al., 2016; Hirsch-Kreinsen, 2016; Richert et al., 2016a; Richert et al., 2016b; Roblek et al., 2016; Beier et al., 2017.

*Status quo, trends, challenges and opportunities, and future directions:* The publications under this theme generally focus on whether the description of the actual industrial revolution is adequate (Ahrens, 2012), current understanding of Industry 4.0 (Basl, 2016), awareness/readiness level and actual situation of companies and countries regarding digital production and Industry 4.0 (Peßl et al., 2014; Sommer, 2015; Wahl, 2015), main ICT developments and trends –especially in logistics and manufacturing sectors- (Sauer, 2014; Basl, 2016; Kang et al., 2016; Kovács and Kot, 2016; Papakostas et al, 2017;), importance and potential drivers of Industry 4.0 (Schmidt et al., 2015; Huba and Kozák, 2016; Roblek et al., 2016), the impact, challenges and opportunities of digitization (Kotarski, 2014; Kagermann, 2015; Sommer, 2015;

Foidl and Felderer, 2016; Ganzarain and Errasti, 2016; Kovács and Kot, 2016; Roblek et al., 2016), future of production, sustainability of future development and policy actions (Kagermann, 2015; Ganzarain and Errasti, 2016; Huba and Kozák, 2016; Kang et al., 2016; Krawczyński et al., 2016; Beier et al., 2017; Pfeiffer, 2017).

*Business models/transformation, system integration, strategic management, process and/or production engineering:* This theme consists of the publications, which focuses on issues such as strategic management, business transformation, change processes and system integration in the “Industry 4.0” field. It was seen that some studies pay attention to integration of operational technology and information technology (Agarwal and Brem, 2015; Fan and Oswin, 2016), also, researchers were hot for vertical integration approach from the shop-floor to the enterprise management layers (Christmann et al., 2016; Ferreira et al., 2016). On the other hand, perceived link between Industry 4.0 and lean philosophy and digitizing lean production methods attracted attention (Doh et al., 2016; Sanders et al., 2016; Kolberg et al., 2017). Interoperability to establish value networks was another issue that has been studied (Mazak and Huemer, 2016; Lodwich and Alvarez-Rodríguez, 2017). How the requirements of some issues such as manufacturing execution systems, quality management, energy saving, after sales service, maintenance, supply chain scheduling etc. will be changed due to IoT or Industry 4.0 is another hot topic for researchers and mostly new approaches, frameworks and strategies were proposed in order to deploy a strong business impact of Industry 4.0 and guide and train companies to gain advantages, and identify opportunities for diversification (Franke et al., 2013; Deisenroth, 2014; Glück and Wolf, 2014; Gerlitz, 2015; Prause, 2015; Arnold et al., 2016; Castellano et al., 2016; Ganzarain and Errasti, 2016; Ivanov et al., 2016; Rakyta et al., 2016; Wang et al., 2016; Leyh et al., 2017; Majeed and Rupasinghe, 2017; Theorin et al., 2017). Agile approach in industrial engineering (Jovanović et al., 2015) and shift in software development from structured to object-oriented (Prause and Weigand, 2016) are well worth the attention. Lastly, how external knowledge sources and IT are searched for knowledge absorption to improve process innovation performance in the digitized environment is another research under this theme (Trantopoulos et al., 2017). Additionally, integration of mobile learning processes (Jaschke, 2015) and the requirements and solutions of 5G mobile communication (Lee and Bae, 2015) were regarded as significant.

*Education:* Studies covered by this theme are generally regarding the impacts on higher education of Industry 4.0 and cyber physical systems in higher engineering education (Baygin et al., 2016; Sorko and Irsa, 2016; Yetis et al., 2016), efforts in terms of educational innovation in order to reduce the gap between industry and research and cooperation between companies and universities (Cancila et al., 2016; Jacques and Langmann, 2016; Sorko and Irsa, 2016; Voronina and Moroz, 2017), e-learning (Huba and Kozák, 2016; Sorko and Kohlbacher, 2016) and mobile learning in technical vocational and engineering education (Richert et al., 2016b).

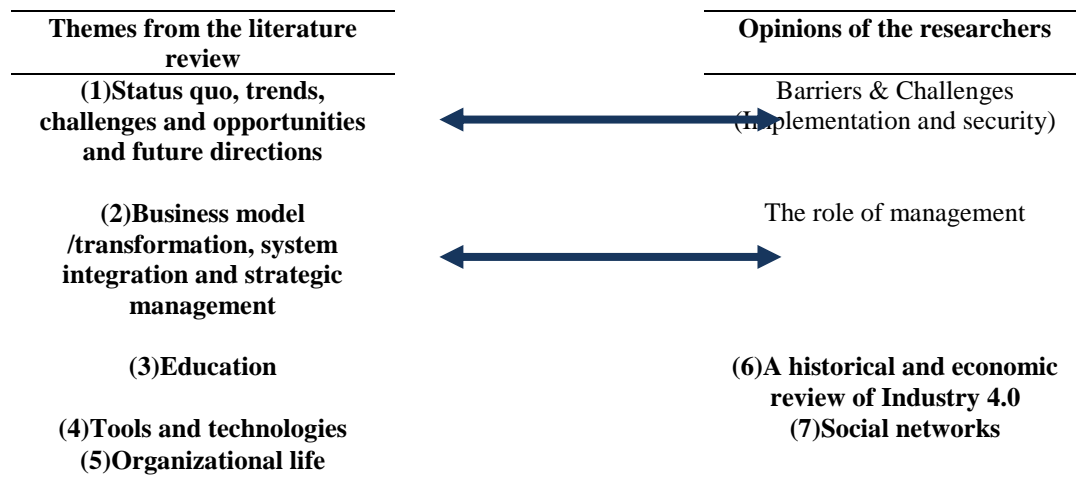
*Tools and technologies:* Under “tools and technologies” theme, publications that focus on promoting and utilizing tools and technologies of fourth industrial revolution are grouped. Kletti (2013) and Deisenroth (2014) focus on how the requirements of the manufacturing execution systems change in respect to Industry 4.0. Cloud was considered in some research to promote a secure method to connect to industrial control systems (Daniels et al., 2016), a concept that provides manufacturing-oriented services based on tool related data (Röschinger et al., 2016), and an architecture hardware control system (Latka and Provost, 2017). SAP/ERP systems (De Felice et al., 2016; Majeed and Rupasinghe, 2017), a data management system (Goodall et al., 2016), and a test factory (Segura-Velandia et al., 2016) using RFID technology were also studied by researchers. Additive manufacturing as a supporting technology for re-shoring (Moradlou and Backhouse, 2016), integration of additive manufacturing and virtual reality technologies (Zawadzki and Zywicki, 2016), discrete event simulation and virtual reality use (Turner et al., 2016), simulation (Longo et al., 2016; Moon et al., 2016), e-robotics (Rossmann, 2016), wireless communication for safe machines (Wollert, 2016), standardization of data analysis tasks (Eckert and Ehmke, 2017), a data driven model for vessel monitoring (Oneto et al., 2016), and a situation aware workflow management system that use sensor information (Wieland et al., 2015) were other studies regarding tools and technologies within Industry 4.0. Moreover, energy efficiency and sustainability are significant issues for research scientists: sustainability and energy management in IoT based smart factories (Shrouf et al., 2014), a cost and energy efficient microPLC for smart manufacturing (Karjagi Nigappa alias Shridhar and Selvakumar, 2016), energy aware control policies and operation strategy by using CPPS (Palasciano and Taisch, 2016; Wang et al., 2016). Furthermore, Hurt et al. (2015) use value stream mapping in production logistics optimization, Shen and Wang (2016) focus on optimal structure of an CNC grinding machine based on an optimal Taguchi based CAE method, Vijaykumar et al. (2015) promotes “Unique Sense” computing architecture that deliver alternate solution to satisfy the future generation needs of diversified technologies while Biahmou et al. (2016) present “Digital Master” model, which represents a document-based approach that enables sharing

data with downstream processes. In addition, Günther et al. (2016) promote technology scanning, which uses a toolbox of methods such as forecasting, scenario and trend analysis to identify and evaluate disruptive technologies, Sorko and Kohlbacker (2016) focus on an e-learning model to improve ERP competences, Mladineo et al. (2017) study on a partner selection problem by using meta-heuristic algorithm derived from colony optimization, and lastly, Theorin et al. (2017) introduce the line information system architecture (LISA) for flexible factory integration and data utilization.

*Organizational life:* The last theme is organizational life that consists of studies regarding analyses of competences (Klumpp, 2015), competences of hybrid human-robot teams and alignment between technologies and organization (Ansari and Seidenberg, 2016; Boer, 2016; Richert et al., 2016a, 2016b), human-centered design of industrial labor (Dregger et al., 2016; Fiasche et al., 2016), future of work and organizations towards Industry 4.0, consequences of digital technologies in industrial work, and importance and influence of Industry 4.0 in order to create value added organizations (Bücker et al., 2016; Hirsch-Kreinsen, 2016; Roblek et al., 2016; Beier et al., 2017).

Six researchers who studied and published on “Industry 4.0” field were selected from Research Gate and total six researchers (Brazil (1), Iran (1), Australia (1), Turkey (2) and Colombia (1)) answered the question “What do you think are the hottest issues in the “Industry 4.0” field in terms of theoretical depth?”. The opinions of the researchers who are studying on (or at least planning to study) Industry 4.0 field were asked and the themes, which were identified after the literature review have been put together and it was attempted to understand where the field is going and depict major tendencies clearly. The synthesis of the studies is shown in the table below.

**Table 2. The synthesis of the studies**



### 3. CONCLUSION

The main purpose of this paper was to review the emerging research field of Industry 4.0 and several themes were identified in the light of the related literature. The literature review shows that the field is still very young. The publications are mostly about the transformation of business models and the use of new technologies to improve industrial processes. Moreover, empirical methods are rarely used while studies focus on qualitative methods such as case studies. However, it is not surprising because the field is in its early phase. Also, publications are mostly practice oriented (such as General Electric and AUDI AG) and theoretical depth should be developed.

The most important limitation of the current work is that the focus on papers in English only warrants justification because Industry 4.0 is a German concept and there are many papers in German. Moreover, only one database was considered when the themes were identified. Further research may be improved by considering these limitations. Findings of this paper are important for future research. As can be seen, there are very few empirical studies in the literature. Besides all these, current studies are mostly focus on process and/or production engineering, business transformation, system integration, strategic management, tools and technologies while the studies on organizational life are very limited.

## REFERENCES

- Agarwal, N., & Brem, A. (2015). Strategic business transformation through technology convergence: Implications from general electric's industrial internet initiative. *International Journal of Technology Management*, 67(2), 196-214. doi:10.1504/IJTM.2015.068224
- Ahrens, V. (2012). Inflation of industrial revolution. [Inflation industrieller revolutionen] *Productivity Management*, 17(5), 30-31. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Ansari, F., & Seidenberg, U. (2016). A portfolio for optimal collaboration of human and cyber physical production systems in problem-solving. Paper presented at the Proceedings of the 13th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age, CELDA 2016, 311-314. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Arnold, C., Kiel, D., & Voigt, K. -. (2016). How the industrial internet of things changes business models in different manufacturing industries. *International Journal of Innovation Management*, 20(8) doi:10.1142/S1363919616400156
- Basl, J. (2016). Enterprise information systems and technologies in czech companies from the perspective of trends in industry 4.0 doi:10.1007/978-3-319-49944-4\_12
- Baygin, M., Yetis, H., Karakose, M., & Akin, E. (2016). An effect analysis of industry 4.0 to higher education. Paper presented at the 2016 15th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, ITHET 2016, doi:10.1109/ITHET.2016.7760744
- Beier, G., Niehoff, S., Ziems, T., & Xue, B. (2017). Sustainability aspects of a digitalized industry – A comparative study from china and germany. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, 4(2), 227-234. doi:10.1007/s40684-017-0028-8
- Biahmou, A., Emmer, C., Pfouga, A., & Stjepandić, J. (2016). Digital master as an enabler for industry 4.0. Paper presented at the Advances in Transdisciplinary Engineering, , 4 672-681. doi:10.3233/978-1-61499-703-0-672
- Boer, H. (2016). Advanced manufacturing technologies and strategically flexible production. A review and outlook. A journey through manufacturing and supply chain strategy research: A tribute to professor gianluca spina (pp. 71-112) doi:10.1007/978-3-319-31104-3\_4
- Bücker, I., Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Towards a methodology for industrie 4.0 transformation doi:10.1007/978-3-319-39426-8\_17
- Cancila, D., Birk, W., Nuzzo, V., Asplund, F., Stoycheva, M., & Torngren, M. (2016). Experiences and reflections on three years of CPS summer schools within EIT digital. Paper presented at the 2016 Workshop on Embedded and Cyber-Physical Systems Education, WESE 2016 - Organized as a Part of Embedded Systems Week, Proceedings, doi:10.1145/3005329.3005336
- Castellano, E., Zubizarreta, P. X., Pagalday, G., Uribechebarria, J., & Márquez, A. C. (2016). Service 4.0: The reasons and purposes of industry 4.0 within the ambit of after-sales maintenance. Optimum decision making in asset management (pp. 139-162) doi:10.4018/978-1-5225-0651-5.ch007
- Christmann, D., Schmidt, A., Giehl, C., Reichardt, M., Ohmer, M., Berg, M., . . . Herfet, T. (2016). Vertical integration and adaptive services in networked production environments doi:10.1007/978-3-319-32799-0\_12
- Daniels, J., Amaba, B., & Sargolzaei, A. (2016). Industrial control system applications go mobile in the cloud. Paper presented at the IAMOT 2016 - 25th International Association for Management of Technology Conference, Proceedings: Technology - Future Thinking, 33-43. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- De Felice, F., Petrillo, A., & Zomparelli, F. (2016). Design and control of logistic process in an italian company: Opportunities and challenges based on industry 4.0 principles. Paper presented at the Proceedings of the Summer School Francesco Turco, , 13-15-September-2016 31-35. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Deisenroth, R. (2014). Integrated industry - more efficient production with MES. [Mit MES langfristig effizienter produzieren: Heute schon auf zukunftssichere technologie setzen] *Productivity Management*, 19(2), 15-17. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Doh, S. W., Deschamps, F., & Pinheiro De Lima, E. (2016). Systems integration in the lean manufacturing systems value chain to meet industry 4.0 requirements. Paper presented at the Advances in Transdisciplinary Engineering, , 4 642-650. doi:10.3233/978-1-61499-703-0-642
- Dregger, J., Niehaus, J., Ittermann, P., Hirsch-Kreinsen, H., & Ten Hompel, M. (2016). The digitization of manufacturing and its societal challenges: A framework for the future of industrial labor. Paper presented at the 2016 IEEE International Symposium on Ethics in Engineering, Science and Technology, ETHICS 2016, doi:10.1109/ETHICS.2016.7560045

- Eckert, S., & Ehmke, J. F. (2017). Classification of data analysis tasks for production environments doi:10.1007/978-3-319-52464-1\_37
- Fan, I. -, & Oswin, L. (2016). Factory automation and information technology convergence in complex manufacturing. Paper presented at the Advances in Transdisciplinary Engineering, , 3 331-336. doi:10.3233/978-1-61499-668-2-331
- Ferreira, F., Faria, J., Azevedo, A., & Marques, A. L. (2016). Product lifecycle management enabled by industry 4.0 technology. Paper presented at the Advances in Transdisciplinary Engineering, , 3 349-354. doi:10.3233/978-1-61499-668-2-349
- Fiasche, M., Pinzone, M., Fantini, P., Alexandru, A., & Taisch, M. (2016). Human-centric factories 4.0: A mathematical model for job allocation. Paper presented at the 2016 IEEE 2nd International Forum on Research and Technologies for Society and Industry Leveraging a Better Tomorrow, RTSI 2016, doi:10.1109/RTSI.2016.7740613
- Foidl, H., & Felderer, M. (2016). Research challenges of industry 4.0 for quality management doi:10.1007/978-3-319-32799-0\_10
- Franke, M., Zimmerling, R., Hribernik, K. A., Lappe, D., Veigt, M., & Thoben, K. -. (2013). Requirements for data integration in cyber-physical systems. [Anforderungen an datenintegrationslösungen in CPS] Productivity Management, 18(3), 23-25. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Ganzarain, J., & Errasti, N. (2016). Three stage maturity model in SME's towards industry 4.0. Journal of Industrial Engineering and Management, 9(5), 1119-1128. doi:10.3926/jiem.2073
- Gerlitz, L. (2015). Design for product and service innovation in industry 4.0 and emerging smart society. Journal of Security and Sustainability Issues, 5(2), 181-198. doi:10.9770/jssi.2015.5.2(5)
- Glück, M., & Wolf, J. (2014). Integrated quality management for industry 4.0. [Produktionsintegrierte qualitätssicherung für die industrie 4.0] Productivity Management, 19(2), 19-22. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Goodall, P., Neal, A., Segura-Velandia, D., Conway, P., & West, A. (2016). A data management system for identifying the traceability of returnable transit items using radio frequency identification portals. Paper presented at the Advances in Transdisciplinary Engineering, , 3 343-348. doi:10.3233/978-1-61499-668-2-343
- Günther, S., Patrick, K., Toni, D., Simon, R., & Tim, W. (2016). Identifying and evaluating disruptive technologies using technology scanning. Paper presented at the IAMOT 2016 - 25th International Association for Management of Technology Conference, Proceedings: Technology - Future Thinking, 888-907. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Hirsch-Kreinsen, H. (2016). Digitization of industrial work: Development paths and prospects. [Digitalisierung industrieller Arbeit: Entwicklungspfade und Perspektiven] Journal for Labour Market Research, 49(1) doi:10.1007/s12651-016-0200-6
- Huba, M., & Kozák, Š. (2016). From e-learning to industry 4.0. Paper presented at the ICETA 2016 - 14th IEEE International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications, Proceedings, 103-108. doi:10.1109/ICETA.2016.7802083
- Hurt, U., Tomba, A., & Koppel, O. (2015). Value stream mapping as a tool in optimising production logistics. case: He teletechnics. Paper presented at the Proceedings of the International Conference of DAAAM Baltic "Industrial Engineering", , 2015-January 231-236. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Ivanov, D., Dolgui, A., Sokolov, B., Werner, F., & Ivanova, M. (2016). A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0. International Journal of Production Research, 54(2), 386-402. doi:10.1080/00207543.2014.999958
- Jacques, H., & Langmann, R. (2016). Dual study: A smart merger of vocational and higher education. Paper presented at the IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON, , 10-13-April-2016 434-437. doi:10.1109/EDUCON.2016.7474589
- Jaschke, S. (2015). Mobile learning applications for technical vocational and engineering education: The use of competence snippets in laboratory courses and industry 4.0. Paper presented at the Proceedings of 2014 International Conference on Interactive Collaborative Learning, ICL 2014, 605-608. doi:10.1109/ICL.2014.7017840
- Jovanović, M., Latić, B., Mas, A., & Mesquida, A. -. (2015). The agile approach in industrial and software engineering project management. Journal of Applied Engineering Science, 13(4), 213-216. doi:10.5937/jaes13-9577
- Kagermann, H. (2015). Change through digitization—value creation in the age of industry 4.0. Management of permanent change (pp. 23-45) doi:10.1007/978-3-658-05014-6\_2

- Kang, H. S., Lee, J. Y., Choi, S., Kim, H., Park, J. H., Son, J. Y., . . . Noh, S. D. (2016). Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, 3(1), 111-128. doi:10.1007/s40684-016-0015-5
- Karjagi Nigappa alias Shridhar, S., & Selvakumar, J. (2016). Industry 4.0: A cost and energy efficient micro PLC for smart manufacturing. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(44) doi:10.17485/ijst/2016/v9i44/101946
- Kletti, J. (2013). The future of MES: MES supports 4.0 industry 4.0. [Das MES der Zukunft: MES 4.0 unterstützt industrie 4.0] *Productivity Management*, 18(2), 17-20. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Klumpp, M. (2015). Logistics qualification: Best-practice for a knowledge-intensive service industry. *Logistics and supply chain innovation: Bridging the gap between theory and practice* (pp. 391-411) doi:10.1007/978-3-319-22288-2\_24
- Kolberg, D., Knobloch, J., & Zühlke, D. (2017). Towards a lean automation interface for workstations. *International Journal of Production Research*, 55(10), 2845-2856. doi:10.1080/00207543.2016.1223384
- Kotarski, D. (2014). Industry 4.0 - new opportunities mean new challenges. [Fabriksicherheit für industrie 4.0] *Productivity Management*, 19(3), 25-27. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Kovács, G., & Kot, S. (2016). New logistics and production trends as the effect of global economy changes. [Nowe trendy logistyki i produkcji jako efekt zmian gospodarki światowej] *Polish Journal of Management Studies*, 14(2), 115-126. doi:10.17512/pjms.2016.14.2.11
- Krawczyński, M., Czyzewski, P., & Bocian, K. (2016). Reindustrialization: A challenge to the economy in the first quarter of the twenty-first century. *Foundations of Management*, 8(1), 107-122. doi:10.1515/fman-2016-0009
- Latka, O., & Provost, J. (2017). Implementation of a cloud-based service-oriented architecture for hardware control systems supported by neural network. Paper presented at the Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice - Proceedings of the 26th European Safety and Reliability Conference, ESREL 2016, 386. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Lee, H. W., & Bae, K. Y. (2015). The requirements and solutions of 5G mobile communication for industry 4.0. *Information (Japan)*, 18(11), 4713-4720. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Leyh, C., Schäffer, T., Bley, K., & Forstnhäusler, S. (2017). Assessing the it and software landscapes of industry 4.0-enterprises: The maturity model SIMMI 4.0 doi:10.1007/978-3-319-53076-5\_6
- Lin, T. (2012). Cracking open the scientific process. *The New York Times*. Retrieved 2018.17.04.
- Lodwich, A., & Alvarez-Rodríguez, J. M. (2017). Beyond interoperability in the systems doi:10.1007/978-3-319-51905-0\_8
- Longo, F., Nicoletti, L., & Padovano, A. (2016). Multi-disciplinary and multi-objective simulation framework to support intelligent and smart manufacturing. Paper presented at the Proceedings of the Summer School Francesco Turco, , 13-15-September-2016 1-5. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Majeed, M. A. A., & Rupasinghe, T. D. (2017). Internet of things (IoT) embedded future supply chains for industry 4.0: An assessment from an ERP-based fashion apparel and footwear industry. *International Journal of Supply Chain Management*, 6(1), 25-40. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Mazak, A., & Huemer, C. (2016). A standards framework for value networks in the context of industry 4.0. Paper presented at the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, , 2016-January 1342-1346. doi:10.1109/IEEM.2015.7385866
- Mladineo, M., Veza, I., & Gjeldum, N. (2017). Solving partner selection problem in cyber-physical production networks using the HUMANT algorithm. *International Journal of Production Research*, 55(9), 2506-2521. doi:10.1080/00207543.2016.12340847
- Moon, S., Kang, S., Jeon, J., & Chun, I. (2016). Simulation modeling of sewing process for evaluation of production schedule in smart factory. Paper presented at the ICIMSA 2016 - 2016 3rd International Conference on Industrial Engineering, Management Science and Applications, doi:10.1109/ICIMSA.2016.7504033
- Moradlou, H., & Backhouse, C. (2016). An investigation into re-shoring decision: Case study approach. Paper presented at the Advances in Transdisciplinary Engineering, , 3 439-444. doi:10.3233/978-1-61499-668-2-439
- Oneto, L., Anguita, D., Coraddu, A., Cleophas, T., & Xepapa, K. (2016). Vessel monitoring and design in industry 4.0: A data driven perspective. Paper presented at the 2016 IEEE 2nd International Forum on Research and Technologies for Society and Industry Leveraging a Better Tomorrow, RTSI 2016, doi:10.1109/RTSI.2016.7740594
- Palasciano, C., & Taisch, M. (2016). Autonomous energy-aware production systems control. Paper presented at the Proceedings of the Summer School Francesco Turco, , 13-15-September-2016 107-112. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)



- Papakostas, N., O'Connor, J., & Byrne, G. (2017). Internet of things technologies in manufacturing: Application areas, challenges and outlook. Paper presented at the International Conference on Information Society, i-Society 2016, 126-131. doi:10.1109/i-Society.2016.7854194
- Peßl, E., Ortner, W., & Schweiger, J. (2014). Industry 4.0: Information technology fuses with production. [Industrie 4.0: Informationstechnologie verschmilzt mit produktion] Productivity Management, 19(1), 59-62. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Pfeiffer, S. (2017). The vision of “Industrie 4.0” in the Making—a case of future told, tamed, and traded. NanoEthics, 11(1), 107-121. doi:10.1007/s11569-016-0280-3
- Prause, G. (2015). Sustainable business models and structures for industry 4.0. Journal of Security and Sustainability Issues, 5(2), 159-169. doi:10.9770/jssi.2015.5.2(3)
- Prause, M., & Weigand, J. (2016). Industry 4.0 and object-oriented development: Incremental and architectural change. Journal of Technology Management and Innovation, 11(2), 104-110. doi:10.4067/S0718-27242016000200010
- Rakytá, M., Fusko, M., Herčko, J., Závodská, L., & Zrnić, N. (2016). Proactive approach to smart maintenance and logistics as a auxiliary and service processes in a company. Journal of Applied Engineering Science, 14(4), 433-442. doi:10.5937/jaes14-11664
- Richert, A., Shehadeh, M., Müller, S., Schröder, S., & Jeschke, S. (2016a). Robotic workmates: Hybrid human-robot-teams in the industry 4.0. Paper presented at the Proceedings of the International Conference on e-Learning, ICEL, , 2016-January 127-131. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Richert, A., Shehadeh, M., Plumanns, L., Gros, K., Schuster, K., & Jeschke, S. (2016b). Educating engineers for industry 4.0: Virtual worlds and human-robot-teams: Empirical studies towards a new educational age. Paper presented at the IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON, , 10-13-April-2016 142-149. doi:10.1109/EDUCON.2016.7474545
- Roblek, V., Meško, M., & Krapež, A. (2016). A complex view of industry 4.0. SAGE Open, 6(2) doi:10.1177/2158244016653987
- Röschinger, M., Kipouridis, O., & Günthner, W. A. (2016). A service-oriented cloud application for a collaborative tool management system. Paper presented at the ICIMSA 2016 - 2016 3rd International Conference on Industrial Engineering, Management Science and Applications, doi:10.1109/ICIMSA.2016.7503987
- Rossmann, J. (2016). ERobotics meets the internet of things: Modern tools for today's challenges in robotics and automation. Paper presented at the Proceedings - 2015 International Conference on Developments in eSystems Engineering, DeSE 2015, 318-323. doi:10.1109/DeSE.2015.33
- Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, J. (2016). Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. Journal of Industrial Engineering and Management, 9(3), 811-833. doi:10.3926/jiem.1940
- Sauer, O. (2014). Developments and trends in shopfloor-related ICT systems. Paper presented at the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, , 2015-January 1352-1356. doi:10.1109/IEEM.2014.7058859
- Schmidt, R., Möhring, M., Härting, R. -, Reichstein, C., Neumaier, P., & Jozinović, P. (2015). Industry 4.0 - potentials for creating smart products: Empirical research results doi:10.1007/978-3-319-19027-3\_2
- Segura-Velandia, D., Neal, A., Goodall, P., Conway, P., & West, A. (2016). Industrie 4.0 implementations in the automotive industry. Paper presented at the Advances in Transdisciplinary Engineering, , 3 319-324. doi:10.3233/978-1-61499-668-2-319
- Shen, H. -, & Wang, K. -. (2016). Exploring the optimal structure of a CNC grinding machine. Paper presented at the 2016 International Conference on Applied System Innovation, IEEE ICASI 2016, doi:10.1109/ICASI.2016.7539840
- Shrouf, F., Ordieres, J., & Miragliotta, G. (2014). Smart factories in industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the internet of things paradigm. Paper presented at the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, , 2015-January 697-701. doi:10.1109/IEEM.2014.7058728
- Sommer, L. (2015). Industrial revolution - industry 4.0: Are german manufacturing SMEs the first victims of this revolution? Journal of Industrial Engineering and Management, 8(5), 1512-1532. doi:10.3926/jiem.1470
- Sorko, S. R., & Irsa, W. (2016). Engineering education - status quo in austria in comparison with the academic field of business education. Turkish Online Journal of Educational Technology, 2016(NovemberSpecialIssue), 890-894. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Sorko, S. R., & Kohlbacher, H. (2016). Embedded elearning-on demand improvement of ERP competences doi:10.1007/978-3-319-32799-0\_2

- Theorin, A., Bengtsson, K., Provost, J., Lieder, M., Johnsson, C., Lundholm, T., & Lennartson, B. (2017). An event-driven manufacturing information system architecture for industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 55(5), 1297-1311. doi:10.1080/00207543.2016.1201604
- Trantopoulos, K., Von Krogh, G., Wallin, M. W., & Woerter, M. (2017). External knowledge and information technology: Implications for process innovation performance. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 41(1), 287-300. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Turner, C. J., Hutabarat, W., Oyekan, J., & Tiwari, A. (2016). Discrete event simulation and virtual reality use in industry: New opportunities and future trends. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 46(6), 882-894. doi:10.1109/THMS.2016.2596099
- Vijaykumar, S., Saravanakumar, S. G., & Balamurugan, M. (2015). Unique sense: Smart computing prototype for industry 4.0 revolution with IOT and bigdata implementation model. *Indian Journal of Science and Technology*, 8(35) doi:10.17485/ijst/2015/v8i35/86698
- Voronina, M. V., & Moroz, O. N. (2017). A substantiation of foresight research of development strategy of descriptive geometry, engineering geometry and computer graphics departments on the basis of industrial 4.0 ideology. *Man in India*, 97(3), 375-389. Retrieved from [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- Wahl, M. (2015). Strategic factor analysis for industry 4.0. *Journal of Security and Sustainability Issues*, 5(2), 241-247. doi:10.9770/jssi.2015.5.2(9)
- Wang, J. F., Xue, J., Feng, Y., Li, S. Q., Fu, Y., & Chang, Q. (2016). Active energy saving strategy for sensible manufacturing systems operation based on real time production status. Paper presented at the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, , 2016-December 1001-1005. doi:10.1109/IEEM.2016.7798028
- Wieland, M., Schwarz, H., Breitenbücher, U., & Leymann, F. (2015). Towards situation-aware adaptive workflows: SitOPT - A general purpose situation-aware workflow management system. Paper presented at the 2015 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communication Workshops, PerCom Workshops 2015, 32-37. doi:10.1109/PERCOMW.2015.7133989
- Wollert, J. (2016). Wireless systems for machinery safety. Paper presented at the 16th International Conference on Research and Education in Mechatronics, REM 2015 - Proceedings, 88-91. doi:10.1109/REM.2015.7380377
- Yetis, H., Baygin, M., & Karakose, M. (2016). An investigation for benefits of cyber-physical systems in higher education courses. Paper presented at the 2016 15th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, ITHET 2016, doi:10.1109/ITHET.2016.7760734
- Zawadzki, P., & Zywicki, K. (2016). Smart product design and production control for effective mass customization in the industry 4.0 concept. *Management and Production Engineering Review*, 7(3), 105-112. doi:10.1515/mper-2016-0030

**ANALYSIS OF ADAPTATION AND ATTITUDES OF HEALTHCARE  
INDUSTRY PROFESSIONALS IN VARIOUS HEALTHCARE  
ORGANIZATIONS TOWARDS THE PROCESS OF INNOVATION**

Gülay Tamer  
Istanbul Gelisim University

**ABSTRACT**

**Objectives:** The aim of this study is to determine the factors affecting innovation and to analyze the adaptation and attitudes of health workers (doctors, nurses, pharmacists, administrative staff, and other health personnel) working in Istanbul Training and Research Hospital and Private Medicana Hospital towards the process of innovation.

**Method:** Data were collected by questionnaire method. In this context, the data obtained through the questionnaires were analyzed using SPSS 22 data analysis program through descriptive analysis (number, percentage, mean, and standard deviation), chi-square test, OneWay ANOVA, and correlation tests.

**Results:** As a result of the study, it was found that innovation affects the attitudes and behaviors of the health care workers positively and there are no significant differences in the attitudes and behaviors of the workers in different health organizations towards innovation.

**Keywords:** *Health organizations, health services, innovation*

## 1. INTRODUCTION

Because of the disappearance of economic borders in the world and the rapid advance of technology, all countries have to enter the process of innovation for economic growth and development (Göker, 2003:7). Innovation is a decisive factor in increasing the capacity and productivity, the national and international competitiveness of firms and sustainable growth (Ökem, 2011:43).

The concept of innovation, as much as having taken on different meanings in different periods in parallel to the progression stage of societies, also has been used in different meanings in similar periods. In fact, this concept has been used in conjunction with related concepts such as growth, development, progress, industrialization, modernization, and keeping up with technology. While innovation is expressed as total income and per capita income for at least two generations, from another perspective, increase in education level, ability to keep up with technology, technical knowledge as well as increases in human resources are considered within the scope of innovation (Fırat and Aydın, 2015).

The concept of innovation has been used in different meanings in accordance with the progression phase of societies, as well as in different meanings in similar periods. In fact, this concept has been used in conjunction with related concepts such as growth, development, progress, industrialization, modernization, and keeping up with technology.

It is important that all the sectors in our country are involved in innovation activities so that they can enter the economic growth process. Especially the health sector, which has a dynamic structure, and the organizations involved in this sector have to enter into the innovation process by taking into account the variables and uncertain elements that threaten them. Innovation has the importance of affecting human life and quality of life in the health sector. The most important reason for this is the population growth in the world. Along with population growth, the disease structure has changed and chronic diseases have emerged. As a result of the increased illnesses, the need for care increased and this in turn resulted in increased health expenses. Health expenses also brought about an understanding for cost control and productivity.

Innovation in the health system, i.e. developing technology, has increased the productivity of new products and services, and led to lower costs (Ökem, 2011). Innovation is not equal to change, and in addition to this, it has various features and meanings. Innovation can be realized through reshaping old ideas in a new form, by creating a new process or product, or by using a procedure that is used in a different sector or used in the organization in a different way (Weberg, 2009:231). There have been many studies on health and innovation so far. While choosing from the studies on this topic before starting this study, first, studies about the innovation process defined in the health care organizations and the factors that determine it, second, studies about the purpose of innovation and how it changes the behavior of health personnel, third, studies about how the health care organizations develop direct patient care, and fourth, studies involving empirical analysis only were used. There are also 40 experts who participated in the delphi study.

As a result of the research, the literature review and the ones in the delphi study were paired and 50 potential factors related to the innovation process were defined. Some of these factors are volunteering of the patient to cooperate in the innovation, the patient's degree of awareness of the benefits of innovation, the degree to which financial responsibility of the innovation was burdened on the patients, and the capacity level of the personnel who implement the innovation in the department or in the organization.

## 2. INNOVATION AND ITS FEATURES

Innovation is defined as turning an acquired idea into a marketable product or service, into a new manufacturing or distribution method or into a manufacturing or a distribution method by developing an existing process, or into a new social service method. Innovation is also referred to as new production processes that renew production processes, that turn practical product designs into money, and the ones that are put forth by master firms. Innovation affects the establishment factors, policies, and abilities of a national or international firm (Nelson, 1993).

The term of innovation also means the renewal of science and technology in a way that provides economic and social benefits. In addition, the word renewal defines a part of innovation. The particularly emphasized feature of innovation is the benefit of the obtained output to economy and society (Yamaç, 2001). Innovation ensures that individual and social needs are met at the best possible level. The spirit of entrepreneurship is a key element in innovation because every new enterprise is aimed at bringing in a certain innovation. Because countries need innovation so that their sectors can maintain their competitiveness (Göker, 2000). A strong emphasis and execution on management changes requires the successful implementation of a complex innovation that involves multi-faceted approaches, structural, organizational, financial, clinical, and related changes (Atun et al., 2006:89).

The degree of adaptation of innovation is a relative component of elements of a social system. The perceived characteristics of innovation affect the degree of adaptation. In addition, the types of innovation decisions, innovation that emanates through natural communication channels at various stages of decision

process, the nature of the social system, and representatives that change during the innovation process affect the degree of adaptation. Advantages related to innovation must be perceived by members of the social system and this perception depends on the degree of adaptation.

- **Compatibility:** An innovation shows the degree of perception in accordance with the existing values, past experiences, and the needs of potential adopters. The compatibility level of an innovation is related to the degree of adaptation.

- **Complexity:** The degree of perception of the difficulty of using and understanding an innovation is called complexity. The perceived complexity of the innovation is negatively related to the degree of adaptation.

- **Triability:** It shows the degree to which an innovation has been tried on limited bases. There is also a positive relationship between the ability to be tested and the degree of adaptation.

- **Observability:** It expresses the degree to which the results of an innovation is visible among other elements. There is a positive relationship between the observability of the innovation and the degree of adaptation.

- **Diffusion:** One of the features of innovation is that the features of innovation that affect the diffusion process is an essential part of the classical theory (Greer, 1977:528). In addition, the common feature of innovation is that initial feedback from potential users and benefits are uncertain. Because rapid adaptation and diffusion can be realized by logical choices (Hendy and Barlow, 2013:217). Turkey is in 56th ranking in innovation. This shows that innovation, which plays an important part in strengthening competitive structures, increasing quality of life, and improving job opportunities has not yet been achieved as desired for the development of our country.

Thus, in order for innovation to spread in organizations, it needs to be decided to implement it.

## 2.1. HEALTH AND INNOVATION

Innovation has a vital importance for the healthcare sector. The ultimate user of innovation in healthcare is human. Technological advances have a direct impact on human life and quality of life. Health sector activities are of public importance because they are directly related to the health level of the community. Availability of a new drug or treatment method, licensing, pricing and reimbursement decisions related to a new product or service is determining in the innovation reaching the citizen (Ökem, 2011:43-44). In addition, innovation in medical devices used in the health sector is often a factor that needs to be improved. Increase in innovation in these devices also increases their utility. This also opens the way for innovation (Önal, 2011:56).

Health care innovation can be defined as a product that aims to develop a new concept, idea, service, process or treatment, diagnosis, prevention, research and education as well as long term goals aimed at improving quality, safety, output, productivity and cost. There are some examples of health innovation. These include personal electronic health record solutions that allow consumers to safely record health information about themselves, electronic clinical health records, giving doctors the ability to securely keep and record information about individual patients in a safe way, and use of cameras for research purposes by doctors who perform surgeries on patients. (Omachonu and Einspruch, 2010:5-7).

The decisive elements of innovation in healthcare are research and development, financial resources and incentives, investment and production decisions, patents and data protection, market access and internal market, and international trade. A condition of a sound implementation of innovation is characterized by rewarding of the ones that implement a comprehensive innovation, the presence of coherent practice policies and practices perceived by designated workers for improvement and promotion. The first of characterized elements is to make sure that one has the appropriate skills to use the innovation, the second is the incentives developed for using the innovation, and the third is the elimination of obstacles that make the use of innovation difficult (West and Sacramento, 2012:377).

## 2.2. INNOVATION IN HEALTHCARE SERVICES

There are six different purposes of health care organizations. These are treatment, diagnosis, prevention, education, research, and after research. In these purposes that are being served, health care organizations must effectively manage qualifications, costs, safety, productivity, and outcomes (results). Healthcare is the healthcare practitioners and developers that give healthcare services and patient needs that are at the core of innovation. Healthcare organizations often acquire existing information technology or, by relying on the new, innovation. Successful healthcare innovation focuses on three areas. The first of these is how the patient is seen, the second is how the patient is heard, and the third is how the patient needs are met (Omachonu and Einspruch, 2010:10). Jippes et al. (2010) mention in their study that improvement and innovation in the organization and distribution of healthcare is becoming more important each day due to the gap between knowledge and practice, cost increase, and medical errors.

### 3. THE OBJECTIVE OF THE STUDY

It is to find out whether motivation creates behavioral differences in adaptation to work on innovation by health personnel working in public hospitals, health workers working in private hospitals, and managers of health care institutions. The most important variable in this study is the motivation difference between healthcare workers who provide the service and managers of healthcare organizations. The healthcare providers group consists of doctors, nurses, assistant health personnel, and the management group consists of the ones who manage healthcare workers who provide service in healthcare institutions (managers of healthcare institutions consist of the individuals in the administrative staff of the organization such as the department of chief physician). In order to analyze the study, a questionnaire study was conducted to employees in public health institutions, employees in private health institutions, and managers.

It involves subjects related to attitude and satisfaction towards innovation. With this questionnaire, a multivariate statistical model for analyzing the different behaviors of healthcare providers and managers related to innovation was calculated, analysis of variance and analysis of regular components were performed. As a result of the study, it was found that innovation perception is different for healthcare providers and managers working in public health institutions. The attitudes of the employees of private health organizations mostly depend on the performance of the institution. The attitudes of managers depend more on the profile of individual or organizational innovation. It is also seen in this study that managers in the health sector are more motivated than the personnel. Different health professionals in public and private health institutions have different attitudes towards innovation. This shows that motivation is a very important factor in health performance and innovation adaptation.

#### **Data Collection Tools and Process:**

In order to evaluate the approach of the personnel working in the health sector, a questionnaire study was conducted to the administrators and health workers in the Istanbul Training and Research Hospital and Private Medica Hospital which is a private health organization in Istanbul.

As a result of the study it was found that first, the need for training of hospital personnel on innovation should be addressed, second, there are not sufficient doctors and hospital management personnel to promote innovation work, and hospital management has been shown to give more importance to innovation practices. And third, it was found that working place and working conditions in the hospital, the satisfaction of patient/patient relative, motivation of the personnel, hospital profitability, and hospital performance in general are improved as a result of innovation practices of healthcare personnel and management working in public and private hospitals.

In these studies, the differences in the attitudes and behaviors of doctors, nurses, administrative staff, and assistant workers working in public and private hospitals to the innovation process have been analyzed. Moreover, in this study, determinant factors of innovation are examined and adaptation to innovation process in all health organizations such as public and private hospitals, and whether attitudes and behaviors towards this adaptation are motivated is analyzed.

In this part of the study, findings about the sample, scale, hypotheses, and method of the research were included. The sample of the research was collected by data survey method. Garcia-Goni, Maroto, and Rubalcaba (2007) administer the questionnaire method to doctors, nurses, assistant staff, management team, and health service personnel serving at health institutions in their study. In order to be able to answer the research questions specified in this study, the Innovation Appraisal Survey in Health Organizations was established.

Questions about the demographic characteristics, innovation practices, innovation application problems and deficiencies, pre- and post-innovation parts of the questionnaire were taken, adopted, and created from questions in Önal's (2011) study and questions about information creation part from the questions in Goni, Maroto and Rubalca's (2007) study. In addition, the reliability of the questionnaire as a result of the pilot study was found to be Cronbach's alpha value  $r=.72$ .

Since the detected value is between  $0.60 < r < 80$ , it can be said that the scale is reliable. In addition, the scale was used in 515 studies in total according to accessibility, in 20 studies in Ireland, in 139 in Israel, in 152 in Spain, in 140 in Sweden, in 49 in the Netherlands, and in 15 in the United Kingdom, with a response rate of 20.8%, and its validity was tested and found to be reliable.

In the research, 150 questionnaires were distributed and 55 answers were obtained from doctors and administrators working in two hospitals, one of which is public (Istanbul Training and Research Hospital) and the other private (Private Medikana Hospital), and these were evaluated.

When we look at the study, the sample includes public and private hospitals. According to the accessibility principle, 80 questionnaires were distributed to health personnel and administrative staff working in private and state hospitals. However, 51 respondents were acquired with a complete response rate of 64%. In line with studies conducted, since the survey return rate is 64%, a healthy interpretation can be made.

## Questions of the Research

In the study, health organizations such as Istanbul Education and Research Hospital and Medikana Hospital will be examined. It will be analyzed whether there is a difference between the adaptation of the health workers and administrative staff working in these organizations to the innovation process, their attitudes towards this adaptation, whether their attitudes are motivated, and the attitudes of members in different organizations towards innovation. In addition, it will be examined whether sufficient information about innovations is given to employees in health organizations, the problems encountered in the innovation process, and the differences after the implementation of the innovation.

The research aims to answer the following questions:

- Is there any difference in the perception of the innovation work of health workers and administrative staff working in public health organizations and health workers working in private hospitals?
- Is there a difference in the perception of knowledge creation of different health organizations on innovation?
- Is there a difference in the perceptions of innovation practices of different health organizations?
- Is there a difference in the perception of different health organizations regarding problems and mistakes of innovation application?
- Is there a difference between the behavior of the employees of the organization before and after the implementation of the innovation?
- Is there a relationship between knowledge creation about innovation and post-implementation views of innovation?
- Is there a relationship between opinions before the innovation application and opinions after the innovation application?

## 4. ANALYSIS METHOD

In this section, it was attempted to find answers to research questions. In this context, the data obtained through survey were analyzed using statistical data analysis program, and comparative statistical analyses were carried out and the results were explained with tables. In addition, it was examined whether the results were statistically significant. In this study, descriptive analysis (number, percentage, mean and standard deviation), chi-square test, One-Way ANOVA, and correlation tests were applied.

## Findings

According to the survey data, the following findings have been reached. As a result of the descriptive analysis made in Table 1, 37.3% of the participants were male and 62.7% were female.

**Table 1. Gender Distribution in Health Organizations**

Variable	Frequency	Percentage
<b>Gender</b>		
Male	19	37.3
Female	32	62.7
Total	51	100

When Table 2 is examined, it is seen that 72.6% of the participants in the study work in public hospital and 27.4% work in private hospitals according to the Chi-square test. 27.2% of the participants work in public hospital and 72.8% work in private hospitals. As a result, the distribution of the job titles in health organizations is meaningful (Chi-square (8) = 39.607, p = .001).

**Table 2. Distribution of Job Titles of Participants from Health Organizations**

Job Title	Public Hospital	Private Hospital	Total
General Practitioner	7 100%	0 0%	7 100.0%
Nurse	14 100%	0 0%	14 100.0%
Pharmacist	3 27.2%	8 72.8%	11 100.0%
Administrative Staff	10 90.0%	0 0%	10 100.0%
Others	9	0	9

	100.0%	0%	100.0%
Total	35	7	51
	68.6%	13.7%	100.0%

**Question 1:** Are there any differences in the perception of innovation practices of healthcare providers (doctors, nurses, other healthcare workers) in health care organizations (public or private) and staff working in administrative positions?

**Table 3. Differences in Perceptions of Innovation according to Job Titles in Health Organizations**

Categories	Question Interval	df	F	Sig.
Creating Knowledge	1-14	4	.472	.756
Innovation Practices	15-31	4	3.933	.009
Problems and Errors	32-38	4	.742	.569
Before Application	39-44	4	.988	.425
After Application	45-50	4	.747	.566

According to the ANOVA test results given in Table 3 above, there is no statistically significant difference between the job title and knowledge creation regarding innovation ( $F(4)=.472$ ,  $p=.756$ ). However, there is a statistically significant difference between the job title and innovation practices ( $F(4)=3.933$ ,  $p < .05$ ). In fact, even though the difference between the averages is not great (mean=3.8412, standard deviation=.54554) compared to other health professionals (general practitioner (mean=3.4967, standard deviation=.32634), nurse (mean=3.5668, standard deviation=.50002), administrative staff (mean=3.3529, standard deviation=.29994) and others (mean=2.6176, standard deviation=.37435)) they look at innovation practices more positively. and while other health care workers have the same information about innovation, they have implemented more innovations compared to healthcare workers in private sector and health care workers in the public sector. There is also no statistically significant difference between the job title and innovation implementation problems and mistakes ( $F(4)=.742$ ,  $p=.569$ ). In the same way, there is no statistically significant difference between the title and the pre-innovation implementation opinions ( $F(4)=.988$ ,  $p=.425$ ).

Finally, there is no statistically significant difference between the job title and post-innovation implementation opinions ( $F(4)=.747$ ,  $p=.566$ ).

As a result, all healthcare workers have the same problems and mistakes in implementing innovation. But their opinions post-innovation implementation do not bear a resemblance.

**Question 2.** Is there a difference in the perception of knowledge creation on innovation of different health organizations?

**Table 4. Perception Differences in Knowledge Creation regarding Innovation in Health Organizations**

Categories	Question Interval	df	F	Sig.
Creating Knowledge	1-14	2	4.747	.014

According to Table 4 above, there is a statistically significant difference between health organizations and knowledge creation regarding innovation ( $F(2)=4.747$ ,  $p < .05$ ). According to this analysis, public hospital employees (mean=3.0887, standard deviation=.49474) have a more positive view than private hospital employees (mean=3.0286, standard deviation=.38664). As a result of the analysis, it is found that, on average, the public hospital employees have higher knowledge creation about innovation than the private hospital employees.

**Question 3.** Is there any difference in the perceptions of innovation practices of different health organizations?



**Table 5. Differences in Perception of Innovation Practices in Health Organizations**

Categories	Question Interval	Df	F	Sig
Innovation Practices	15-31	2	2.948	.064

Table 5 shows that there is no statistically significant difference in health organizations and perception of innovation practices ( $F(2)=2.948$ ,  $p=.064$ ). Thus, healthcare service innovation is implemented in private healthcare institutions and public hospital employees.

**Question 4.** Is there any difference in the perception of problems and mistakes in innovation applications of different health organizations?

**Table 6. Differences in Perception of Problems and Errors regarding Implementation of Innovation in Health Organizations**

Categories	Question Interval	df	F	Sig.
Problems and Errors	32-38	2	2.700	.079

According to Table 6, there is no statistically significant difference in perception of problems and mistakes in implementation of innovation in healthcare organizations ( $F(2)=2.700$ ,  $p=.079$ ). As a result, public and private hospital employees are experiencing the same problems and making the same mistakes in innovation applications in health care.

**Question 5.** Is there any difference between the behaviors of the employees of the organization before and after the innovation application?

**Table 7. Differences in Perceptions of Innovation before and after Applications of Innovation in Health Organizations**

Categories	Question Interval	df	F	Sig.
Before Application	39-44	2	1.351	.269

Table 7 shows that there is no statistically significant difference in the health organizations and the pre-implementation opinions ( $F(2)=1.351$ ,  $p=.269$ ). It is found that there are no differences in the point of view at public and private hospitals in pre-implementation of innovation. It can be said that both organizations have prejudices against innovation.

**Table 8. Differences in Perception in Health Organizations after Application of Innovation**

Categories	Question Interval	df	F	Sig.
After Application	45-50	2	1.106	.340

As shown in Table 8 above, there is no statistically significant difference in opinions of health care organizations in post-implementation of innovation ( $F(2)=1.106$ ,  $p=.340$ ). In the analysis, the following result is reached. Private hospital and public hospital employees are satisfied with the implementation of innovation.

**Question 6.** What is the relationship between knowledge creation regarding innovation and post-implementation views of innovation?

**Table 9. Relationship Between Knowledge Creation and Post-Implementation of Innovation**

		1	2
Creating Knowledge (1)	Pearson Correlation	1	.078
	Significance Level (Two-tailed)		
	N	43	3
After Application	Pearson Correlation	.078	1
	Significance Level (Two-tailed)	.635	
	N	39	45

As shown in Table 9, a correlation was applied to examine the relationship between knowledge creation regarding innovation and views after the implementation of innovation. In conclusion, although this relationship is not statistically significant, it is a weak positive relationship ( $r=.078$ ,  $p=.635$ ). As a result, it was found that healthcare professionals are satisfied with the implementation of innovation as they gain knowledge of innovation in applied health care services.

**Question 7.** Is there a relationship between the opinions before the innovation application and the opinions after the innovation application?

**Table 10. The Relationship Between Opinions about Innovation Before and After Application**

		1	2
Innovation Before Application (1)	Pearson Correlation	1	-.113
	Significance Level (two-tailed)		.458
	N	47	45
Innovation After Application (2)	Pearson Correlation		
	Significance Level (two-tailed)		
	N	.458	
		45	45

According to Table 10 above, even though there is no statistically significant relationship between the opinions before the innovation and the opinions after the innovation, there is a weak negative relation ( $r=-.113$ ,  $p=.458$ ).

As a result, no matter how negative the opinions of workers in healthcare organizations are before implementing the innovation, their views change and become positive after the implementation of the innovation.

## 5. CONCLUSION AND DISCUSSION

Innovation is a process in organizations. In this process, first of all, the concept of innovation must be understood. After this concept is understood, the need for innovation is determined and planned, and then the implementation takes place. Organizations need to manage the innovation process and embrace the findings obtained as a result of the implementation (Önal, 2011:69). Innovation is the renewal of science and technology to provide social and economic benefits (Yamaç, 2001). For this reason, innovation is a necessary element so that businesses in all sectors can continue to succeed. Especially in recent years, it is important to apply technological innovations in order to meet the demands and needs of consumers and to increase productivity and profitability in rapidly developing health care organizations. In addition, the increase in population and the increase in the number of diseases, brought about the necessity for innovation in medical devices, medicine, and technology.

In organizations that provide healthcare services, that is, in the hospitals, while the accelerating developments increase the need for qualified health personnel, they also increase the performance and productivity. In addition, in order to be able to use the resources that are reserved for healthcare services efficiently, healthcare practices that will provide quality, reliable, patient-centered health services, increase the productivity and decrease the costs are more rapidly increasing in recent years (Ökem, 2011:95).

As a result of the work of Garica-Goni, Maroto, and Rubalcaba (2007), the perception of innovation is different for employees and managers working in public health institutions. The attitudes of health workers are mostly dependent on the institution's performance. The attitudes of the managers are more dependent on the profile of individual or organizational innovation. Moreover, it was found in this study that managers are motivated differently than healthcare personnel and different health professionals in public health institutions have different attitudes towards innovation. This has shown that motivation is important in healthcare performance and innovation adaptation.

In his study, Önal (2011) asserted that the innovation training needs of the hospital personnel should be met, doctor and management personnel in the hospital are not sufficient, hospital managements give more

importance to innovation practices, as a result of innovation practices carried out by doctors and management staff, working environment and working conditions in the hospital, patient/patient relative satisfaction, motivations of the personnel, hospital profitability, and overall hospital performance were increased.

Fleuren, Wiefferink, and Paulussen (2004) found in their study about the innovation process that the patient involved should volunteer to collaborate with the innovation, be aware of the benefits of the innovation, and financial responsibility of the innovation should not be burdened on the patient.

In this context, the objective of the study is to analyze the adaptation of personnel and administrative staff, nurses and other health workers working in health organizations such as public and private hospitals to the innovation process, their attitudes towards this adaptation, whether their attitudes are motivated, and whether there are differences in the attitudes of members working in different organizations towards innovation. In addition, whether sufficient information about innovation is given to employees in health organizations, the problems encountered in the process of innovation, and the differences after the implementation of innovation are examined.

### **Conclusion and Recommendations:**

According to the data obtained from the analysis, doctors, nurses, other healthcare workers, administrative staff, and chief physicians in health organizations obtain information in the same direction, experience similar problems and mistakes that occur as a result of innovation practices, have the same opinions before and after the implementation of innovation. When employees working in public hospitals and employees working in different healthcare organizations such as private hospitals are compared, consumer needs related to innovation are better defined.

In innovation practice and in the case of mistakes and problems that occur during the innovation practice, before and after the implementation of the innovation, employees of public hospital and employees of private hospital show the same attitudes and behaviors. In this context, as health organizations acquire information to determine the need for innovation, the satisfaction of patients and their relatives, the motivation of doctors, nurses, pharmacists, administrative staff, and other health workers, and the performance and profit of health organizations are increasing after implementing the innovation.

In addition, in health organizations, as satisfaction of patients and their relatives, motivation of doctors, nurses, administrative staff, and assistant healthcare providers, the performance and profit of healthcare organizations decrease before implementing innovation, they increase after implementing innovation.

Finally, it is demonstrated that different health organizations and employees with different job titles in these organizations emphasize innovation practices and that they need to have adequate knowledge and training on innovation in line with patient needs. And also, it has been found that the motivation of employees, organizational performance and profits will increase after implementation of innovation practices. Moreover, according to the results obtained as a result of the study, it turns out that innovation is important for meeting the needs of patients and providing healthcare services in the health sector just as it is important to meet consumer needs in other sectors. In fact, healthcare workers need to have more information and training on innovation to be able to meet patient needs. Thus, as they get more knowledge and training, they start to have more positive views before, during, and after the implementation of innovation.

The results obtained by analyzing these restricted data can not be generalized. In future studies, all health organizations such as public hospitals, private hospitals, health centers, family health centers, and pharmacies in more cities and provinces should be addressed. The data obtained from health organizations should be collected, analyzed, and the results should be generalized for all health organizations. In fact, data about innovation practices in different sectors should be collected as well, and it should be compared with health sector, detecting the differences.

### **REFERENCES**

- Akenroye, T. O. (2012). "Factors Influencing Innovation in Healthcare: A Conceptual Synthesis", *The Innovation Journal: The Public Sector Innovation Journal*, 17(2).
- Aksay, K., & Orhan, F. (2013). "Evaluation of the Innovation Process in Hospitals in the Context of Risk Management: A Model Proposal", *Dicle University Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences*, 2(3), 10-23.
- Arslanhan, S. & Kurtal Y. 2010. "To What Does South Korea Owe Its Success in Innovation? Implications for Turkey ", *TEPAV Policy Notes*.
- Atay, E. & Karsan, G. 2012. "Socio-Cultural Dynamics of Korea's Economic Development: A New Statist Approach", *Journal of Eurasian Studies*, 1(1), 29-73.
- Atun, R. A., Menabde, N., Saluvere, K., Jesse, M., & Habicht, J. (2006). "Introducing a Complex Health Innovation-Primary Healthcare Reforms in Estonia (Multimethods Evaluation)", *Health Policy*, 79, 79-91.

- Aydemir C. & Karakoyun İ. (2011). "New Regional Development Approach and Development Agencies Karacadağ, Development Agency Example", Ekin Publications, Bursa.
- Aydoğuş, O., Turkcan, B., Çalışkan, E. T., & Kopurlu, B. S. 2009. "Theories of Crisis: Kondratieff Schumpeter, Wallerstein", Ege University Working Papers in Economics. <http://iibf.ege.edu.tr/economics/papers/wp09-01.pdf>, access date: 26.01.2016.
- Bayraktutan Y. (2004). "Growth Trends in the Global Economy Regionalization and Globalization", Nobel Publications, Ankara.
- Büyüköztürk, Ş. (2005). "Survey Development", Journal of Turkish Educational Sciences, 3(2), 133-148.
- Cain, M. & Mittman, R. (2002). "Diffusion of Innovation in Health Care", California Health Care Foundation.
- Cebeci, U. & Alaca, H. (2007). "Measurement of Innovation Degree", [www.ufukcebeci.com/Portals/57ad7180-c5e7-49f5.../inovation.doc](http://www.ufukcebeci.com/Portals/57ad7180-c5e7-49f5.../inovation.doc), 07.05.2015
- Chung, K. H., Lee, H. C., & Jung, K. H. (1997). "Korean Management: Global Strategy and Cultural Transformation", New York:Walter de Gruyter, Berlin, New York.
- Elçi, Ş. (2006). "Innovation: The Key to Development and Competition", Expanded New Edition, Feryal Publications, Ankara. 87-88.
- Eşiyok, B. A. (2004). "Technology, Innovation, and Information Sector in Turkey's Development Process", Development Bank of Turkey, General Studies, Ankara. p. 24.
- Firat, E. & Aydın, A. (2015). "Comparison of Turkey's Education Index Indicators with OECD Countries According to the Human Development Index", Selcuk University Faculty of Economics and Administrative Sciences, The Journal of Social and Economic Research, ISSN: 1303-8370/April 2015, 15(29).
- Garcia-Goni, M., Maroto, A., & Rubalcaba, L. (2007). "Innovation and Motivation in Public Health Professionals", Healty Policy, 84, 344-358.
- Göker, A. (2000). "Productivity, Innovation Ability, and Technology", TÜSİAD.
- Göker, A. (2003). "National Innovation System", TÜSİAD.
- Greer, A. L. (1977). "Advances in the Study of Diffusion of Innovation in Health Care Organizations", The Milbank Memorial Fund Quarterly, Health and Society, 55(4), 505-532.
- Hendy, J. & Barlow, J. (2013). "Adoption in Practice: The Relationship Between Managerial Interpretations of Evidence and the Adoption of a Healthcare Innovation", Health Policy and Technology, 2, 216-221.
- Herzlinger, R. E. (2006). "Why Innovation in Health Care Is So Hard", Harvard Business Review.
- Inovita, 2009. "Summary Notes from the World Bank Report on Turkey's National Innovation System", Updated: April 15, 2012. [https://inovita.org/uploads/1391513725\\_1335514903Dunya\\_Bankasi\\_TR\\_UIS\\_Raporu\\_Nisan\\_2012.pdf](https://inovita.org/uploads/1391513725_1335514903Dunya_Bankasi_TR_UIS_Raporu_Nisan_2012.pdf), date of access: 26.01.2016.
- Işık, N., Baysal D., & Ceylan O. (2010). "Development Agencies as a Political Tool for the Elimination of Regional Development Differences", Niğde University Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences, 3(2).
- Işık, N., & Kılınç, E. C., 2011. "The Importance of R&G and Innovation for Regional Development:- A Comparative Analysis", Eskişehir Osmangazi University Journal of İİBF, 6(2). SESSION 3E: Technology and Competition, 855.
- Işık, N., & Kılınç, E. C., 2012. "Innovation-Driven Development: A Study on European Union Countries and Turkey", Journal of Entrepreneurship and Innovation Management", 1(1), 31-68.
- Jippes, E., Ahterkamp, M. C., Brand, P. L. P., Kiewiet, D. J., Pols, J., & Engelen, J. M. L. V. (2010). "Disseminating Educational Innovation in Health Care Practice: Training Versus Social Networks", Social Science & Medicine, 70, 1509-1517.
- Korkmaz, S. (2010). "The Analysis of the Relationship between R&D Investments in Turkey and Economic Growth", Journal of Yaşar University, 20(5).  
Kırklareli University Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences (ISSN:2146-3417/E-ISSN: 2587-2052) Year: 2017 – 6(5), 36.
- Kistep "R&D and Beyond", (2014).
- M. (2003). "Conference of Milestones of Developmental Economy and Technology, New World Order, and Development", Ankara: Gazi University.
- Mihçi, H. (1996). "Development: What Does One Term Tell?", Economic Approach, Ankara, p.23.
- Müftüoğlu T. (2006). "Center of Attraction of Global Competition: Local/Regional Dynamics", Compiled by: Aylan Arı, Regional Development Policies and New Dynamics, Derin Publications, Istanbul, ss. 117-175.

- Müsiad, (2012). "R&D and Innovation for Global Competition, Strategic Solution Proposal", Research Reports:76.
- Nelson, R. R. (1993). "National Innovation Systems: A Comparative Analysis", [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1496195](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1496195), 07.05.2015.
- Oğuztürk, B. S. (2011). "The Role of Innovation in the Development of South Korea", Süleyman Demirel University Suleyman Demirel University Visionary Journal", 3(5), 48-53.
- Omachonu, V. K., & Einspruch, N. G. (2010). "Innovation in Healthcare Delivery Systems: A Conceptual Framework", The Innovation Journal: The Public Sector Innovation Journal, 15(1).
- Ökem, Z. G. (2011). "Healthcare Innovation in Turkey's European Union Membership Process", TÜSİAD.
- Önal, Y. H. (2011). "Innovation Approach in Health Sector: An Application on the Evaluation of Public-Private Hospitals Serving in İzmir", Graduate Thesis, Dumlupınar University, Institute of Social Sciences, Kütahya.
- Özoğlu, S. Ç. (1992). "Survey in Behavioral Sciences: Improvement of Information Collection Instrument", Ankara University Journal of Educational Sciences, 25(2), 321-39.
- Plsek, P. (2003). "Complexity and the Adoption of Innovation in Health Care", National Institute for Health Care Management Foundation. National Committee for Quality Health Care, Washington.
- Rogers, E. M. (1995). "Diffusion of Innovation", The Free Press, Fourth Edition, New York.
- Sibthorpe, B. M., Glasgow, N. J., & Wells, R. W. (2005). "Emergent Themes in the Sustainability of Primary Health Care Innovation", MJA, 183(10), 77-80.
- Ungson, G. R., Steers, R. M., & Park, S. H. (1997). "Korean Enterprise: The Quest for Globalization", Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts.
- Yamaç, K. (2001). "What is This Thing Called Innovation?", Journal of Science, Education, and Thought, 1(3).
- Yavuz, Ç. (2010). "A Study on Examination of the Relationship between Innovation and Performance in Organizations", Journal of Entrepreneurship and Development, 5(2), 143-173.
- Weberg, D. (2009). "Innovation in Healthcare A Concept Analysis", Nursing Administration Quarterly, 33(3), 227-237.
- West, M. A. & Sacramento, C. A. (2012). "Creativity and Innovation: The Role of Team and Organizational Climate". In Handbook Organizational Creativity, Academic Press, London, 359-386.

## TURKISH AUTOMOTIVE INDUSTRY AND PREPARATION FOR INDUSTRY 4.0

Ahmet Tezcan Tekin  
Istanbul Technical  
University

Gülşah Ayhan  
Cerebro Software Services Inc.

Lerzan Özkale  
Istanbul Technical  
University

### ABSTRACT

The automotive sector has been one of the most favored sectors by technological advancement. Along with Industry 4.0, every aspect of production has changed, requiring sectors to transform digitally. Autonomous cars are the leading products in Industry 4.0 expected to grow with remarkable pace over the next years. Considering the volume of market value that will occur in the future, countries focus on R & D spending in this area and transform their education system to supply the required high skilled labor force. This technology will dominate the production technologies in the upcoming future and it obliges countries to implement considerable R & D activities. Besides, R & D investments in such high-tech domain will contribute largely to the digitalization of small and medium enterprises.

**Keywords:** *Automotive Sector, Industrial 4.0, R&D Investment.*

## I. INTRODUCTION

The automotive sector is defined as an industrial area that includes activities related to the design, development, production, and sales of motor vehicles. The automotive industry has a vast and vital role in the development of the modern economy with its large domain and contribution to other sectors. As a matter of fact, motor vehicles that tourism infrastructure, construction, agriculture and transportation sectors need are provided by the automotive industry. Thus, it reflects as positive and rapid changes in the automotive sector, in terms of production, employment, exports and imports (Ar & Ge Bülten, 2016).

As the automotive sector is one of the world's most important sectors in terms of revenue, the market grows rapidly especially in developed countries. The automotive market has extended by approximately 60.9 million since 2005. The US market has reached its saturation, while the Asian market has improved due to developing markets in China, India and South Korea. According to the statistics, total production growth observed as approximately 3% in 2017 comparing to 2016.

The automotive production in Turkey in 2016 has reached nearly 1.5 million units by recording an increase of 9.4%. In this period, automobile production increased by 20.2% and became 951 thousand while commercial vehicle production decreased by 5.8% and reduced to 535 thousand. Production of light commercial vehicles declined by 1.8%, while production of heavy commercial vehicles fell by 45%. In Figure 1, it is demonstrated the production levels in automotive industry depending on the country. According to OCD (Automotive Manufacturers Association), Turkey ranks 14th in the world in total automotive production and the sector ranks 17th in automobile production and 8th in commercial vehicle production. In Turkey, the automotive industry is one of the most rapidly growing sectors (Görener and Görener, 2008). The sector directly affects human life. Therefore, it keeps transforming with the demands and necessities of the consumers.

The automotive sector is well in the adaption of Industry 4.0 because data exchanges and automation in production has increased a lot in recent years. The development and commercial release of Connected and Autonomous Vehicles is carried out with the aim of quicker, safer and more reliable vehicles producing and more robust and resilient infrastructure of transportation (Özdemir and Düzgün, 2009). The vision of zero accidents and zero emissions leads the automobile sector to create and improve the autonomous cars. Zero emissions plans announced by developed countries, directly affect the future of the industry. England, Germany, Norway, and France are among the countries that announced to forbidding gasoline and diesel vehicles. Also, China, the world's largest automobile market, announced its zero-emission plan. Fully autonomous cars are expected to become widespread from 2028. Furthermore, 450 million vehicles are expected to connect to each other in the USA, EU and China by the year 2025 (Parkinson et al., 2017).

In this study, we examine the automotive sector and the transformation of this sector with Industry 4.0. We explain the adaptation of Industry 4.0 transformation is crucial for the development of countries and we point out the importance of adaptation in the education system, to catch the benefits of Industry 4.0. We explain how important the investments in R & D in high value-added and high-tech sectors are for countries to adapt to Industry 4.0. We study the development of self-driving vehicle technology in particular. Cooperation of large companies in this area is found to be important and they already started to invest in Industry 4.0. However, for the small and medium-sized companies, it is obvious that it will be harder to comply with Industry 4.0. For this reason, the authors emphasize the necessity of focusing on this topic by taking the countries with advanced economies as role models.

## II. Economic Importance of the Automotive Sector

Automotive sector plays an important economic role for Turkey considering the added value it creates as well as its contribution to other sectors, the positive effect on employment and its leading role in transferring advanced technologies. In this high technology sector, the companies which enable technology transfers are considered successful. Also, the high level of competition increases the importance of technology. Usage of advanced technologies renders essential the availability of high-skilled labor force which constitutes the real power of the sector. For this reason, the training carried out to supply such a skilled labor force is of paramount importance. It is crucial to improve the quality of employment and to use advanced technologies for the development of the industry. Today more than ever, R & D expenditures towards brand and model creation besides product development, are the only way of survival and success in actual fierce competition. Also, the studies and works of producers for zero accident and less fuel usage take a significant place in R & D activities.

In Turkey, automotive sector has its own strengths and weaknesses. Strong capital structure, foreign partnerships, qualified labor force, geographic location are creating the strengths of the automotive sector in Turkey. Whereas, overcapacity, inadequate and unstable domestic market, lack of cooperation between primary and subsidiary industries, and increase in imports constitute are ongoing weaknesses of the sector Turkish Automotive industry. Turkey's total R & D / GDP ratio is 1%, while this rate is around 3% in the

automotive industry. At industry level, there are 276 R & D centers in total in Turkey, of which 78 are in the automotive sector. 16 of R & D centers in this sector are located in the main industrial companies and 59 of them are in subsidiary companies. Ford and Tofaş are two of the top three companies with the highest R & D expenditures in Turkey. They have established one of the best facilities in the world. Ford's embedded systems and software development lab (HIL) in the R & D headquarters, where Ford has been involved in Sancaktepe, is one of Ford's four laboratories around the world. The design studio situated at the Sancaktepe R & D center, is responsible of the heavy commercial vehicles design from scratch. This is a virtual reality and an engineering (HIL) laboratory.

The Turkish automotive industry, which has succeeded in producing for the world market, has to move forward in terms of productivity, production size, and export revenue to continue its development. In this respect, having latest technologies in the world, cooperation between the sectors and the sub sectors, the incentives and investments are decisive factors to improve (Görener and Görener, 2008).

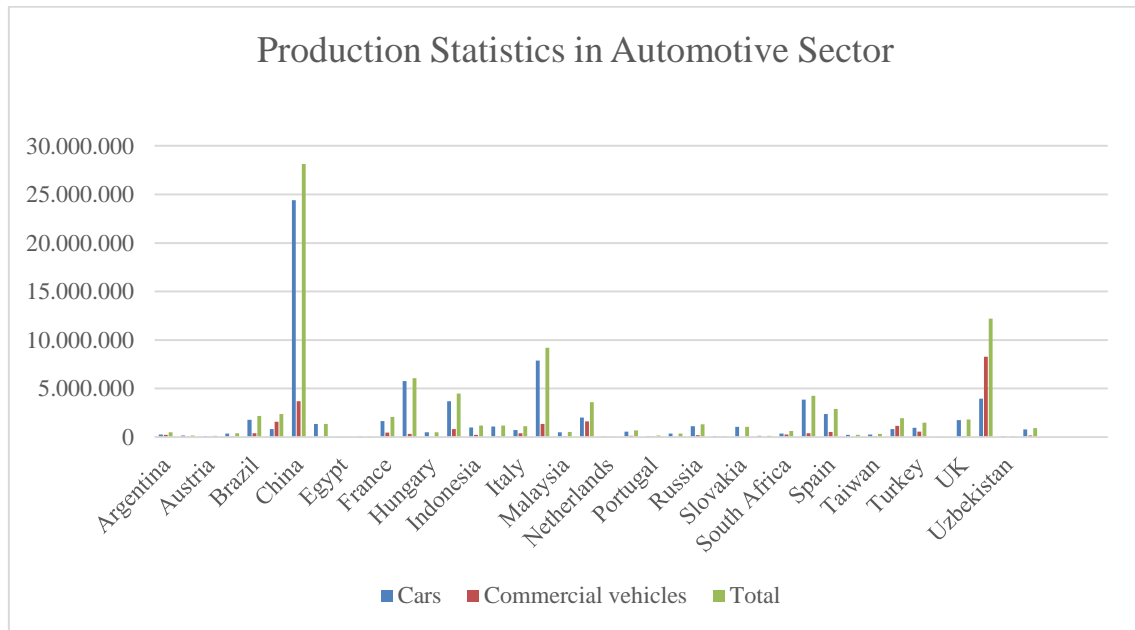


Figure 2. Production Statistics in Automotive Depending on Countries

### III. Automotive Sector and Industry 4.0

Continuous reductions in resources along with the increasement in production amounts cause the production systems to change. The impact of Industry 4.0, leading to a smart manufacturing economy through digital transformation, is going on in many sectors. Automotive is one of the industries with a high potential of transformation in Turkey. Accordingly, many changes are expected in the automotive sector in the near future. Those are cost, employment productivity, speed, investment and income.

The industry has begun to efficiently use 3D (layered) manufacturing facilities, which can be considered a revolution in the internet of things, robotics and especially spare parts production. The cost of 3D technology prototypes, especially in the creation of prototypes is expected to reduce by up to 50 percent. The development of this technology will lead to a decrease of the share of labor cost in total production costs along with the “advantage” loss of the low-cost low-skilled labor force. Such a low-cost low-skilled labor force was wrongly considered as an advantage in this high technology industry and been criticized at industry level at least by experts along with some industry leaders and players. In general, smart production technologies are expected to have a fundamental impact on the development of product design, the transformation of traditional production and the elimination of inefficiencies in the supply chain. Accordingly, Turkey is expected to increase its international competitive power, if the digital transformation process of the automotive industry that composes high added value is rapidly realized.



#### IV. Effect of Industry 4.0 in Labor Force

The digitalization of production processes and the widespread use of intelligent technologies in production have created the opportunity of increasing the productivity of the labor force. This will lead to the more efficient use of resources, while some of the blue-collar workforce will be unemployed, replaced by more qualified labor-force. However, it remains unclear to what extent this replacement will occur and how long it will take (Gabaçlı et al., 2017). Nevertheless, new occupational branches will be formed respecting the demand and, the labor force will need to be transferred into those new directions. In this transformation, training the unemployed will be decisive. Indeed, the creation of an infrastructure that can divert the labor force to different areas and transfer to new business areas can be achieved by increasing the level of education (Lee, 2002).

It is necessary to optimize the educational infrastructure while industry 4.0 technologies are adopted. For this reason, the digital transformation should go hand in hand with the design of required educational programs as well as those towards the increase of entrepreneurial and information technology skills (Rüßmann et al., 2015). Germany is the largest industrial country in Europe, which has played an essential role in the development of Industry 4.0. Unemployment is expected to decline by 6% by 2025 (BCG, 2017). Besides, in the automotive sector, while the share of investment made in the Industry 4.0 transformation process was 10-20%, a growth rate of 0.2% is expected in this sector until 2025 (Table 1).

**Table 1. Expected Sector-Based Share of Production, Investment, and Employment Growth in the Transformation Process of Industry 4.0 for Germany**

Sector	Production Share (Gross)	Investment Share in Industry 4.0	Expected Share of Employment Growth
Automotive	%22	%10-20	%0.2
Food	%10	%20-30	%0.7
Engineering	%13	%22-32	%0.9
Other	%55	%10-15	%0.6

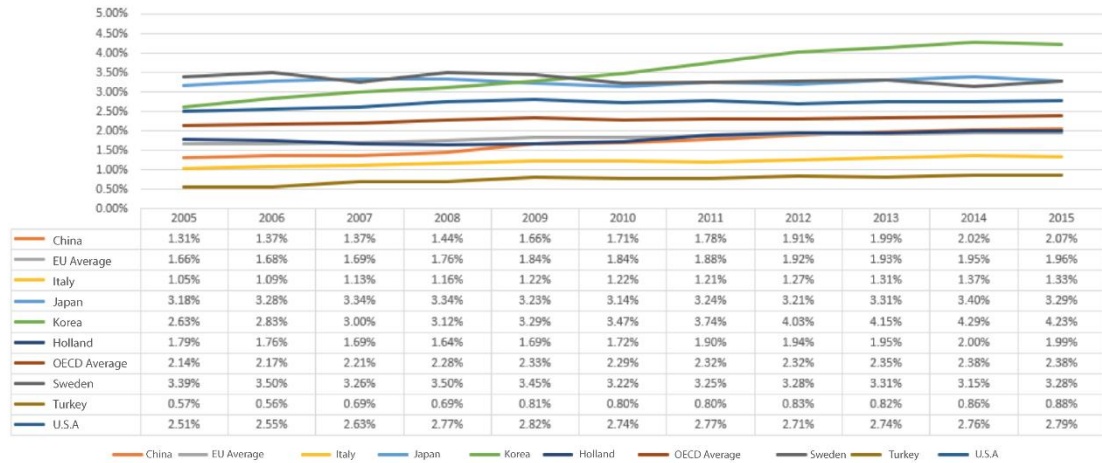
Digital transformation activities in the industry are supported by the Ministry of Industry and Technology and TUBITAK (The Scientific and Technological Research Council of Turkey), and a roadmap created for this purpose by the government (Yüksel and Sener, 2017). However, the investments made in this area are inadequate. For the development of the economy, Turkey should adopt Industry 4.0 process especially in high value-added and technology-based sectors such as automotive etc. In addition to these, the right strategies should be applied in the education system, and new occupational opportunities should be provided to avoid unemployment problem.

#### V. Autonomous Cars

In literature, the Industry 4.0 term is used to represent the current Industrial Revolution. This revolution, involves different sectors: from manufacturing to healthcare. Indeed, the current revolution is also known as the ‘Internet of Things’ or ‘Internet of Everything’ or the ‘Industrial Internet’ and it is a vision rather than a technological improvement (Pieroni et al., 2017). Also, autonomous car technology has an essential place in Industry 4.0 because it is involved by many technologies such as artificial intelligence, big data, robotics, cloud computing. Given the size of the market in the future, countries also pay attention to R & D expenditures in this area. Korea has devoted 4.23% of its GDP to R & D expenditure in 2015, and since 2011 it has allocated a budget of 2.2 billion dollars for the studies in this area (Pieroni et al., 2017).

According to literature, the first fully autonomous cars are expected to arrive by 2025-2030. Premium and mass-market car manufacturers are now seeing driverless car technologies as essential to their future. As of 2016, car manufacturers such as Mercedes-Benz or BMW are already offering advanced autopilot systems, with BMW promising to launch a fully autonomous vehicle by 2021. Other manufacturers, such as Audi, GM, Toyota or Volvo, are also developing their driverless car technologies. Over 2010-2015 period, more than 5,700 driverless technology patents were registered in the world (Liuima, 2016).

Patents are related to R&D investments. The literature says that R&D investments and developed economics are strongly correlated. Therefore, developed countries are spending more to R&D investments than developing countries (Tekin et al., 2018). Ehen R & D expenditures share in GDP is analyzed for developed countries and Turkey, from 2005 to 2015, it is clear that Turkey needs to make a serious effort (Figure 2).



**Figure 2. R & D Expenditures of countries depending on years**

The emergence of driverless car technologies could also give more power to already established tech giants, such as Apple or Google. Up to now, automotive companies have been leading driverless car technology patents, but if the autonomous car market proves to be lucrative enough, tech giants could accelerate their investments and become a real threat to traditional car companies and components suppliers. Top 25 companies by Driverless Technologies Patents are shown in Table 2. Tech giants could gain from their experience and expertise in developing and integrating software as well as their broad pool of software engineers.

Table 2 shows that autonomous car technologies need to meet tech giants and automotive companies. This technology requires that collaboration between these companies for Industry 4.0. Also, autonomous cars are likely to result in growing expenditure on technology and electronics. Estimates suggest electronics could account for 50% of car manufacturing costs by 2030, up from roughly 30% in 2015 (Axelrod, 2018).

**Table 2. Top 25 Companies by Driverless Technologies Patents**

Order	Company	Number of Patents (2010-2015)	Order	Company	Number of Patents (2010-2015)
1	Toyota	1,463	14	GM	111
2	Denso	655	15	ETRI	108
3	Honda	437	16	Samsung	107
4	Nissan	426	17	Clarion	95
5	Mitsubishi	286	18	Google	82

6	Hyundai	247	19	Mando	77
7	Bosch	221	20	Ford	75
8	Fujitsu	202	21	BMW	74
9	Fuji	183	22	LG	74
10	Hitachi	175	23	Audi	73
11	Daimler	161	24	Scania	63
12	Panasonic	144	25	Volkswagen	62
13	Continental	115			

On the other hand, the integration of the data generated in the value creation process requires the networking of various IT systems both within and beyond the company. In this way, functional areas such as procurement, production and sales can exchange their data in real time. It is not easy for small and medium-sized enterprises, due to lack of resources, to assess the technological maturity of the relevant solutions and their business uses. Management lacks a methodical approach to implementation. Thus, four out of ten SMEs do not have a comprehensive Industry 4.0 strategy compared with two out of ten among large companies (Shröder, 2016).

The proportion of companies ready for Industry 4.0 is quite low. According to The Challenges of Industry 4.0 for Small and Medium Enterprises Report 2017, in the manufacturing industry, which represents the largest part of the production, around 10 percent of companies are currently operating intensively with Industry 4.0. In machinery and plant engineering, as suppliers of Industry 4.0, the proportion is the double. At present, 5.6 percent of machinery and plant engineering companies are in a state of advanced implementation, just under 18 percent are engaged with Industry 4.0 concepts and implementing the first measures to put them into practice.

According to the same report, “differentiation by branch shows that the production of rubber and plastic products, with a proportion of 10 percent, comes ahead of machinery and plant engineering around 8 percent, followed by foodstuffs around 6.5 percent, wood- working/furniture around 6 percent, electrical engineering and high-tech industry around 5.5 percent and vehicle manufacturing at 4 percent. A further 13 percent of small and medium-sized enterprises in the manufacturing industry have already networked some machinery, plants and systems; 17.5 percent are engaged with it and have developed their first concrete implementation plans; just under 40 per cent are looking at it; and around 25 percent of SMEs have still not looked into it at all” (Techconsult 2015).

In addition, Business Performance Index report which was published in 2015 states that “Studies also have comparable findings when it comes to their evaluation of the extent to which individual Industry 4.0 processes and technologies are already in use. Both large companies and SMEs leave a lot to be desired when it comes to the use of smart services, such as the evaluation of big data that occurs in the production process or through networked production processes. Because SMEs are relatively well positioned about the linking of machines and IT systems the deficiencies concerning data evaluation are not necessarily the result of a basic lack of data” (Techconsult, 2015). “However, the complete integration of IT, which also enables external information exchange, is rare. For that purpose, cloud services would be useful. In future, communication between different systems will be organized via higher cloud services, such as virtual platforms (cloud platform as a service) and software (cloud software as a service). Currently, a mere 5 percent of all SMEs in Germany use higher cloud computing services of this kind” (Schröder, 2015). “The average level of diffusion in the EU15 is twice as high as in Germany. In Finland and Denmark, as many as a quarter of SMEs make use of higher grade, IT services from the cloud” (Shröder, 2016).

## VI. Conclusion

Industry 4.0 has led to big transformations in many sectors. In the high-tech domain, automotive is one of the industries that is highly affected by this transformation. Autonomous cars can be considered as the symbol of the interaction between the Automotive Sector and Industry 4.0. Countries should adopt this transformation in the production process as well as their education system to succeed in the highly competitive market. Therefore, investments made in high value-added sectors such as automotive will help countries to develop more rapidly.

Industry 4.0 will present tremendous opportunities for innovative producers, system suppliers and, most of the fields in the industry.

School curricula, training, and university programs are needed to be re-designed and also, IT related skills, innovation abilities of the labor force need to be strengthened in order to succeed in Industry 4.0.

However, the most important issue is the necessary collaboration between tech giant firms and powerful automotive companies.

Considering the importance level of Industry 4.0, Turkey has to support the above-mentioned developments for automotive companies and suppliers, especially small and medium enterprises with R&D support or creating consortiums between tech companies and automotive companies. This will positively affect the economy in the medium and long term.

## VII. References

- Axelrod, C. W. (2018, May). Cybersecurity and privacy issues when applying railway technologies to intelligent roadway systems. In Systems, Applications and Technology Conference (LISAT), 2018 IEEE Long Island (pp. 1-6). IEEE.
- Boston Consulting Group (2017)
- Gabaçlı, N., & Uzunöz, M. (2017, October). IV. Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0 ve Otomotiv Sektörü. In ICPESS (International Congress on Politic, Economic and Social Studies) (No. 3).
- GÖRENER, A. G. Ö. (2008). Türk Otomotiv Sektörünün Ülke Ekonomisine Katkıları ve Geleceğe Yönelik Sektörel Beklentiler. *Journal of Yaşar University*, 3(10), 1213-1232.
- Lee, K. R. (2002). Impacts of Information Technology on Society in the new Century. *Konsbruck Robert Lee. Route de Chavannes C*, 27.
- Liuima J. (2016). Autonomous Vehicles Impact – Motor Vehicles Industry. Retrieved from <https://blog.euromonitor.com/2016/08/autonomous-vehicles-impact-motor-vehicles-industry.html>
- Otomotiv Sektör Raporu (2016), Ar & Ge Bülten 2016 Mayıs-Haziran Sektörel
- Özdemir, A. İ., & Düzgün, R. (2009). Türkiye'deki Otomotiv Firmalarının Sermaye Yapısına Göre Etkinlik Analizi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(1).
- Parkinson, S., Ward, P., Wilson, K., & Miller, J. (2017). Cyber threats facing autonomous and connected vehicles: Future challenges. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 18(11), 2898-2915.
- PIERONI, A., SCARPATO, N., & BRILLI, M. (2018). INDUSTRY 4.0 REVOLUTION IN AUTONOMOUS AND CONNECTED VEHICLE A NON-CONVENTIONAL APPROACH TO MANAGE BIG DATA. *Journal of Theoretical & Applied Information Technology*, 96(1).
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston Consulting Group*, 9.
- Schröder, Christian. (2015). On the way to networked value creation: Is there a digitalisation gap in the German Mittelstand?, IfM Bonn: Denkpapier 02/15, Bonn, [http://www.ifm-bonn.org/uploads/tx\\_ifmstudies/denkpapier\\_digitalisierung\\_2015.pdf](http://www.ifm-bonn.org/uploads/tx_ifmstudies/denkpapier_digitalisierung_2015.pdf).
- Schröder, Christian. (2016). The challenges of industry 4.0 for small and medium-sized enterprises. *Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn*.
- Techconsult. (2015). Business Performance Index BPI, BPI Fertigung.
- Tekin A. T., Özkale N. L., Ayhan G. (2018). The Importance of R & D Investments in Information and Communication Technologies and Tax Policies Applied Through Information and Communication Technologies. In International R&D, Innovation and Technology Management Congress, In IRDITECH 2018 Uluslararası Ar-Ge İnovasyon ve Teknoloji Yönetimi Kongresi Bildiriler Kitabı, (pp.155-166)
- Yüksel, A. N., & Sener, E. (2017). The Reflections of Digitalization at Organizational Level: Industry 4.0 in Turkey. *Journal of Business, Economics and Finance*, 6(3), 291-300.

## DEĞER AKIŞI HARİTALAMASININ BÜYÜK ÖLÇEKLİ BİR İŞLETMEDE UYGULANMASI

Mahmut Tekin  
Selçuk Üniversitesi

Murat Arslandere  
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi

Mehmet Etlioğlu  
Selçuk Üniversitesi

Özdal Koyuncuoğlu  
Necmettin Erbakan Üniversitesi

Ertuğrul Tekin  
Selçuk Üniversitesi

### ÖZET

Yalın üretim tekniklerinden birisi olan değer akış haritalama işletmedeki israfı önlemeye çalışır. Değer akış haritalamada amaç sıfır; stok kaybı, zaman kaybı, işgücü kaybı, bekleme, gereksiz hareket, kırtasiye, sıfır hatalı üründür. Değer akış haritalamaya göre yapılan işlemlere bağlı tüm süreçler bir bütün olarak tek başına ve birlikte ilişkileriyle incelenerek düzenlenir. Temel amaç tüm süreçlerin müşteri talebine uygun olarak ayrıntılı bir şekilde optimize edilmesidir. Değer akış haritalama süreçlerinde yapılması gereken işlemler; Ürün ailesi seçimi, mevcut durum haritası, gelecek durum haritası, değer akış planı ve uygulamasıdır. Bu çalışmada büyük ölçekli bir un fabrikasında yalın üretim tekniklerinden değer akış haritalaması uygulanmıştır. Söz konusu fabrikada değer akış haritalama uygulaması pastalık ve böreklik un paketli ürünlerinde uygulanmıştır. İlk olarak mevcut durum değer akış haritası oluşturulmuş, ardından da gelecek durum değer akış haritası oluşturularak iyileştirme önerileri paylaşılmıştır. İşletmede değer akış haritalamasıyla; Bireysel öneri sistemi, kaizen, SMED, 5s, Jidoka ve süreç iyileştirme çalışmalarını yapılarak başarılı sonuçlar alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Değer Akışı Haritalama, Gelecek Durum Haritası, Ürün Ailesi.*

### ***APPLICATION OF VALUE FLOW MAPPING TO A BIG SCALE BUSINESS***

#### **ABSTRACT**

Value stream mapping which is one of the lean manufacturing techniques tries to avoid waste in business. The goal of value flow mapping is zero; stock loss, time loss, labor loss, waiting, unnecessary movement, stationery, zero faulty product. All processes related to the operations based on the value flow mapping are organized as a whole by examining them together and with their relations. The main purpose is to optimize all the processes in detail according to the customer's demand. Processes to be done in value flow mapping processes; Product family selection, current state map, future state map, value flow plan and application. In this study, value flow mapping was applied to lean manufacturing techniques in a large-scale flour factory. The value flow mapping practice in the factory was applied in packaged products of pastry and pastry flour. First, the current state value map is created then the future state value map is created and the optimization suggestion is shared. Individual recommendation system, kaizen, SMED, 5s, Jidoka and process improvement studies were carried out and successful results were obtained by value flow mapping in the business.

**Key Words:** *Value Stream Mapping, Future State Map, Product Family.*

## 1. GİRİŞ

Üretim sistemleri, günümüze kadar çeşitli evrimler geçirmiştir. Bu evrimlerin temel nedenlerine bakılacak olursa değişen ve gelişen çevre önemli etkenlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Değişen ve gelişen çevre ile başta müşteri istek ve gereksinimlerinin değişmesi olmak üzere, rekabetin küreselleşme ile artması, ileri teknolojilerin geliştirilmesi, gelişen dünya ekonomisi, çevre duyarlılığının artması gibi etkenler sayılabilir. İşletmeler bu gelişmelerin sonucu olarak üretim sistem ve yöntemlerinde değişiklik yapmak zorunda kalmışlardır. Aksi takdirde, rekabet edebilme olanakları kalmayacaktır. Günümüzde, sektörlerinde lider konumda olan işletmeler incelendiğinde yeni üretim felsefe ve yaklaşımlarını en iyi uygulayan işletmeler oldukları görülmektedir. İşletmeler serbest pazar ekonomisinde kendilerine rekabet avantajı sağlayacak modern yönetim ve üretim sistemlerinin ne denli önemli olduğunun farkına varma dereceleri gün geçtikçe artmaktadır. Müşterilerin zevk ve tercihlerinde görülen önemli değişme ve farklılaşma; üretim, rekabet ve fiyat süreçlerinde baş döndürücü gelişmeleri doğurmakta ve işletmelerin var olabilmek için farklı çabalar içerisine girmelerine neden olmaktadır. Rekabet sonucunda, işletmelerin yeteneklerini ve kaynaklarını doğal ve esnek bir sürece adapte etmeleri bir zorunluluk haline gelmiştir. İşletmelerin küresel ve ulusal ekonomilerde başarıyla faaliyet gösterebilmesi ve rakiplerine üstünlük sağlayabilmesi için sürekli mevcut üretim faktörlerini ve ürünlerini yenileyip geliştirmeleri gerekmektedir. Küresel alanda rekabetçi olabilmenin anahtarı eşzamanlı olarak hem kaliteyi hem de verimliliği sürdürülebilir kılmaktır. Bu bağlamda günümüz rekabetçi ve değişen iş dünyasında, müşteri tatminini organizasyonel verimlilik ile birlikte arttırabilmek için yalın felsefenin önemi yadsınmaz. Böylece işletmeler en az kaynakla, en kısa sürede, en az maliyetli ve hatasız üretimi, müşteri istek ve beklentilerine uyacak şekilde, mümkünse sıfır israf ve tüm üretim faktörlerinin esnek şekilde kullanılmasıyla çok fazla avantajlar elde etmiş olacaklardır.

## 2. YALIN FELSEFE

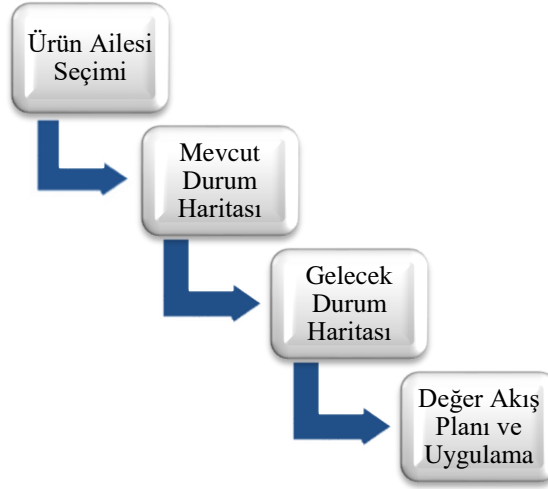
Yalın felsefenin endüstriyel alanda farkındalığa kavuşması, Toyota üretim sistemi uygulayıcılarının büyük ölçüde başarı sağlayıp performanslarını arttırmaları ardından gerçekleşmiştir. İlk olarak Japon araba üreticisi olan Toyota'da uygulanan yalın sistem dünyaca kabul görmüş bir işletme yönetim fenomenine dönüşmüştür (Kurilova, 2015). Yine de dünyanın yalın üretime olan ilgisi Harvard Üniversitesi akademisyenlerinden James Womack'ın "Dünyayı Değiştiren Makine" adlı kitabının yayınlanmasına kadar sınırlı düzeyde kalmıştır (Yuji ve Monica, 2010, Mcdonald vd., 2002). 1996 yılında Womack ve Jones (1996) tarafından yayımlanan 'Yalın Düşünce' kitabı ile bu felsefe genişletilmiş ve 'yalın' teriminin içerdiği yol gösterici prensipler tanımlanmıştır. Womack ve Jones 1996 yalın üretimi bir yöntemden ziyade, bir düşünce tarzı olarak ifade ederek, organizasyondaki tüm bireylerin faaliyetlerini sürekli geliştirmeyi benimsedikleri bir kültürün oluşturulmasında bütünsel bir sistem yaklaşımı olduğunu vurgulamışlar (Yüksel, 2010). 2000'li yıllardan sonra bu kavramın uygulamaları genişletilmiş ve çeşitli kitaplarda ve makalelerde yer bulmuştur. Yalın düşünce, değer, belirli müşterilerle oluşturulan iletişim sonucunda belirli fiyatlarla sunulan, belirli yetkinliklere sahip olan, belirli ürünler türünden tam ve doğru tanımlanmasına yönelik bilinçli bir çaba ile başlamak zorundadır. Kısacası yalın düşünce yalındır; çünkü giderek daha az ile yani daha az insan çabası, daha az ekipman, daha az zaman ve daha az alan ile giderek daha fazla elde etmenin yolunu gösterir ve böylece müşteriler tam olarak istediklerini sağlamaya daha fazla yaklaşmış olur (Womack ve Jones, 2003). Yalın üretim sistemi, en az kaynakla, en kısa sürede, en az maliyetli ve hatasız üretimi, müşteri istek ve beklentilerine uyacak şekilde, mümkünse sıfır israf ve tüm üretim faktörlerini esnek şekilde kullanan bir sistemdir (Tekin, 2012). Genel olarak yalın üretim bir sanayi işletmesinde; başta insan olmak üzere tüm kaynakları en verimli şekilde kullanıp, gereksiz tüm işlemlerin, gereksiz yere maliyetleri yükselten ama katma değer etkisi olmayan tüm faktörlerin adım adım yok edilmesine dayanır (Tekin ve Zerenler, 2013). Yalın üretimin ana stratejisi; hızı artırıp, akış süresini azaltarak, kalite, maliyet, teslimat performansını aynı anda iyileştirmektir.

## 3. DEĞER AKIŞ HARİTALAMA

Değer akışının haritalanması, bir süreçteki değer akışını görselleştirmek için kullanılan bir yalın planlama aracıdır. Bu faaliyet herhangi bir süreçteki israf alanlarını belirlemek için temel yöntemdir. Değer akışının haritalanmasında, bir süreçteki her bir faaliyet analiz edilmektedir ve bu faaliyetlerin ürüne değer katıp katmadığı sorgulanmaktadır. Bir süreçte yapılan her şey, değer katan veya değer katmayan faaliyet olarak sınıflandırılmaktadır (Özçelik, 2011). Değer akış haritalamada bir ürünün üretilmesi için gerekli ve gereksiz bütün faaliyetler gösterilir (Pude vd., 2012). Tek süreç veya işlemlerin bireysel olarak değil, resmi kuşbakışı olarak bütünüyle görülebilmesiyle ilişkili olup, süreçlerin hem kendi içlerindeki hem de birbirleriyle olan ilişkilerini optimize etme noktasıyla ilgilidir ve yeniden düzenleme çalışmalarını içerir. Eğer işlemleri müşteri talebine uygun bir şekilde ayrıntılı olarak optimize etme işlemi yapılmak istenirse, değer akış haritalama ile işe başlanması gereklidir (Rother ve Shook, 1999, Lasa vd., 2008). Değer akış haritalama

tekniklerinin temel amacı, yalın üretimin temel felsefesi olan, sistemdeki bütün israfların yok edilmesi olgusuna katkı sağlamak amaçlı, değer zincirindeki her türlü israfı tanımlayarak israfın önlenmesi için tedbirler almak ve israfı ortadan kaldırmaktır. İsrafın ortadan kaldırılmasına yönelik olarak yapılan çalışmalarla zincir üzerindeki işlemlerin tek tek optimizasyonu için çok sayıda araç geliştirilmiştir. Ancak değer akış haritalama geniş bir bakış açısıyla olaylara yaklaşım süreçleri tek başına ele almak yerine, resmin bütünü üzerinde çalışmaktadır (Ayçın, 2016). Değer akış haritalamanın faydaları;

- Kullandığı simgesel gösterim sayesinde sürecin görsellik kazanmasını sağlar.
- Süreçte israfa neden olan kaynakların belirlenmesini sağlayarak iyileştirme çalışmalarına zemin hazırlar (Sıfır stok, sıfır zaman kaybı, sıfır işgücü kaybı, sıfır bekleme, sıfır gereksiz hareket, sıfır kırtasiye işleri ve harcamaları, sıfır hatalı üretim, sıfır fazla süreç kaybı)
- Bilgi akışı ve malzeme akışı arasındaki bağlantıyı gösterir.
- Bir uygulama planı için referans oluşturur.



Şekil 1. Değer Akış Haritalama Aşamaları

Kaynak: Birgün vd., 2006.

Yukarıda Şekil 1’de görüleceği üzere değer akış haritalamada aşamalar sırasıyla; ürün ailesinin seçilmesi, mevcut durumun çizilmesi, gelecek durumun tasarlanması ve uygulama çalışmalarının gerçekleştirilmesi şeklindedir. Müşteriler tarafından algılanan ‘değer’in belirlenmesi sonrasında başlatılan değer akışı haritalandırmada ilk adımda seçilen bir ürün veya hizmet ailesi için değer akışı tanımlanır. Tanımlanan değer akışı için sahadan bilgi toplayarak mevcut durumun haritası çizilir. Mevcut durum haritası, gelecek durumun tasarlanması için ihtiyaç duyulan bilgiyi sağlamaktadır. Daha sonra gelecek durum haritası çizilerek uygulama çalışmalarına başlanır (Birgün vd, 2006). Değer akış haritasının gerçek gücü, yalın kavramlara dayanan gelecek durum oluşturmasında yatmaktadır. Bunu etkili bir şekilde yapabilmek için takip edilmesi gereken esaslar vardır. Bu noktada aşağıda maddeler halinde verilen sorular dikkatli bir şekilde cevaplanarak akışın nasıl olması gerektiğini gösteren gelecek durum haritası çizilmektedir (Locher, 2008: 55);

- Müşteriler gerçekte neye ihtiyaç duymaktadır?
- Müşteri ihtiyaçları için performans ne kadar sıklıkla kontrol edilmelidir?
- Hangi adımlar değer, hangi adımlar israf oluşturmaktadır?
- Daha az kesintiyle iş nasıl akabilir?
- Kesintiler arasında iş nasıl kontrol edilebilir ve işler nasıl önem sırasına göre dizilmelidir?
- İş yükü ve farklı faaliyetler nasıl kademelendirilmelidir?
- Hangi süreç iyileştirmeleri gereklidir?

Böylece değer akışının haritalanması, başlangıç iyileştirmeleri için odaklanılması gereken alanlara ışık tutmaktadır. Mevcut durum haritası çiziminin temel aşamaları ise (Özçelik ve Ertürk, 2010);

- Değer akışı incelenecek ürün ailesi seçilir (pastalık böreklik paketli unlar).
- Bir A3 kâğıt üzerine veya beyaz bir tahtaya, temel üretim aşamaları için birer kutucuk çizilir. (Örnek: hammadde alımı ve ön temizleme depolama, paçal işlemi, buğdayın temizlenmesi ve yabancı maddelerden ayrılması, buğdayın tavlama, buğdayın öğütülmesi, eleme, ambalajlama)

- Üretim sahasına gidilir. En son aşamadan başlayarak geriye doğru gidilerek, temel özelliklere ait gerçek veriler toplanır. Geçmiş raporlar vb. yazılı kaynaklardan bilgi edinilmesi doğru değildir. Çünkü bunlar, her zaman güncel durumu yansıtmayabilir (aylık veya günlük müşteriye teslim edilen ürün adedi, tedarikçinin teslimat sıklığı, kullanılabilir üretim süresi, makineler için çevrim süresi, işgören çevrim süresi, her aşamada gerçekleşen hazırlık süresi, her aşamada çalışan işgören sayısı, günlük vardiya sayısı hammadde veya bitmiş ürün stok miktarları, süreçler arasında geçen süre ve bunların birbirlerine uzaklıkları vb. Aşamaların (makine) birbirlerine uzaklıkları kriteri ilk geliştirildiği dönemde kullanılmamakla birlikte yakın zamanda bu teknikte kullanılmaya başlanmıştır. Çünkü aşamaların birbirlerine mesafeleri, arada geçen süreyi ve dolayısıyla bekleyen süreç içi stok miktarını etkilemektedir.)
- Tedarikçi, müşteri, üretim aşaması, üretim kontrol için daha önce belirlenmiş semboller uygun biçimde kâğıda/tahtaya/bilgisayara çizilir.
- Müşteri sembolünün altına bir kutu çizilerek, içerisine aylık ve günlük ürünler cinsinden müşteri gereksinimleri yazılır.
- Tedarikçiden geliş sıklığı sembolün altına (aylık, haftalık, günlük vb. şekilde) yazılır.
- Müşteri sembolünün altına teslimat aşaması için de bir kutu ve bu kutuyu takiben bir kamyon sembolü çizilir. Bu kamyon sembolünün altına müşteriye teslimat sıklığı yazılır.
- Yönleri belirtecek şekilde oklar çizilir.
- Her aşama için kullanılabilir sürenin ne kadarında söz konusu kaynağın/makinenin çalıştığı yüzde cinsinden hesaplanır.
- Tedarikçiden gelen, üretim kontrol departmanından üretim aşamalarına gönderilen ve müşteriden gelen manuel veya elektronik bilgi akışına ilişkin oklar çizilir.
- Toplam katma değerli süre ve toplam temin süresi değer akışı için çizilir.
- Ölçülmek istenen performans ölçütleri belirlenir. Bunlar için mevcut performans düzeyi ölçülür. Gelecek durum değer akış haritasının çizim aşamaları aşağıda açıklanmıştır (Tapping, 2002);
- Mevcut talebe odaklanılır. Şu anda bu üretim hattından geçen ürünlerin talep değerleri ve buna bağlı olarak takt süresi hesaplanır.
- Mevcut olanaklarla, bu takt süresini sağlayıp sağlayamayacağı incelenir.
- Değer akışına odaklanılır. Üretimin aşamalarını hattın istasyonlarına benzer şekilde düşünerek, aşamalar arasındaki iş yükü dengesizlikleri giderilmeye çalışılır.
- İş yükü dengelemesi için aşamaları bir hücrede birleştirmeye benzer bir mantık izlenebilir. Aşamalar birbirine yaklaştırılır. Böylece bir işgören birden fazla aşamaya idare edebilir.
- Sürekli akışın sağlanamadığı noktalarda, önceki aşamadaki üretimin nasıl kontrol edileceği düşünülür. Süpermarketle birlikte kanban üretim kontrol sistemi, FIFO hattı veya itme tipi üretim kontrol seçeneklerinden hangisinin uygun olduğuna karar verilir.
- İyileştirme tekniklerinden hangilerinin uygulanması gerektiği araştırılmalıdır (TPM, SMED gibi).
- Yeni uygulamaları kapsayacak şekilde gelecek durum haritası çizilir.

Bu noktadan hareketle değer oluşturmaya faaliyetlere, yalın üretimin sıfır stok, sıfır zaman kaybı, sıfır işgücü kaybı, sıfır bekleme, sıfır gereksiz hareket, sıfır kırtasiye işleri ve harcamaları, sıfır hatalı üretim, sıfır fazla süreç kaybı ve değer oluşturmaya diğer bütün israf kalemlerini sıfırlama hedeflerine ulaşma amacına odaklanılmalı ve bütün israf kalemleri ortadan kaldırılmaya çalışılmalıdır.

#### 4. DEĞER AKIŞ HARİTALAMA UYGULAMASI

Değer akış haritalama uygulaması, Konya'da faaliyet gösteren yıllık yaklaşık 250 milyon cirosu ile Türkiye İSO ilk 500 sanayi şirketi arasında yer alan ISO 9001, HACCP, ISO 22000 ve TSE belgelerine ve ileri teknoloji üretim ve paketleme sistemlerine sahip, sektöründe Türkiye'de lider konumda olan bir un fabrikasında gerçekleştirilmiştir. İşletme, yalın üretim perspektifiyle sahada detaylı gözlem yapılarak ve yetkililerle yüz yüze görüşmeler icra edilerek incelenmiş ve detaylı analizler yapılmıştır. Çalışmada değer akış haritalama, bireysel öneri sistemi ve kaizen teknikleri uygulanarak değerlendirme ve analizler gerçekleştirilmiştir. Değer akış haritalama uygulamasının gerçekleştirilebilmesi için ilk olarak nihai ürünlerden pastalık ve böreklik un paketli ürünler seçilmiş ve bu ürün ekseninde incelemeler yapılmıştır. İlk olarak mevcut durum değer akış haritası çıkarılmış, ardından da gelecek durum değer akış haritası oluşturularak iyileştirme önerileri sunulmuştur.

##### 4.1. Mevcut Durum Değer Akış Haritası

Pastalık ve böreklik un paketli ürünler değer akış haritası aşağıda Şekil 2'de görüleceği üzere oluşturulmuştur. Şekil 2'de oluşturulan değer akış haritasında da görülebileceği üzere, mevcut durumda işletmede satış bayilerinden siparişler genellikle telefon aracılığıyla alınmakta ve işletme müdürü tarafından işletme şefine ve oradan da ilgili diğer birimlere iletilmektedir. Üretimin başlaması, denetim ve eşgüdümleme faaliyetleri işletme müdürü ve şefi tarafından gerçekleştirilmektedir. Süreçte buğday



silolarından ambalajlama bölümüne kadar el değmeden taşıma sistemi mevcuttur. İşletmede gerçekleştirilen faaliyetlerle ilgili süreler; paçal işlemi 5 dakika, temizleme işlemi 10 dakika, tavlama işlemi ortalama 36 saat, öğütme işlemi 4 dakika, eleme işlemi 4 dakika, ambalajlama işlemi 6 saniye, cep depoda kalma süresi 3 gün, son sevkiyat öncesi büyük depoda kalma süresinin ise 2 gün olduğu hesaplanmıştır. Buğdayın stokta (depoda) bekleme süresinin ise ortalama 9 ayı bulduğu öğrenilmiştir. Pastalık böreklik unların yıllık talebi 3,3 milyon adet, günlük talebi ise 9041 adet olarak gerçekleşmektedir. İşletmenin günlük çalışma süresi 1350 dakika olup, takt süresi; 1350 dk./ 9041 ad. = 0,149 dk. (8,95 saniye) olarak hesaplanmıştır. Üretim toplam akış süresi 276,9 gün olmasına rağmen işlem süresi sadece 1,51 gün olarak gerçekleşmektedir. Buna en büyük etkiyi buğdayda sezonluk bağlantılar yapılması gereği stok bulundurma zorunluluğu yol açmaktadır. Söz konusu işletmede un üretim faaliyeti 7 adımda gerçekleşmektedir. Bunlar;

1. Hammadde alımı ve ön temizleme depolama
2. Paçal işlemi
3. Buğdayın temizlenmesi ve yabancı maddelerden ayrılması
4. Buğdayın tavllanması
5. Buğdayın öğütülmesi
6. Eleme
7. Ambalajlama.

**Hammadde alımı ve ön temizleme depolama sürecinde;** buğdaylar genel olarak botanik yapıya göre sınıflandırılmaktadır. Ülkemizde yetişen ekmeklik buğday çeşitleri genellikle beyaz–sarı renkli, küçük taneli, yazlık–kışlık ekilen ve nişasta miktarı fazla buğdaylardır. Söz konusu işletmede buğday alımı örneklem kontrolüyle ve kamyon bazında gerçekleşmektedir. Depo olarak, kullanılacak bina rutubet almayan kuru, havadar ve aydınlık bir yer olmasına dikkat edilmektedir. Kapalı depolarda bir ton ürün için en az 1,5 m<sup>2</sup> alan hesap edilmektedir. Saklama yerinde buğdayın nem oranı %14’ün altında bulunması gerekmektedir. Şayet tanenin nem oranı %14’ü geçerse kızılaşma ve küflenme hızlanmakta ve ürünün kısa sürede bozularak kullanılamaz hale gelmesine neden olmaktadır. Depo için en iyi ısı derecesi +4 °C’dir. Depo olarak ise ısı kontrolü olan ve havalandırma sistemi bulunan silolar kullanılmakta, siloya dökülen buğdayın nem oranı kızılaşma ve küflenme riskine karşı sıcaklık kontrolü ile ayarlanmaktadır. **Paçal işlemi sürecinde;** Ekmeklik buğdaylar sertlik, ekim zamanı ve tür açısından birçok çeşide sahiptir. Bu sebeple birbirine göre çok farklı özellikler gösterir. Buğday çeşidine bağlı olarak tat veya lezzet farklılıkları olabilir. Bunun sebebi buğday çeşidine bağlı olmakla birlikte buğdayın yetiştiği iklim, ekim ve hasat zamanı ile toprağa bağlı olduğu bilinmektedir. Buğday çeşit ve kalitelerinin farklı olması ve aynı kalitede buğdayın bulunamaması ve sonuç olarak istenilen kalitede un imali için belli oranlarda buğdaylar karıştırılarak paçal işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle laboratuvarlarda yapılan çalışma sonucu farklı kalitedeki buğdaylar belli oranlarda karıştırılmaktadır. Özelliklerine göre kalite sıralaması yapılan buğdaylarda önce aynı cinsler paçallanır. Böylece piyasanın talep ettiği yüksek kalitede standart un sürekli temin edilir. Yakın karakterdeki partilerin paçalı kaba temizlikten sonra yapılabilir. Farklı özellikteki, çok sert ve yumuşak özellik arz eden buğdayların mevcudiyetinde ise paçal, tavlama sonrası ertelenir. İşletmede buğday paçallama işlemi manuel hesaplarla ve kişisel tecrübeler dayanılarak yapılmaktadır.

**Buğdayın temizlenmesi ve yabancı maddelerden ayıklanması sürecinde;** paçallanan buğday seperatörlerden geçilir, seperatörler, hacim olarak buğday tanesinden farklı olan taş parçacıkları, çöp, saman vs. yabancı tohumların ayrılmasını sağlar. Seperatörden geçen buğday, daha sonra paletli silindirden geçirilerek buğday üzerindeki toz ve kaba kabuklar ayrılır. Daha sonra buğday manyetik seperatörden geçirilerek buğdaya karışmış olan metal ve benzeri parçacıklar temizlenir.

**Buğdayın tavllanması sürecinde;** asıl amaç buğday tanesinde optimum tane suyunun sağlanmasıdır. Tanede optimum tane suyunun sağlanması ile tanenin fiziksel özelliklerini öğütmeye elverişli hale getirmek ve özellikle unun ekmeklik değerini yükseltmek hedeflenir. Bunun için buğday tanesini öğütmeden önce özellikle buğdayın sertlik derecesine göre değişimle beraber, optimum tane suyu düzeyini sağlamak için yapılan taneye su verme veya tanedeki fazla suyu kurutarak taneden uzaklaştırma işlemlerine tavlama denir. Buğday tavlama işleminin başarılmasında sıcaklığın ve dinlenme süresinin tanenin su almasında ve alınan suyun bütün taneye yayılmasında büyük önemi vardır. Buğdayda öğütme ve eleme, tanenin içerdiği su oranından önemli oranda etkilenmektedir. Tane suyu optimum düzeyde olduğu zaman, tanenin kepek tabakası elastik kuvvetli, buna karşılık endosperm gevrek – kırılğan bir yapı kazanır. Optimum tane suyu buğday tanesinin özellikle sertlik derecesine bağlı olarak değişmekte olup, yumuşak un tane yapısında olan buğdayda %14–15, sert ve camsı tane yapısında olan buğdayda ise % 16–17 civarındadır. Sert buğdaylar yumuşak buğdaylara oranla daha fazla optimum su düzeyine sahip olmalarının yanında, suyun taneye alınması ve yayılmasında daha uzun süreye ihtiyaç duymaktadır. **Öğütme sürecinde;** tanenin sadece kırılması olarak düşünülürken, günümüzdeki anlamı; endosperm maddelerin buğday kepeğinden ayrılması ve endospermin aşamalı olarak öğütülmesi gerçekleşir ki bu da oldukça kompleks bir sistem olan valsler,

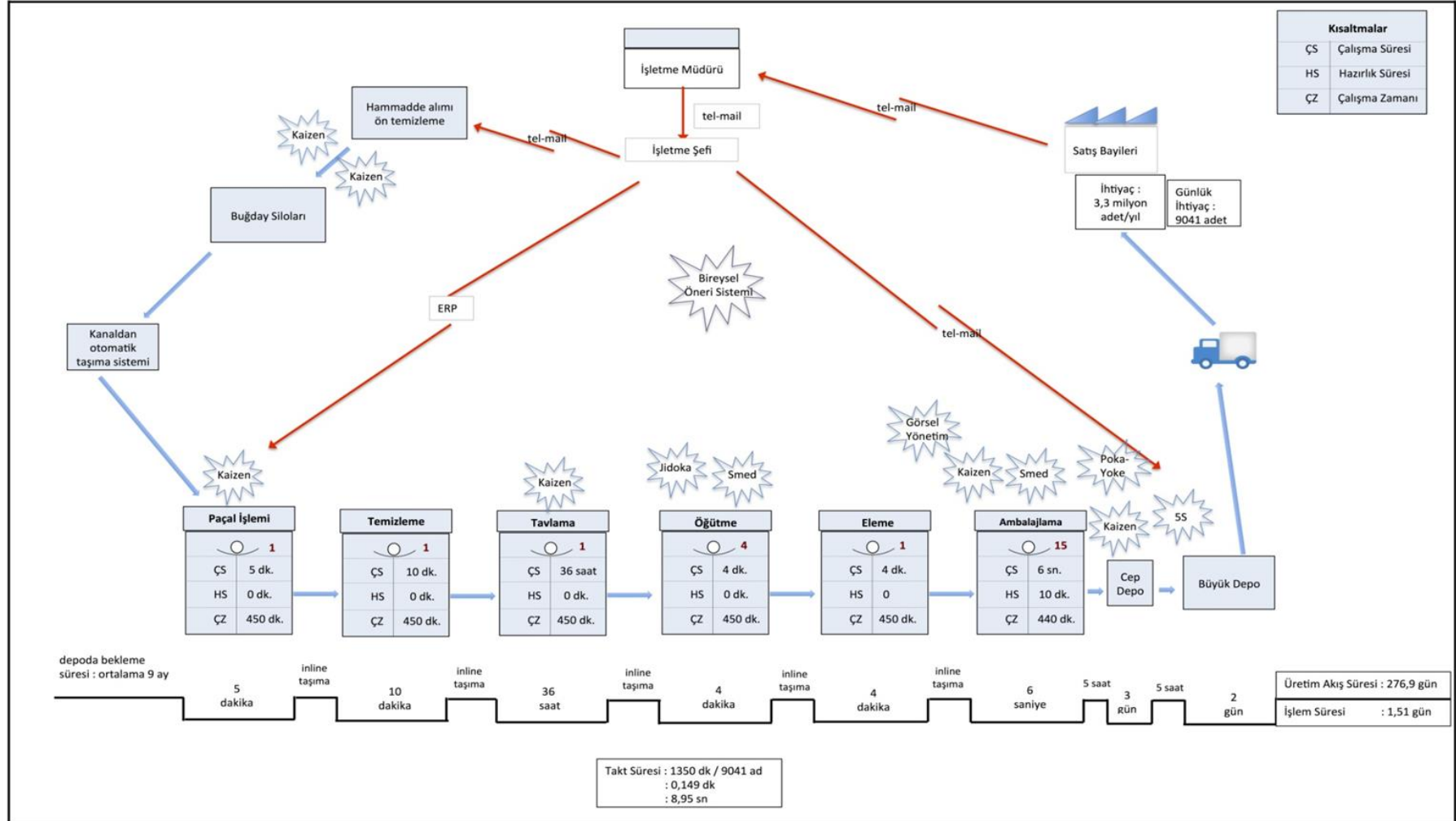
elekler, şasörler ve diğer makinelerle sağlanır. Dinlendirilen temizlenmiş buğday paçalı, vals denilen soğutulmuş çelik silindirler yardımıyla kırılır. Öğütülme işlemi, valsler arasındaki hız farkı ve valsler üzerindeki dişler yardımıyla gerçekleştirilir. Unun öğütülmesi işlemi tek valste yapılmaz. Aşama aşama yapılarak her defasında elenir ve ince kısımlar ayrılır, kalın kısımlar tekrar öğütülür. Vals topu değiştirme süresi her biri için ortalama 104 dakikadır.

**Eleme sürecinde;** elekler, vals çiftleriyle kombine çalışarak birlikte öğütme birimlerini oluştururlar. Eleklerin görevi, valsler tarafından ufalanan buğdayları ayırmak ve sınıflamaktır. Elekler kapalı bir sistem içerisinde hareket eden farklı gözenek yapılarının üst üste yerleştirilmesi ile oluşmuştur. Valslerde kırılan buğday pnömatik sistem yardımıyla değişik gözenekteki eleklerle ulaşır. Bu safhada alınan unlardan ayrılanlar, eleklerde büyüklüklerine göre; ırmık şasörlerinde ise yoğunluklarına göre; tasnif edilerek tekrar öğütülür.

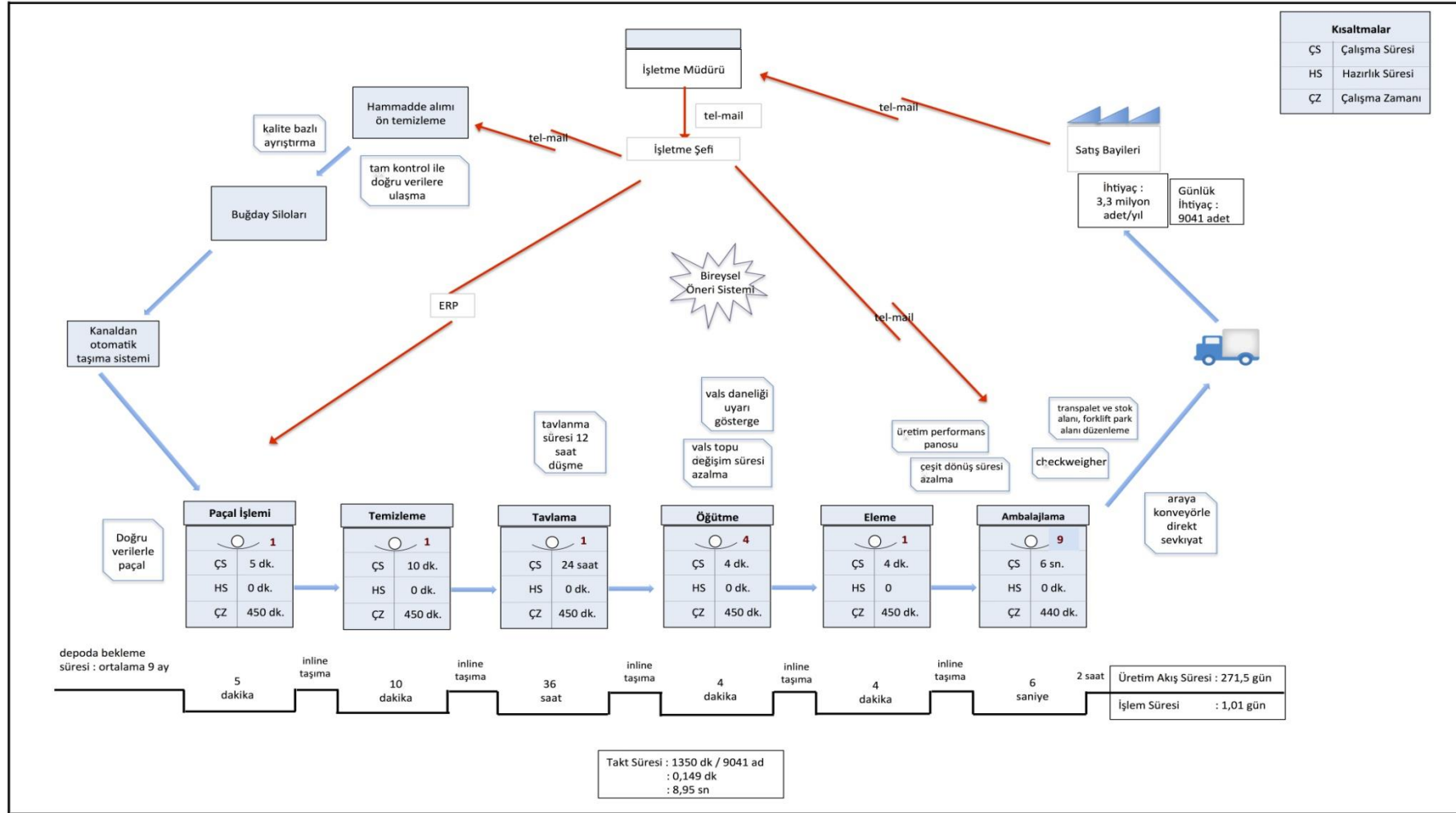
**Depolama ve ambalajlama sürecinde;** elenmiş ve istenilen kriterlere ulaşmış olan un, silolara alınır. Silolardaki unlar istenilen ağırlıkta paketlenmekte ve ardından örneklem ile gramaj kontrolü yapılmaktadır. Paketleme sonrası istifleme, ardından araçlara yükleme yapılmaktadır. Çeşit dönüşleri ortalama 30 dakika sürmektedir. Ürünler depoda uygun şekilde muhafaza edilerek sevkiyat gününe kadar güvende tutulmaktadır.

#### **4.2. Gelecek Durum Değer Akış Haritası**

Süreçlerde yapılan incelemeler sonucu gelecek durum değer akış haritası aşağıda Şekil 3’de görüleceği üzere oluşturulmuştur. Mevcut durum haritasında belirlenen ve önerilen iyileştirme çalışmalarının gerçekleşmesi akabinde; Şekil 3’de gelecek durum haritasında görülebileceği üzere bu yeni akış sürecine göre üretim akış süresi 276,9 günden 271,5 güne, işlem süresi de 1,51 günden 1,01 güne düşürülmüştür. Bu süre değişimi; gelecek durum haritasında gösterilen paketleme makinesinde ve tavlama sürecinde belirtilen çalışmalar ile sağlanabilecektir. Ayrıca paketli un istifleme bölümü optimizasyonu projesi ile vardiyada 5 personel tasarrufu, hammadde (buğday) alım kalite kontrol ve ayrıştırma projesi ile 1 personel tasarrufu, buğday paçallama işlemi projesi ile 6 milyon TL tasarruf, paketleme bölümü içsel sürelerin dışsallaştırılması projesi ile çeşit dönüşlerinde 25 dakika zaman tasarrufu sağlanabilecektir. Bunun yanı sıra nihai mamul yükleme ve istifleme işçiliği projesi bir fiil uygulanarak 6 personel tasarrufu elde edildiği gibi 1000 m2 alandan da tasarruf edilmiştir. Ayrıca SMED tekniği ile vals topu değiştirmede 36,5 dakika tasarruf edilmiştir.



Şekil 2. Mevcut Durum Değer Akış Haritası



Şekil 3. Gelecek Durum Değer Akış Haritası

#### 4.2.1. Gelecek Durum Değer Akış Haritası İle Sağlanan Faydalar

Gelecek durum haritası ve bireysel öneri sisteminin kurulması sonrası yalnız üretim teknikleri ile geliştirilen projelerin mevcut durumları ve geliştirilen, önerilen yeni durum bilgileri aşağıdaki Tablo 1’de detaylı verilmiştir.

**Tablo 1. Değer Akış Haritalaması ve Bireysel Öneri Sistemi İle Geliştirilen Projeler**

Konu	Mevcut Durum	Gelecek-Önerilen Yeni Durum
<b>Bireysel Öneri Sistemi</b>	Bireysel öneri sistemi bulunmamaktadır.	Bireysel öneri sistemi ile; ✓ Çalışanların tam katılımını sağlama, ✓ Zaman iyileştirici 4 adet, kalite artırıcı 6 adet, memnuniyet artırıcı 16 adet, verimlilik/etkinlik artırıcı 14 adet, motivasyon artırıcı 19 adet, maliyet azaltıcı 6 adet, ortam iyileştirici 13 adet, süreç iyileştirici 3 adet, risk önleyici 7 adet öneri alınmıştır.
<b>Konveyör Bant Sistemi</b>	Taşıyıcı konveyörlerde taşınan buğday zamanla konveyörün sacını aşındırmaktadır. Konveyörler üzerinden deformasyonlar ve delikler oluşturmaktadır. Hem çirkin bir görüntüye hem de buğdayların dökülmesine sebep olmaktadır. ➢ Deformasyonla birlikte konveyörlerin değişme maliyeti zuhur etmektedir. ➢ Gürültüsü yüksek bir çalışma durumu ortaya çıkmaktadır. ➢ Konveyör içine dökülen buğdaylar birikerek bazı durumlarda konveyörün çalışmasına engel olup sistemi durdurabilmektedir.	Kaizen çalışması ile birlikte buğdayların geçtiği bölgeye sac malzeme yerine fiber malzeme yerleştirilerek konveyörlerin aşınması engellenmiştir. Yeni eklenen haznelere ile birlikte de dökülen buğdayların konveyörde birikmesi engellenerek arıza oluşması ortadan kaldırılmıştır. ✓ Konveyör değişim ve tamir maliyeti ortadan kaldırıldı (Sıfır Malzeme Kaybı), ✓ Arıza durumu ortadan kaldırıldı (Sıfır Zaman Kaybı), ✓ Iskarta ortadan kaldırıldı (Sıfır Malzeme Kaybı), ✓ Gürültülü çalışma ortadan kaldırılmıştır.
<b>Nihai Mamül Yükleme ve İstifleme</b>	Mevcut durumda üretim programında olan nihai ürünler paketleme makinasından geçmekte akabinde paketlenen ürünler istife alınmakta, yükleme için kamyon geldiğinde istif bozulularak kamyonla yükleme yapılmaktadır. ➢ İstifleme ve istiflemeyi bozma için ayrıca işçilik israfı ortaya çıkmaktadır. ➢ Stok için alan ayrılmaktadır.	Kaizen çalışması ile paketleme hemen sonrası konveyörler birlikte ürünleri kamyonla doğrudan yükleme sayesinde; ✓ Paketli unu istifleyen 6 personelden tasarruf sağlandı (Sıfır işgücü kaybı), ✓ Paketli un stoğundan kurtularak 1000m2 alan tasarrufu sağlandı (Sıfır stok).
<b>Vals Topu Değişimi</b>	Vals topu değişimi mevcut durumda 104,75 dk sürmektedir.	SMED tekniğinin uygulanması ile birlikte sağlanan faydalar; ✓ Kalıp değişim süresinin 36,5 dk. azalması ile işgücü tasarrufu (Sıfır işgücü kaybı), ✓ Kazanılan zamanın üretime katılmasıyla daha fazla üretim (Sıfır zaman kaybı).
<b>Üretim Performans İndikatörleri Panosu</b>	Üretim performans göstergeleri pano uygulaması bulunmamaktadır.	Üretim performans göstergeleri pano uygulaması ile birlikte; ✓ Hızlı iletişim ile zaman tasarrufu ve etkin müdahale şansı (Sıfır zaman kaybı, sıfır hatalı üretim), ✓ Çalışanlarda motivasyon artışı (Sıfır işgücü kaybı), ✓ Bilgilendirmeler sayesinde kalite hatası, verimlilikte düşme, iş kazası vb. kayıpların önüne geçilmesi (Sıfır hatalı üretim).
<b>Transpalet Bekleme, Stok Alanı Ve Forklift Park Alanı</b>	Transpalet bekleme, stok alanı ve forklift park alanında 5S uygulaması bulunmamaktadır.	5S uygulamasıyla birlikte sağlanan faydalar; ✓ İş akışı daha düzgün ve sistematik olacağından katma değer üretmeyen faaliyetler azalır.(Sıfır fazla süreç kaybı), ✓ Aranan araç, malzeme ve dokümanların kolaylıkla ve hızlıca bulunmasını sağlar (Sıfır gereksiz hareket), ✓ İş kazalarını gidermede ya da önlemede önemli bir görev ifa eder (Sıfır işgücü kaybı). ✓
<b>Vals Daneliği Uyarı Göstergeleri</b>	Vals daneliğinde uyarı göstergeleri bulunmamaktadır.	Jidoka tekniğiyle birlikte sağlanan faydalar; ✓ Hasarlı parça ya da makinaların düzgün çalışmasının başka operatörler tarafından denetimine gerek kalmaması (Sıfır fazla süreç kaybı, Sıfır zaman kaybı),

		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Hurda/iade oranını azalması (Sıfır hatalı üretim),</li> <li>✓ Arıza süresinin azalması (Sıfır Zaman Kaybı).</li> </ul>
<b>Buğday Paçallama İşlemi</b>	<p>Örneklem metoduyla buğdaylar silolara alınmakta ve bu veriler kullanılarak buğday paçallamanın manuel hesaplamalarla kişisel tecrübelerle dayanılarak, bilimsel yöntemlerden uzak şekilde yapılmaktadır. Aşağıda belirtilen sorunlar ortaya çıkmaktadır;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Protein oranı standart değerindeki özellikle yukarı toleransta gerçekleşmesi (ort: %5 sapma)</li> <li>➤ Gereksiz yere fazla oranda protein değeri yüksek pahalı buğdayın kullanılması</li> <li>➤ Mevcut yerel buğdayları verimli ve efektif kullanılmaması sonucu işletmenin buğday ithalatını yapması</li> <li>➤ Aşağı toleransta dalgalanma olması ile (%11,5'dan aşağı) unun açığa alınması.</li> </ul>	<p>Anakütle kontrol ile doğru verileri elde edip LP metoduyla buğday paçallama işlemi yapılması ile sağlanacak faydalar;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Un protein oranı standart değerindeki özellikle yukarı toleransta gerçekleşen (%5 sapma) aşağı çekip, en fazla %3 lik bir sapma ile üretimi gerçekleştirmek (Sıfır hatalı üretim),</li> <li>✓ Gereksiz yere fazla oranda protein değeri yüksek pahalı buğdayın kullanılmasını engelleyip, yıllık yaklaşık olarak 6.000.000 TL tasarruf sağlamak (Sıfır gereksiz malzeme),</li> <li>✓ Mevcut yerel buğdayları daha verimli ve efektif kullanmaya başlayarak işletmenin buğday ithalatını azaltmak (Sıfır gereksiz malzeme),</li> <li>✓ Aşağı toleransta dalgalanma olmasını (%11,5'dan aşağı) engelleyip unun açığa alınmasını tamamen ortadan kaldırmış olmaktadır (Sıfır hatalı üretim, Sıfır işgücü kaybı).</li> </ul>
<b>Paketli Un İstifleme Bölümleri</b>	<p>Mevcut süreçte paketleme sonrasında birden fazla istifleme noktası bulunmaktadır. İstifleme bölümünde işlem yapan her personele çalışma performansına uygun gelecek şekilde ve miktarda ürün oluşmadığı için verimsizlik ortaya çıkmaktadır.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bu bekleme israfının ortalama %25 seviyesinde olduğu görülmüştür</li> <li>➤ Birden fazla un istifleme bölümü olması nedeniyle control zorluğu bulunmaktadır.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tek istifleme lokaasyonu uygulaması ile birlikte sağlanacak faydalar;</li> <li>✓ İstifleme işçiliğini azaltma, (Sıfır işgücü kaybı / 5 personel tasarruf),</li> <li>✓ Tek noktadan etkin kontrolü sağlama ile etkin denetim ve etkin iletişimi sağlama (Sıfır işgücü kaybı, sıfır zaman kaybı).</li> </ul>
<b>Hammadde (Buğday) Alım Kalite Kontrol Ve Ayrıştırma</b>	<p>Mevcut durumda buğdaylar kamyonlarla fabrikaya gelmekte, tesadüfi örneklem yöntemiyle kalitesi kontrol edilerek buğday silolarına yönlendirilmektedir.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kamyonun kendi içindeki farklı protein değerindeki buğdaylar ayrıştırılamamakta,,</li> <li>➤ Standart dışı kalitenin açığa alınmakta,</li> <li>➤ Kalite standardının sağlanmasında zorluk bulunmakta,</li> <li>➤ Standart dışı kalitenin tespiti ve telafisi için gereken işçilik ve zaman kaybı bulunmaktadır.</li> </ul>	<p>Kamyonun kendi içindeki protein değerleri farklı olan buğdayların ayrıştırılması projesi ile;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Standart dışı kalitenin açığa alınmasının önüne geçme (Sıfır hatalı üretim),</li> <li>✓ Kalite standardının sağlanması (Sıfır hatalı üretim),</li> <li>✓ Standart dışı kalitenin tespiti ve telafisi için gereken işçilik ve zaman kaybının önüne geçme sağlanabilecektir (Sıfır işgücü kaybı / 1 personel tasarrufu).</li> </ul>
<b>Tavlama Bölümü Süresi</b>	<p>Mevcut durumda tavlama</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Buğday yarı mamül olarak 48 saate varan bekleme süresine sahiptir.</li> </ul>	<p>Tavlama bölümü geliştirilmiş silo projesiyle;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tavlama süresini kısaltarak(günde 12 saat), burada oluşan yarı mamül bekleme süresini azaltıp üretimde akışkanlığa destek olma, dolaylı yoldan kapasite artışına fayda sağlama(Sıfır zaman kaybı),</li> <li>✓ Tavlama silo sayısını azaltarak tasarruf sağlama (Sıfır stok),</li> <li>✓ Tavlama stok miktarını düşürerek stok maliyetinde azalma sağlanabilecektir (Sıfır stok).</li> </ul>
<b>Paketli Ürünler Gramaj Kontrolü</b>	<p>Mevcut süreçte paketleme ünitelerinden çıkan ürünler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Manuel ve tesadüfi örnekleme ile kontrolü sonucu hatalı gramaj olabilmektedir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Checkweigher anakütle kontrol projesi ile(Poka-yoke);</li> <li>✓ İşlem sonrası kalite kontrolünü ortadan kaldırmayı sağlama (Sıfır fazla süreç),</li> <li>✓ Kaliteyi artırırken aynı zamanda hataları önleme (Sıfır hatalı üretim),</li> <li>✓ Üretilen üründe tekrar çalışmayı önleme, (Sıfır fazla süreç).</li> <li>✓ Kontrol maliyetlerini azaltma sağlanabilecektir (Sıfır fazla süreç, sıfır işgücü kaybı).</li> </ul>

<b>Çeşit Dönüş İşlemi</b>	Mevcut süreçte büyük un silosundan, paketleme silosuna ürün gelmekte, ardından paketleme işlemi gerçekleşmektedir. Çeşit dönüşlerinde ise siloya yeni çeşit ürünün gelmesi beklenmektedir. ➤ Çeşit dönüş süresi 30 dakikadır.	Paktlemeye yeni silo ilavesiyle birlikte; ✓ Çeşit dönüşünde 25 dk. tasarruf ile kapasite artışı sağlama (Sıfır zaman kaybı), ✓ Paketli un stoğundan azaltılması (Sıfır stok), ✓ Paketli un stoğundan azaltılarak alan tasarrufu, sağlanabilecektir. (Sıfır alan kaybı).
---------------------------	--	--

Yukarıda Tablo 1’de görüleceği üzere; gelecek durum değer akış haritasını çıkarılması akabinde bireysel öneri sistemi, 2 adet kaizen projesi, SMED, görsel yönetim, 5S ve jidoka teknikleri için fabrikada fizibilite çalışması yapılmış ve bilfiil uygulanmıştır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma yapılan un fabrikasında öncelikle değer akış haritalama tekniği uygulanmış, detaylı incelemeler gerçekleştirilerek iyileştirme çalışmaları geliştirilmiştir. Değer akışı haritalaması ile un fabrikasındaki tüm süreçler bütünüyle görülerek, değer katan ve katmayan bütün faaliyetlerin kuşbakışı görünümü sağlanmış, planlama yapılarak analizler gerçekleştirilmiş ve yalın üretimin tüm tekniklerinin uygulanmasına zemin hazırlanmıştır. Bu kapsamda, değer akış haritalaması ile 13 farklı proje geliştirilerek yalın teknikler uygulanmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Değer akış haritalama tekniği ile işletmedeki tüm süreçlerin hem kendi içlerindeki hem de birbirleriyle olan ilişkileri müşteri taleplerine uygun bir şekilde optimize edilmeye çalışılmıştır. Gelecek durum değer akış haritasını çıkarılması akabinde mevcut olmayan bireysel öneri sistemi kurulmuştur. Yalın üretimin özellikle üzerinde durduğu tam katılım ve çalışanlardan maksimum oranda faydalanma ve onların fikirlerine değer verme olgusu üzerine bina edilmiş olan bireysel öneri sisteminin, işletmede mevcut olmadığı görülmüş, söz konusu işletmede öneri sistemi çalışması yapılmış ve çalışanlardan öneriler alınmıştır. Ayrıca 2 adet kaizen projesi, SMED, görsel yönetim, 5S ve jidoka teknikleri için fabrikada fizibilite çalışması yapılmış ve bilfiil uygulanmıştır. Bunun haricinde 4 adet iyileştirme projesi ve poka-yoke teknikleri içinde fizibilite çalışması yapılarak başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmada değer akış haritalaması yapılp, geliştirilmesi gereken 13 proje ile yalın üretim temel felsefesi olan değere odaklanma, sıfır stok, sıfır zaman kaybı, sıfır işgücü kaybı, sıfır bekleme, sıfır gereksiz hareket, sıfır kırtasiye işleri ve harcamaları, sıfır hatalı üretim, sıfır fazla süreç kaybı yani israfa sebebiyet veren her unsurun sıfırlanması hedefleri ile müşteri odaklı esnek bir işletme hedeflerine ulaşılmış olup, literatürdeki çalışmaları desteklemektedir.

Yalın uygulamaların istikrarlı şekilde devam edebilmesinin en önemli şartlarından, yönetimin tam desteği unsuruna had safhada önem verilmelidir. Yalın uygulamalar gerçekleştirildikten sonra, geliştirilmiş olan yeni sistemin standartlaştırılması, sürdürülebilirlik noktasında disiplin sağlanması zaruridir. Türkiye’nin küresel rekabet ortamında kalite ve maliyet ekseninde güçlenebilmesi ve uluslararası arenada güçlü işletmelerimizin var olabilmesi için yalın dönüşüm çalışmalarına had safhada önem verilmelidir. Bu noktada yalınlaşmanın ne demek olduğu hangi teknikleri içerdiği gibi konularda, ülke çapında işletmelerimizin katılabileceği eğitim ve bilgilendirme faaliyetleri düzenlenmeli ve firmalarımızın bu noktada daha çok bilinçlendirilmesine ve teşvik edilmesine gayret gösterilmelidir.

## KAYNAKÇA

- Ayçın, E. (2016). Yalın Üretim Uygulamalarında İsrafın Azaltılması İle Performans Ölçütleri Arasındaki İlişkilerin ve Etkileşiminin Analizi, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Birgün, S., Gülen, K., Özkan, K. (2006). Yalın Üretime Geçiş Sürecinde Değer Akış Haritalama Tekniğinin Kullanılması: İmalat Sektöründe Bir Uygulama. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 9(1), 47-59.
- Hines, P., Rich, N. (1997). The Seven Value Stream Mapping Tools. International Journal Of Operations & Production Management, 17(1), 46-64.
- Kurilova, J. (2015). Towards Lean Remanufacturing: Challenges and Improvements in Material and Information Flows. Linköping University Electronic Press.
- Lasa, S. I., Laburu, C. O., Vila, C. R. (2008). An Evaluation Of The Value Stream Mapping Tool. Business Process Management Journal, 14(1), 39-52.
- Locher, Drew A. (2008). Value Stream Mapping for Lean Development, Productivity Pres, New York.
- McDonald, T., Van Aken, E. M., Rentes, A. F. (2002). Utilising Simulation To Enhance Value Stream Mapping: A Manufacturing Case Application. International Journal of Logistics, 5(2), 213-232.
- Özçelik, F. ve Ertürk, H. (2010). Yalın Üretim İşletmeleri İçin Değer Akış Yönetim ve Değer Akış Maliyetlemesi. Uludağ Üniversitesi İİBF Dergisi, 29(2), 51-84.
- Özçelik, F. (2011). Yalın Üretim Uygulayan İşletmeler İçin Muhaebe Sistemi, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.

- Pude, G. C., Naik, G. (2012). Application of Quality Filter Mapping for Process Improvement: A Case Study in Foundry. *Productivity*, 53(3).
- Rother, M., Shook, J. (1999). *Learning to see*. Lean Enterprise Institute.
- Tapping, D., Luyster, T. Shuker, T., (2002). *Value Stream Management; Eight Steps to Planning, Mapping, and Sustaining Lean Improvements*, Productivity Press, New York
- Tekin, M. (2012). *Üretim Yönetimi* (8. Baskı). Konya: Günay Yayınevi.
- Tekin, M., Zerenler, M. (2013). *Rekabetin Anahtarı: Esnek İşletme* (4. Baskı). Konya: Günay Yayınevi.
- Womack, J. P., Jones, D. T. (1996). Beyond Toyota: How To Root Out Waste And Pursue Perfection. *Harvard Business Review*, 74(5), 140.
- Womack, J. P., Jones, D. T. (2003). *Yalın Düşünce*. İstanbul: Sistem Yayıncılık.
- Yuji Y., Monica B. (2010). Fundamental Mindset That Drives Improvements Towards Lean Production, *Assembly Automation*, 30(2), 124 – 130.
- Yüksel, H. (2010). *Üretim/İşlemler Yönetimi* (2. Baskı). Ankara: Nobel Yayınevi.



## KAIZEN VE BİREYSEL ÖNERİ SİSTEMİ

Mahmut Tekin  
Selçuk Üniversitesi

Murat Arslandere  
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi

Mehmet Etlioğlu  
Selçuk Üniversitesi

Özdal Koyuncuoğlu  
Necmettin Erbakan Üniversitesi

Ertuğrul Tekin  
Selçuk Üniversitesi

### ÖZET

İşletmeler, varlıklarını sürdürmek ve rekabet edebilmek için etkin ve verimli esnek üretim sistem ve yöntemlerini kullanarak sürekli iyileştirme yapmak zorunda kalmışlardır. Sürekli iyileştirmenin odağında ise beşeri sermaye bulunmaktadır. İşletmeler, çalışanların daha fazla katılımı ve etkin biçimde kullanılmasını sağlayarak performans ve verimlilik artırıcı fikirlerle değer oluşturmamayan faaliyetlerin ortadan kaldırılmasını hedeflemektedirler. Bu bağlamda, birey öncelikli Kaizen'in temel parçası olan bireysel öneri sistemleri ile çalışanların katılımı ve önerilerinin alınmasıyla işletmenin bütün alanlarında iyileştirmeler mümkündür. Çalışmanın amacı, çalışanların daha fazla katılımını sağlamak amacıyla bireysel öneri sisteminin kurulması ve elde edilen bilgiler ışığında gerekli alanlarda iyileştirme sağlamaktır. Bu bağlamda, Türkiye sanayisinde faaliyet gösteren İSO ilk 500 sanayi şirketi arasında yer alan bir un fabrikasında bireysel öneri sistemi kurularak, bireysel öneri formu ve yüz yüze görüşmeler ile belirlenmiş ve değerlendirme sonucunda paketli un istifleme bölümleri optimizasyonu, hammadde (buğday) alım kalite kontrol ve ayrıştırma ile paketleme bölümü içsel ayar sürelerinin dışsallaştırılması projeleri uygulanmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Kaizen, Bireysel Öneri Sistemi.*

### KAIZEN AND INDIVIDUAL SUGGESTION SYSTEM

#### ABSTRACT

Businesses have had to make continuous improvements by using effective and efficient flexible production systems and methods to maintain their assets and compete. Human capital is at the center of continuous improvement. Businesses are aiming to eliminate activities that do not create value with performance and productivity enhancing ideas by enabling more participation and effective use of employees. In this context, it is possible to improve in all areas of the enterprise by the individual suggestion systems which are the basic part of the individual priority Kaizen and by the participation and proposals of the employees. The aim of the work is to establish an individual suggestion system in order to increase the participation of the employees and to ensure efficiency by realizing the improvement activities in the required fields in the light of the obtained information. In this context, individual suggestion system established in flour factory which operating in Turkey İSO top 500 industrial companies and optimization of packed flour stacking locations, raw material (wheat) quality control and separation and externalization of internal setting times of packaging department projects applied and successful results were obtained by individual suggestion form and face to face interviews.

**Key Words:** *Kaizen, Individual Suggestion System.*

## 1. GİRİŞ

Bilgi iletişim teknolojilerindeki hızlı gelişme ve küreselleşme, müşterilerin istek ve beklentilerinde büyük değişime neden olmuştur. Bu değişim, üretim, rekabet ve fiyat konularını etkileyerek işletmeleri sürekli kendilerini yenileme ve geliştirme arayışına sevk etmiştir. Rekabet sonucunda, işletmelerin yeteneklerini ve kaynaklarını doğal ve esnek bir sürece adapte etmeleri bir zorunluluk haline gelmiştir. İşletmelerin dünya ekonomilerinde ve ulusal ekonomilerinde başarıyla faaliyet gösterebilmesi ve rakiplerine üstünlük sağlayabilmesi için sürekli mevcut üretim faktörlerini ve ürünlerini yenileyip geliştirmeleri gerekmektedir (Zerenler vd., 2007). Günümüzde küresel alanda rekabetçi olabilmenin anahtarı eşzamanlı olarak hem kaliteyi hem de verimliliği sürekli gelişim zeminine yerleştirmektir. Günümüz rekabetçi ve değişen iş dünyasında, müşteri tatminini organizasyonel verimle birlikte arttırabilmek için, yalın üretim sistemi, yönetim uygulamalarına değişiklikler getirmiştir (Ferdousi ve Ahmed, 2009). Yalın üretim sistemi, en az kaynakla, en kısa sürede, en az maliyetli ve hatasız üretimi, müşteri istek ve beklentilerine uyacak şekilde, mümkünse sıfır israfı ve tüm üretim faktörlerini esnek şekilde kullanan bir sistemdir (Tekin, 2012). Genel olarak yalın üretim bir sanayi işletmesinde; başta insan olmak üzere tüm kaynakları en verimli şekilde kullanıp, gereksiz tüm işlemlerin, gereksiz yere maliyetleri yükselten ama katma değer etkisi olmayan tüm faktörlerin adım adım elimine edilmesine dayanır (Tekin ve Zerenler, 2013). Bu sistem Toyota firmasında geliştirilmiş ve özellikle 1990'lı yılların ardından dünyada hızla yayılmaya başlamıştır. Yalın organizasyon uygulamalarında birey ön plandadır. Yalın üretimin özellikle üzerinde durduğu tam katılım ve çalışanlardan maksimum oranda faydalanma ve onların fikirlerine değer verme olgusu üzerine inşa edilmiştir. Bireylerin takım ruhunun oluşturulması ve çalışanların tam katılımının sağlanması oldukça önemli konular arasında yer almaktadır. Organizasyonlarda ekip kavramının oluşturulması, çalışanların birbirleriyle kaynaştırılması ve sıkı işbirliği içinde çalışan takımların oluşturulması hedeflenmektedir. Yalın uygulayıcılardan olan Japon işletmelerinde en etkili takım ruhu oluşturma, tam katılımı sağlama prensibiyle çeşitli faaliyetler ile yapılmaktadır. Bunun için öneri sistemleri kullanılarak kaizen çalışmaları gerçekleştirilir. "İşi en iyi yapan bilir" noktasından hareketle, işletmede bulunan çalışanlarla iletişim ve işbirliği içinde yapılan çalışmalar işletmelerde değişik sorunların çözülmesi, kalitenin geliştirilmesi, verimliliğin artırılması, çalışma şartlarının iyileştirilmesi sürekli iyileştirmenin temelini oluşturmaktadır. Bu çalışma, çalışanların tam katılımının sağlanması amacıyla kurulan bireysel öneri sisteminin sürekli iyileştirme açısından önemine vurgu yapmak amacıyla yapılmıştır. Bu bağlamda, çalışmada çalışanların görüş ve önerileri doğrultusunda elde edilen bilgiler ışığında değerlendirilen üç projenin uygulama aşamaları ile sürekli iyileştirmeye katkısı ele alınmıştır.

## 2. KAİZEN

Japoncada sürekli iyileştirme anlamına gelen kaizen hem yöneticilerin hem de diğer çalışanların tamamının katılımını öngörür. Bu yaklaşım, bu olgunun hayatın her noktasına hem sosyal, hem de iş hayatının tamamına aksettirilmesi gerektiğini ve sürekli gelişimini öngörür. Kaizen çalışmaları küçük gibi görünse de etkileriyle her zaman çarpıcı sonuçlar doğurmuştur. Kaizen çalışmaları kapsamında, kalite sorunlarına çözüm bulma, mevcut kaliteyi artırma, arızaları azaltma, stokları azaltma, ergonomik çalışmaya katkı sağlama, süreç geliştirici, işgücü tasarrufu sağlayan, gereksiz malzemeleri azaltan, özetle yalın üretimin sıfır hataya ulaşma hedefine katkı sağlayacak birçok alanda çalışmalar gerçekleştirilir. Çeşitli yazarlar kaizenin değişik anahtar yönlerinden bahsetmelerine rağmen çoğu aşağıda belirtilen 3 özelliikle birleşmişlerdir.

- Kaizen süreklidir. Kalite ve verimlilik çalışmalarıyla sonu olmayan bir yolculuğu içerir.
- Doğası gereği aşamalı bir seyir izler, yöneticiler organizasyonel değişiklikler veya teknolojik yeniliklerle başlarlar.
- Katılımcıdır. Çalışanların katılımıyla süreçlerin her aşamasında sürekli bir iyileşme çalışmaları devam eder (Paul ve New, 2003).

Breyfogle (2007)'e göre kaizen iyileştirmeler yapmak için ekiplerden yararlanan ve odaklanmayı gerektiren bir yaklaşımdır. İnsanları yetenek ve kapasitelerini kullanma noktasında yetkilendiren ve bir sürekli iyileştirme süreci olan kaizen; işle ilgili problemlerin, iş akışı sorunlarının ya da işle ilgili başka bir konunun çözülmesinde kullanılabilir. Nicel analizleri temel alarak çalışanların işlerini nasıl yaptıklarına bakmak, kaizen sürecinde iyi bir başlangıç noktası olacaktır. Ayrıca işçilerden ve yöneticilerden yardım ve bilgi alarak görevlere ilişkin zaman ve iş etütleri yapılarak israfın belirlenmesi de sağlanacaktır (Ayçın, 2016). Bir Kaizen olayının yürütülmesi için atılması gerekli genel adımlar şu şekildedir;

1. Problemin seçimi
2. Mevcut durumun incelenmesi
3. Nedenlerin analiz edilmesi
4. İyileştirmenin önerilmesi

5. İyileştirmenin uygulanması
6. Sonuçların kontrol edilmesi
7. Çalışma kurallarının düzenlenmesi
8. Kurallaştırma

**Tablo 1. Kaizen Çalışmalarına Katılımda Hiyerarşik Yapı**

Üst Yönetim	Orta Kademe Yönetimi ve Personel	Amirler	İşçiler
Kaizen'i bir şirket stratejisi olarak başlatma kararlılığındadır.	Kaizen hedeflerini üst yönetim tarafından belirlenen politika yayılımı ve fonksiyonlar arası faaliyetler ile yayar ve yürütür.	Fonksiyonel rollerde Kaizen'i kullanır.	Öneri sistemi ve küçük grup aktiviteleri ile Kaizen'e katılır.
Kaynak sağlayarak Kaizen'e destek ve yön verir.	Fonksiyonel faaliyetlerde Kaizen'i kullanır.	Kaizen için planlar hazırlar ve işçilere rehberlik eder.	İşyerinde disipline uyar.
Kaizen için politikayı ve fonksiyonlar arası hedefleri oluşturur.	Standartları oluşturur, korur ve iyileştirir.	Çalışanlarla iletişimi güçlendirir ve yüksek moral sağlar.	Problemleri daha iyi çözebilmek amacıyla kendisini sürekli geliştirir.
Kaizen hedeflerine ulaşmak için politika yayılımı ve denetlemeler gerçekleştirir.	Eğitim programları ile çalışanlara Kaizen bilinci aşılar.	Kalite çemberleri gibi küçük grup çalışmalarını ve bireysel öneri sistemlerini destekler.	Çapraz eğitim faaliyetleri ile yetenek ve tecrübesini geliştirir.
Kaizen'e yönelik sistemler, işlemler ve yapılar kurar.	Yetenekleri ve problem çözme araçlarını geliştirmede çalışanlara yardım eder.	İşyerinde disiplin sağlar.	
		Kaizen önerileri oluşturur.	

Kaynak: Imai, 1986.

Tablo 1. incelendiğinde kaizen çalışmalarının bütün şirketin her kademesindeki çalışanların katılımıyla gerçekleştiği ve işletmenin her kademesinin kendine has sorumluluk ve görevlerinin bulunduğu görülmektedir. Örneğin; üst yönetim kaizeni bir şirket stratejisi olarak başlatma kararlılığında olmalıdır, orta kademe yönetimi kaizen hedeflerini üst yönetim tarafından belirlenen politika yayılımı ve fonksiyonlar arası faaliyetler ile yayar ve yürütür. Amirler fonksiyonel rollerde kaizeni kullanırken, işçiler öneri sistemi ve küçük grup aktiviteleri ile kaizene katılmaktadırlar.

### 3. BİREYSEL ÖNERİ SİSTEMİ

Öneri sistemi ilk kez 1880 yılında ABD de Yale&Town Inc. de kurulmuştur. Daha sonraları birçok ülkede uygulanır hale gelmiştir. I. ve II. Dünya Savaşlarında A.B.D.'de firma yöneticilerinin bir araya gelmesiyle oluşturulan danışma kurullarından hareketle Ulusal Öneri Sistemi Birliği (NASS- National Association Suggestion System) kurulmuş, daha sonra NASS'ın ismi EIA (Employee Involvement Association) olarak değiştirilmiştir. Bugün sadece A.B.D.'de EIA'ya üye öneri sistemi uygulayan firma sayısı 600 civarındadır. A.B.D.' de EIA'ya üye öneri sistemi firmalardan elde edilen bilgilere göre 1992 yılında ülke genelinde 1,010,889 önerinin 293,298 adedi uygulamaya konulmuş olup çalışanlara toplam 160 milyon \$ ödül verilmiş, bir yıllık 2,2 milyar \$ yarar sağlanmıştır (Yıldırım, 2016: 12). Japonya'da Batı ve Amerikan tarzı yönetimin tersine kararlar üst yöneticiler ya da şefler tarafından verilmemektedir. Japon şirketlerinde, işletmenin geleceğini ilgilendiren kararlar grup halinde alınır ve alınan kararlar herkes tarafından desteklenir. Bu katılımlı sistem sayesinde Batı ve Amerikan yönetim yaklaşımının tersine hiçbir karar işletmenin üst yönetim tarafından alınmamaktadır (Zerenler ve Iraz, 2006). Japonya'da bu sistem, birey öncelikli kaizen'e fazlasıyla entegre bir sistemdir. Dolayısıyla bireysel öneri sistemleri; kaizen

çalışmalarını büyük ölçüde destekleyen, yeni fikirlerle birlikte israfı elimine eden yeni fikirlerin ortaya çıkmasını sağlayan, performans artırıcı, verimliliği yükseltici fikirlerle işletmede değer oluşturan faaliyetleri destekleyip, değer oluşturmeyen faaliyetlerin ortadan kalkmasına destek veren çalışmaların ortaya çıkmasına büyük oranda katkı sağlayan sistemlerdir. Öneri sistemi, birey öncelikli kaizen'in temel parçasıdır ve dinamik bir öneri sisteminin oluşturulabilmesi için üst yönetim tarafından iyi tasarlanmış bir plan uygulanmalıdır. Öneri konuları organizasyonun hemen hemen bütün alanlarını kapsayabilir. Belli başlı öneri sistemleri ana konuları ise;

- ✓ Kişinin kendi işinde iyileştirmeler,
- ✓ Enerji, malzeme ve diğer kaynakların tasarrufu,
- ✓ Çalışma alanında iyileştirmeler,
- ✓ Makine ve süreçlerde iyileştirmeler,
- ✓ Araç-gereçlerde iyileştirmeler,
- ✓ Ofis çalışmalarında iyileştirmeler,
- ✓ Ürün kalitesinde iyileştirmeler,
- ✓ Yeni ürünler için fikirler,
- ✓ Müşteri hizmetleri ve müşteri ilişkileri,
- ✓ Diğer (Imai, 1986).

Bireysel öneri sistemi aşamaları; önerilerin alınması, değerlendirme, proje takımı kurma, yürütme, eşgüdümleme, denetim ve ödüllendirme şeklindedir. İlk etapta formlarla, bilgisayarlar aracılığıyla veya yüz yüze görüşmelerle çalışanlardan öneriler alınarak, konu ile ilgili işletmede bulunan yetkili personel tarafından bu öneriler değerlendirmeye tabi tutulur. Değerlendirme sonrası gerçekleştirilmesi uygun görülen projeler için proje takımları kurularak projelerin yapım, yani yürütme aşamasına geçilir. Yürütme aşamasında karşılaşılabilecek problemler ve koordinasyon aksaklıkları için proje sorumluları ve diğer yöneticiler tarafından eşgüdümleme faaliyetleri gerçekleştirilerek sorunlara çözümler üretilir ve projelerin devamı sağlanır. Nihayetinde projeler tamamlandıktan sonra sistemin düzgün işleyip işlemediği noktada denetim faaliyetleri gerçekleştirilir. Ayrıca bu aşamada öneri sahiplerinin motivasyonunu arttırma bağlamında ödüllendirme çalışmaları yapılır. Öneri sistemleri ile birlikte çalışanlardan yeni fikirlerin alınması ile iyileştirme çalışmalarınıyla sağlanan faydalar (Mess, 1974);

- ✓ Önemli-önemsiz her önerinin açığı çıkarılması,
- ✓ Tüm önerilerin iletilmesi gerekliliğinin yaygınlaştırılması,
- ✓ Çalışanların sürekli olarak çalışma yöntemlerini, iş ortamlarına sorgulamaları,
- ✓ Çalışanların işletme politikasını benimsemeleri,
- ✓ Çalışanların yeteneklerinden daha üst seviyede faydalanılmasını sağlayarak, yalın üretimde 8. israf kalemi olarak kabul edilen yetenek israfının önüne geçilmesi,
- ✓ Önerilerle birlikte sıfır israf kavramına katkı sağlayan iyileştirme çalışmaları yapılması (Sıfır stok, Sıfır işgücü kaybı, Sıfır gereksiz süreç, Sıfır zaman kaybı, Sıfır bekleme, Sıfır kırtasiye)

Bireysel öneri sistemi için başarılı uygulama örnekleri aşağıda sunulmuştur;

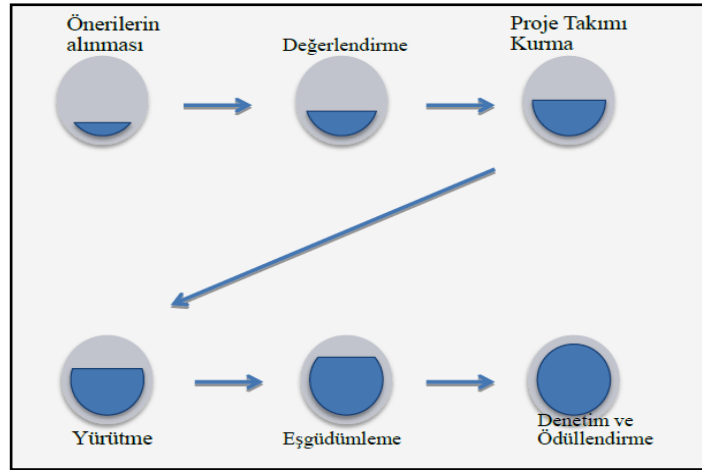
- ✓ Japonya'da 452 işletmede yapılan bir araştırmaya göre, bu şirketlerde 23 milyon 532 bin fikir ortaya atılmış, bunların yaklaşık yarısı hayata geçirilmiştir. Kalite artırıcı ve tasarruf sağlayıcı bu önerilerden elde edilen kâr ise 225,3 milyon yene ulaşmıştır (Çakırer, 2018). Japon şirketlerinde sistem geliştirme çalışmalarının çoğu yönetici olmayan kesim tarafından yapılmaktadır.
- ✓ Arçelik yetkilileri, şirkette bu zamana kadar her yıl ortalama 150-200 süzölmüş fikir ve bunların sonucunda 10'un üzerinde patent başvurusu yapıldığını bildirmişlerdir. Yetkililer, "Farklı fikirler 15-20 prototip üzerinde denendiğini ve gerekli görülenler pazardan gelen geribildirimler doğrultusunda hayata geçirildiğini belirtmişlerdir (Capital, 204).
- ✓ Ülker'de çalışanlardan gelen öneriler, Fındıklı Cafe Crown, Soyet Soya Kıyması, Biskrem Dolgulu Çubuk, Hazır Pilav, yeni çorba çeşitleri gibi birçok farklı ürünün çıkışına neden olmuştur. Ayrıca Ülker grup şirketlerinden Polinas'ın ürettiği yaklaşık 10 mikron ambalaj filmleri de bu şekilde çıkmıştır (Capital, 2014).
- ✓ Eczacıbaşı Sağlık Ürünleri'nde çalışanların steril toz dolmuş makinesinde yaşanan soruna çözüm olarak sundukları öneri ile yıllık 20 bin dolar tasarruf sağlamıştır (Capital, 2014).
- ✓ İş Bankası bankacılık sektöründe öneri sistemini en etkin kullananlardan biridir. "Bir teklifim var" isimli intranet sistemiyle banka çalışanları, önerilerini hem yöneticileriyle hem de birbirleriyle paylaşabilmektedir. Fikirler "Teklif İnceleme Ekibi" tarafından sürekli takip edilmekte ve değerlendirilmektedir. Gelen öneriler, değerlendirme sürecinde yeni hizmet sahaları ve yeni ürün geliştirme kriterlerine göre ele alınmaktadır. Ayrıca, bankanın kurumsal kimliği ve imajını güçlendirmek, müşterilere daha iyi ve kaliteli hizmet sunmak için yenilikçi yaklaşımlar da değerlendirilmektedir (Capital, 2014).

Bu örneklerden de anlaşıldığı gibi, yalın üretim sisteminin önemle üzerinde durduğu müşteri için değer teşkil eden faaliyetlerin oluşturulması ve değer oluşturmayan, israf teşkil eden faaliyetlerin elimine edilmesi noktasında bireysel öneri sisteminin katkısı oldukça büyüktür. Çalışanların tam katılımıyla yeni fikirlerin elde edilerek değerlendirilmesi sonucu gerekli alanlarda iyileştirme çalışmalarının gerçekleştirilmesine olanak sağlayan bireysel öneri sistemi, yalın üretim sistemiyle doğrudan ilişkili olup, birçok organizasyonda etkin ve verimli bir şekilde kullanılmaktadır.

#### 4. BİREYSEL ÖNERİ SİSTEMİNİN UYGULANMASI

Bireysel öneri sistemi uygulaması Konya'da faaliyet gösteren yıllık yaklaşık 250 milyon cirosu ile Türkiye İSO ilk 500 sanayi şirketi arasında yer alan ISO 9001, HACCP, ISO 22000 ve TSE belgeleri ve son sistem üretim ve paketleme sistemlerine sahip sektöründe Türkiye'de lider konumda olan bir un fabrikasında gerçekleştirilmiştir.

İşletmede değer akış haritası çıkarıldıktan sonra bireysel öneri sistemi geliştirilmiştir. Çalışanların tam katılımını sağlamak, yalın üretimin 7 temel israfının yanında 8. temel israf olarak görülen, çalışanlardan yeterince faydalanmama durumunu elimine etmek adına önerilerin alınması, değerlendirme, proje takımı kurma, yürütme, eşgüdümleme, denetim ve ödüllendirme aşamalarından oluşan bireysel öneri sistemi geliştirilmiştir (Şekil 1). Bu doğrultuda; kalite kontrol çemberleri, toplam kalite yönetimi, sürekli iyileştirme (Kaizen) ve yalın üretim, işçi temsilcisi, sendika temsilcisi gibi yönetim anlayışları ile çalışanların yönetime katılımı ve üretimde etkinliği artırılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla bir öneri formu hazırlanmıştır. Hem bireysel öneri formu kullanılarak hem de yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilerek çalışanların fikirleri toplanmıştır.



Şekil 1. Bireysel Öneri Sistemi Aşamaları

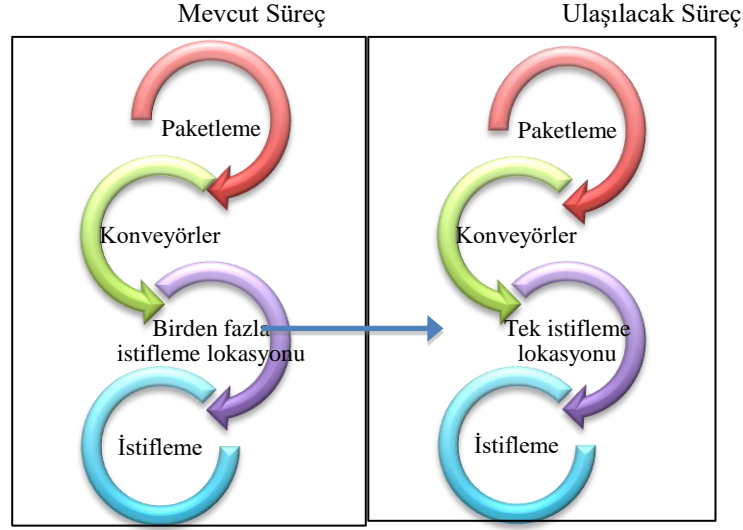
Önerilerin alınmasını müteakip konular uzman yetkililerce değerlendirilerek uygun öneriler için proje sorumlularının belirlenmesiyle birlikte projeler yürütme aşamasına geçilmiş ve olası koordinasyon gereksinimleri noktasında hem proje sorumluları hem de üretim yöneticileri eşgüdümleme faaliyetlerini gerçekleştirmişlerdir. Projenin belirlenen hedeflere ve belirlenen süreçlerle ulaşılması noktasında denetlenmesi yine proje sorumluları ve diğer yöneticiler tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, çalışanlardan zaman iyileştirici 7 adet, kalite artırıcı 3 adet, verimlilik/etkinlik artırıcı 6 adet, motivasyon artırıcı 9 adet, maliyet azaltıcı 3 adet, ortam iyileştirici 2 adet, süreç iyileştirici kategoride ise 8 adet öneri alınmıştır. Formlarla ve yüz yüze görüşmeler ile alınan öneriler ile geliştirilen projeler aşağıdaki gibidir;

- Paketli Un İstifleme Bölümleri Optimizasyonu Projesi
- Hammadde (buğday) Alım Kalite Kontrol ve Ayrıştırma Projesi
- Paketleme Bölümü İçsel Ayar Sürelerinin Dışsallaştırılması Projesi

##### 4.1. Paketli Un İstifleme Bölümleri Optimizasyonu Projesi

Mevcut süreçte; üretim programında olan ürünler, paketlemeden sonra 4 farklı yerde bulunan istifleme gitmektedir. Bu durumda istifleme bölüm sayısının fazlalığı, paketleme için bölüm başına düşen ürün dengesizliği nedeniyle işgücü kaybı ve bekleme israfı ortaya çıkmaktadır. İstifleme bölümünde işlem yapan her personele çalışma performansına uygun gelecek şekilde ve miktarda ürün oluşmadığı için verimsizlik

ortaya çıkmaktadır. Bu durumda oluşan bekleme israfı ortalama % 25'e ulaşmaktadır. Bu durumu ortadan kaldırmak için yeni bir süreç geliştirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Paketli Un İstifleme Bölümleri Projesi Mevcut ve Geliştirilen Süreçler

Şekil 2'de görüldüğü gibi ulaşılacak yeni süreçte; çuval istifleme bölümü 1'e indirilecektir. Yeni geliştirilen sürecin uygulanması halinde ortaya çıkacak faydalar ise;

- ✓ İstifleme işçiliğini azaltma (Sıfır işgücü kaybı / 5 personel tasarruf),
- ✓ Tek bölümden etkin kontrolü sağlama ile etkin denetim ve etkin iletişimi sağlama (Sıfır işgücü kaybı, sıfır zaman kaybı).

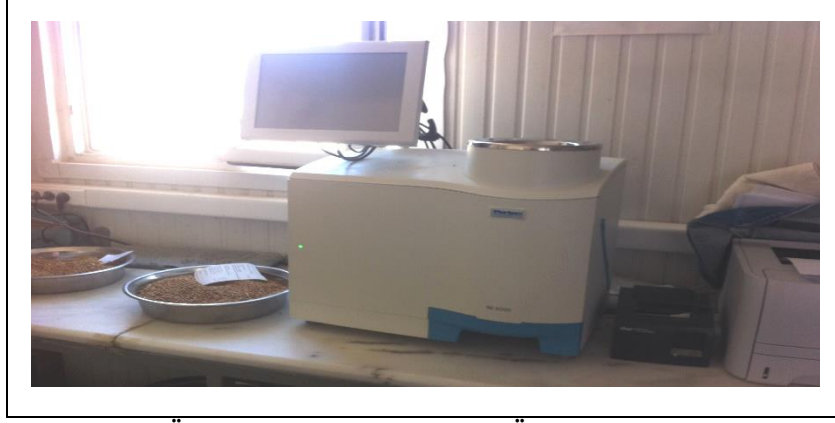
Projenin gerçekleştirilmesi için yapılması gerekli çalışmalar ise ;

- ✓ Paketlemelerden çıkan ürünlerin, konveyörlerle tek bir bölüme taşınabilecek şekilde konveyör sistemi kurulması,
- ✓ İstifleme istasyonlarının yan yana aynı yerde biçimlendirilmesi.

Yeni süreçte istifleme bölümlerinin optimizasyonu sağlamak için mevcut 4 adet olan istifleme bölümü 1'e indirilmiştir. Böylece, hem alan tasarrufu gerçekleştirilebileceği gibi hem de mevcut 20 işçi sayısı 15'e düşürülerek 5 personel tasarrufu sağlanmıştır. Bu proje ile yalın üretim hedeflerinden; istifleme işçiliğini azaltma ile sıfır işgücü kaybı hedefine, tek bölümden etkin kontrolü sağlama ile etkin denetim ve iletişimi sağlama sebebiyle sıfır işgücü kaybı, sıfır zaman kaybı hedeflerine katkı sağlanacaktır.

#### 4.2. Hammadde(buğday) Alım Kalite Kontrol ve Ayrıştırma Projesi

Çalışanlardan bireysel öneri formu ve yapılan görüşmelerle elde edilen bilgiler neticesinde buğdayların kalitelerine göre ayrıştırılmadığı ve farklı kalitedeki buğdayların aynı siloda depolanması ve işlem görmesi sorununa çözüm bulmak amacıyla bu proje geliştirilmiştir. Mevcut durumda buğdaylar fabrikaya kamyonlarla gelmekte ve tesadüfi örnekleme yöntemiyle kalitesi kontrol edilerek buğday silolarına yönlendirilmektedir. Buğday silosundan gerekli süreçlerden geçerek un silolarına aktarılmaktadır. Şekil 3'de tesadüfi örnekleme yöntemi ile alınan numune örneği ve kalite kontrol cihazı yer almaktadır.



Şekil 3. Tesadüfî Örnekleme ile Alınan Numune Örneği ve Kalite Kontrol Cihazı

Aynı kamyondaki farklı protein değerlerindeki buğdayların aynı siloya gitmesini önlemek amacıyla buğdayın boşaltılmasının ardından tamamının kalite değerleri ölçülürken eşzamanlı olarak buğdayların etkin ve doğru bir şekilde silolara yönlendirilmesinin, ayrıştırılmasının sağlanması için gerekli olan yazılım ve mekanik düzenleme ile sorun ortadan kaldırılarak iyileştirme sağlanacaktır. Bu süreçler ilgili de ön fizibilite, yapılabirlik çalışmaları yapılmış ve ilgili işlemi yapabilecek kapasitede bir tedarikçi firmayla da ön görüşmeler gerçekleştirilerek yapılabirliği teyit edilmiştir. Uygulamanın gerçekleşmesi halinde elde edilecek faydalar;

- ✓ Standart dışı kalitenin açığa alınmasının önüne geçme (Sıfır hatalı üretim),
- ✓ Kalite standardının sağlanması(Sıfır hatalı üretim),
- ✓ Standart dışı kalitenin tespiti ve telafisi için gereken işçilik ve zaman kaybının önüne geçme (Sıfır işgücü kaybı / 1 personel tasarrufu).

Tablo 2. Hammadde(buğday) Alım Kalite Kontrol ve Ayrıştırma Süreci Mevcut ve Geliştirilen Gelecek Durum Bilgileri

Konu	Mevcut Durum	Geliştirilen Gelecek Durum
Buğdayların silolara aktarımı	Kamyon bazlı	Kamyonun ayrıştırılması
Protein Oranı Sapma	Max % 15	Max %5
Standart dışı kalitenin açığa alınması	Var	Minimum

Tablo 2'ye göre, kamyonun içindeki farklı protein değerindeki buğdaylar kalitelerine göre ayrıştırılabilecektir. Yeni sürece göre yazılım desteği ve mekanik revizyonlarla birlikte, buğdaylar kalite değerlerine göre ayrılabilir ve standardizasyon sağlanacaktır. Bu proje ile yalnız üretim hedeflerinden; standart dışı kalitenin açığa alınmasının önüne geçme ile sıfır hatalı üretim hedefine, kalite standardının sağlanması ile sıfır hatalı üretim hedefine, standart dışı kalitenin tespiti ve telafisi için gereken işçilik ve zaman kaybının önüne geçme ile sıfır işgücü kaybı ve sıfır gereksiz süreç hedeflerine katkı sağlanacaktır.

#### 4.3. Paketleme Bölümü İçsel Ayar Sürelerinin Dışsallaştırılması Projesi

Fabrika çalışanlarının önerileriyle birlikte paketleme bölümünde yapılan incelemede, paketlenen unların ayrı çeşitlerde sadece un olarak paketsiz şekilde önceden stoklandığı ve paketleme makinelerinin üzerlerindeki küçük silolara paketlenmek üzere aktarıldığı görülmüş ve bu noktada fabrika çalışanlarıyla birlikte proje geliştirilmiştir. Diğer bir ürüne geçileceğinde paketleme makinesi üstündeki siloyla diğer büyük silolar arasında entegre için bazı ayarlamaların yapıldığı tespit edilmiştir. Bu ayarlama zamanının azaltılmasına yönelik inceleme yapılmıştır. Paketleme makinesi ve paketleme makinesi silo örneği Şekil 4 ve Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Paketleme Makinesi



Şekil 5. Paketleme Makinesi Silosu

Yalın üretim tekniklerinden biri olan SMED (Single Minute Exchange of Dies), tekli dakikalarda kalıp değişimiyle birlikte, üretimde ürünler arası geçişlerde gerekli zamanlarda optimizasyon yapılmasıyla performans artırılması esasına dayanmaktadır (Jebaraj Benjaminvd., 2013). SMED tekniği içsel ayarlama sürelerinin dışsallaştırılması prensibine dayanan bu proje çeşit dönüş süresinin azaltılmasına yönelik aşağıdaki iyileştirme çalışması önerilmiştir (Şekil 6).

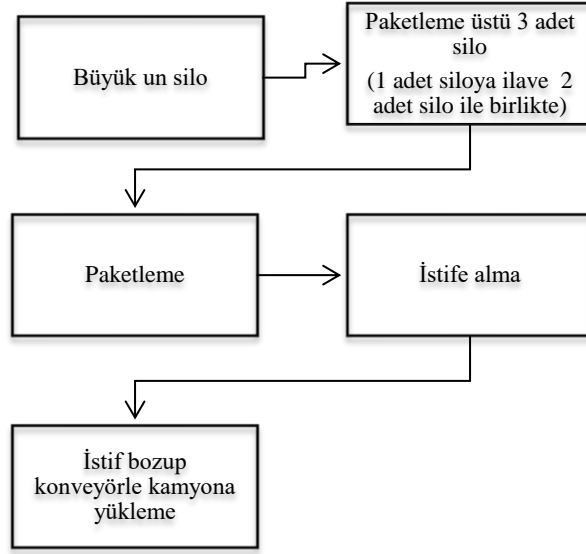


Şekil 6. Paketleme Sistemi Mevcut Süreç

Şekil 6’da görüldüğü üzere mevcut süreçte büyük un silosundan, paketleme silosuna ürün gelmekte, ardından paketleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Akabinde paketlenen ürünler istife alınmakta, yükleme için kamyon geldiğinde istif bozularak kamyonla yükleme yapılmaktadır. Çeşit dönüşlerinde ise siloya yeni çeşit



ürünün gelmesi beklenmekte ve zaman israfı oluşmaktadır. Önerilen yeni süreç aşamaları Şekil 7’de gösterilmiştir.

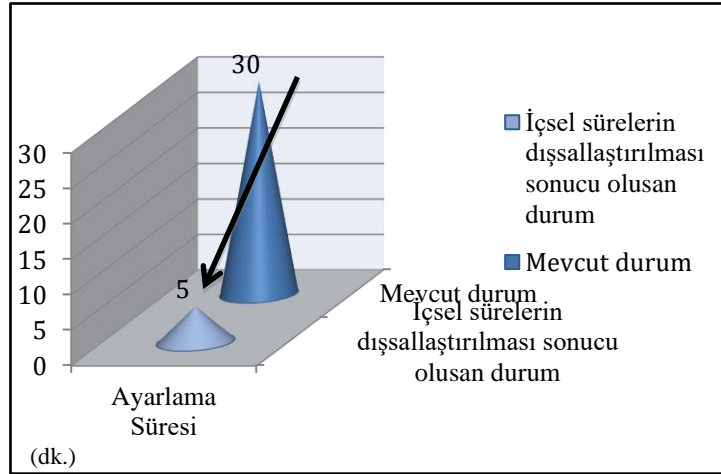


Şekil 7. Paketleme Sistemi İçin Önerilen Yeni Süreç

Önerilen yeni sürece göre (Şekil 7) paketleme makineleri üzerindeki silo sayısı arttırılacak ve üretim programında o gün hangi ürünler çalışılacaksa paketleme makineleri üzerine yeni yapılacak bu küçük siloları kullanacak ve bu sayede içsel ayar süreleri dışsallaştırılmış ve bekleme zaman israfı engellenmiş olacaktır. Bu yeni sürecin uygulanması halinde sağlayacağı faydalar;

- 1-) Çeşit dönüş sürelerini ortadan kaldırılmasıyla kapasite artışı sağlanması (Sıfır zaman kaybı),
- 2-) Paketli un stoğundan kurtularak alan tasarrufu sağlanması (Sıfır stok).

Çalışmanın gerçekleşmesi için yapılması gerekenler ise; mevcut paketleme makinelerinin üstlerine paketleme makineleriyle entegre çalışan küçük 2 adet daha silo yapılması (günlük ortalama en fazla 3 çeşit çalıştığı için 2 adet ek silo hesaplanmıştır). Yeni süreçle ortaya çıkacak ürün çeşit dönüş süresi değişimi Şekil 8’de gösterilmiştir.



Şekil 8. Paketleme Makinesi Çeşit Ayarlama Süresi Değişim Grafiği

Şekil 8’de belirtilen içsel sürelerin dışsallaştırılması ile ayarlama süresinde azalma meydana gelmiştir. Bu yeni süreçle çeşit dönüşünde ortalama 25 dakika çeşit ayar süresi tasarruf elde edilmiş olacak ve yalnız üretim hedeflerinden; çeşit dönüş sürelerini azaltma sayesinde kapasite artışı sağlama ile sıfır zaman kaybı hedefine, paketli un stoğundan kurtularak alan tasarrufu sağlanmasıyla sıfır stok hedefine katkı sağlanmış olacaktır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yalın üretimin özellikle üzerinde durduğu tam katılım ve çalışanlardan maksimum oranda faydalanma ve onların fikirlerine değer verme olgusu işletme üzerine inşa edilmiş olan bireysel öneri sisteminin, işletmede mevcut olmadığı görülmüş, söz konusu işletmede öneri sistemi çalışması yapılmış ve çalışanlardan öneriler alınmıştır. Birçok noktada uygulanması mümkün kaizen çalışmaları tespit edilmiş ve değerlendirme sonucu paketli un istifleme bölümleri optimizasyonu, hammadde (buğday) alım kalite kontrol ve ayrıştırma ile paketleme bölümü içsel ayar sürelerinin dışsallaştırılması projeleri uygulanmış ve iyileştirmeler elde edilmiştir. Uygulaması gerçekleştirilen kaizen çalışmaları örnek alınıp fizibilite çalışması yapılan diğer kaizen çalışmaları bir program dâhilinde hızla hayata geçirilmelidir. Çalışanların tam katılımını sağlanması ve çalışanların yeteneklerinden maksimum düzeyde faydalanma kapsamında bireysel öneri sistemi istikrarlı bir şekilde devam ettirilmeli ve değer katan öneriler ödüllendirilmelidir.

### KAYNAKÇA

- Ayçın, E. (2016). *Yalın Üretim Uygulamalarında İsrafın Azaltılması İle Performans Ölçütleri Arasındaki İlişkilerin ve Etkileşiminin Analizi*, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Capital. (2014). Şirketlerde Öneri Yağmuru. *Capital Dergisi*. <https://www.capital.com.tr/capital-dergi/capitalde-bu-ay/sirketlerde-oneri-yagmuru?sayfa=3>. Erişim Tarihi: 07.08.2018.
- Çakırer, M.A. (2018). Çalışan Öneri Sistemi. *Makine Store, Makine , Metal İşleme, Otomasyon, ve İmalat Sanayi Dergisi*. <http://www.makinastore.com/-1-10141-calisan-oneri-sistemi.html>. Erişim Tarihi: 07.08.2018.
- Ferdousi, F., Ahmed A. (2009). An Investigation Of Manufacturing Performance Improvement Through Lean Production: A Study On Bangladeshi Garment Firms. *International Journal of Business and Management*, 4(9), 106.
- Imai, M. (1986). *Kaizen* (Vol. 201). New York: Random House Business Division.
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach To A Continuous Improvement Strategy*. McGraw Hill Professional.
- Jebaraj Benjamin, S., Murugaiah, U., Srikamaladevi Marathamuthu, M. (2013). The Use Of SMED To Eliminate Small Stops In A Manufacturing Firm. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 24(5), 792-807.
- Mess, (1998). *Yeni Yönetim Teknikleri-Değişimle Baş Edebilmenin Yolları*, Mess Yayını, İstanbul, 1998, s.74.
- Paul Brunet, A., New, S. (2003). Kaizen in Japan: An Empirical Study. *International Journal of Operations & Production Management*, 23(12), 1426-1446.
- Tekin, M. (2012). *Üretim Yönetimi* (8. Baskı). Konya: Günay Yayınevi.
- Tekin, M., Zerenler, M. (2013). *Rekabetin Anahtarı: Esnek İşletme* (4. Baskı). Konya: Günay Yayınevi.
- Yıldırım, B. (2016). *İşletmelerde Öneri Sistemi Ve Motivasyon Arasındaki İlişki*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Zerenler, M., İraz, R. (2006). Japon Yönetim Anlayışı Ve Şirket Ağları (Keiretsu) Analizi. *Selçuk University Social Sciences Institute Journal*, (16). 757-776.
- Zerenler, M., Türker, N. ve Şahin, E. (2007). Küresel Teknoloji, Araştırma- Geliştirme (AR-GE) ve Yenilik İlişkisi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* (17), 653-667.

## İŞLETMELERİN E-TİCARETE YÖNELİK ALGI VE BEKLENTİLERİ: KAHRAMANMARAŞ İLİ ÖRNEĞİ

Mahmut Tekin  
Selçuk Üniversitesi

Haydar İnce  
Kahramanmaraş Sütçü İmam  
Üniversitesi

Mehmet Etlioğlu  
Selçuk Üniversitesi

Özdal Koyuncuoğlu  
Necmettin Erbakan Üniversitesi

Ertuğrul Tekin  
Selçuk Üniversitesi

### ÖZET

Bilgi iletişim teknolojilerindeki gelişme ve internetin yaygınlaşması, bireylerin yaşam biçimleri ile işletmelerin iş yapma biçim ve modellerinde önemli değişikliklere neden olmuştur. Ülke ticari sınırları ortadan kalmış ve işletmeler küresel bir ticari alan ve rekabetin içerisine girmişlerdir. Bu gelişmeler, ürün alım-satım işlemlerinin, gerekli bilgi ve belgelerin elektronik ortama aktarılması ile ticari faaliyetlerin kolaylaşmasına ve böylece elektronik ticaretin hızla yaygınlaşmasına neden olmuştur. E-ticaret yapan işletmeler, geleneksel işletmelere göre daha avantajlı konuma geçmişlerdir. Bu bağlamda, ülkelerin kalkınmasında önemli bir görev üstlenen e-ticareti olumsuz yönde etkileyecek hususların tespit edilmesi ve buna yönelik önlemlerin alınması oldukça önemlidir. Bu çalışma, işletmelerin e-ticaret durumları, e-ticarete yönelik algı ve beklentilerini tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla, Kahramanmaraş'ta faaliyet gösteren 300 işletmeye anket uygulanmış 118 işletmenin e-ticaret faaliyetinde bulunduğu ve e-ticaret yapmayan işletmelerin ise e-ticarete yönelik olumlu düşünceye sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu çalışma sonucu geliştirilen öneriler, oluşabilecek sorunların çözümüne yardımcı olacağı ve literatüre katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *E-ticaret.*

### **PERCEPTION AND EXPECTATION OF ENTERPRISES TOWARDS E-COMMERCE: AN EXAMPLE OF PROVINCE OF KAHRAMANMARAŞ**

### ABSTRACT

The rapid development of information communication technologies and the widespread use of the internet have caused significant changes in the way people live and models their way of doing business. The commercial borders of the country have disappeared and enterprises have found themselves in a global commercial area and competition. These developments have resulted in facilitation of commercial activities and the rapid spread of electronic commerce through the transfer of product purchase-sale transactions, necessary information and documents to the electronic environment. E-commerce enterprises are in a more advantageous position than traditional businesses. In this context, it is very important to determine the factors that will affect the development of e-commerce which plays a crucial role in the development of the countries and to apply the practices towards them. This study was conducted in order to determine e-commerce status, perceptions and expectations of the enterprises in K.Maraş. For this purpose, it has been determined that 118 enterprises that have been surveyed in 300 enterprises operating in Kahramanmaraş have e-commerce activities and those that do not have e-commerce have a positive attitude towards e-commerce. The results of this study suggest that the proposed recommendations will help solve the problems that may arise in this issue and contribute to the literature.

**Key Words:** *E-commerce.*

## 1.GİRİŞ

İnsanlık tarihi günümüze kadar ilkel, tarım, sanayi ve bilgi odaklı dönüşümler yaşamıştır. Başka bir ifade ile su ve buhar gücünün kullanılması ile üretim sistemlerinin ortaya çıkması ile endüstri 1.0, elektrik gücünün yardımı ve seri üretimin gerçekleşmesi ile endüstri 2.0, bilgi iletişim teknolojilerinin gelişmesiyle otomasyonun sağlanması ile endüstri 3.0 ve nesnelerin interneti ve siber fiziksel sistemlerin birbirleri ve insanlarla iletişime geçtiği endüstri 4.0 devrimine tanıklık etmekteyiz. Bilgi iletişim teknolojilerindeki yaşanan hızlı gelişmeler ve internetin de yaygın kullanılması toplumun her alanında köklü değişimlere neden olmuştur. Bu gelişmeler birey yaşam biçimleri ile işletmelerin iş yapma biçim ve modellerini değiştirmiştir. İşletmeler bu gelişmelere paralel olarak rekabet edebilmek ve varlıklarını sürdürebilmek için faaliyetlerini elektronik ortama taşımak zorunda kalmışlardır. İşletme ticari faaliyetlerinin elektronik ortama taşınması bir anlamda ülkelerin ticari sınırlarını ortadan kaldırarak işletmeleri küresel alanda rekabet ortamının içine itmiştir. Bu gelişmelere paralel olarak ticaretin elektronik ortamda yapılmasıyla yeni ticaret sistemi olarak kabul edilen ‘‘elektronik ticaret’’ kavramı ortaya çıkmıştır. Bilgi teknolojileri ve internetin ticari faaliyetlerde kullanılması özellikle ticaret kapasitesinin artması, ekonomik verimlilik, karlılık, iletişim hızı ve maliyetlerdeki azalma gibi birçok konularda avantajlar sağlamaktadır.

## 2. ELEKTRONİK TİCARET

Elektronik ticaret kavramı, son yıllarda ekonomi ve ticaret ile ilgili çevrelerde en çok kullanılan kavramlar arasında yer almaktadır. Bunun nedeni, elektronik ticaret kullanımıyla gerçekleşen işlem değerinin, toplam iktisadi etkinliklerin işlem değeri içindeki payının artmasıdır (Akgül, 2004). E-ticaret, e-satış, e-pazar, online pazar, online perakende, e-perakende gibi anahtar kavramlarla anılmaktadır, böylece içerik açısından oluşan kavramlar çeşitlenmiştir (Betz, 2013). Bu bağlamda elektronik ticaret, mal ve hizmetlerin üretim, reklam, satış ve dağıtımlarının telekomünikasyon ağları üzerinden yapılmasıdır (WTO, 1998). Elektronik ticaret araçları ticaret yapan işletmelerin ve bireylerin ticari faaliyetlerini kolaylaştıran her türlü teknolojik ürün olarak ifade edilebilir. Bu araçlar; telefon, faks, televizyon, bilgisayar, elektronik ödeme ve para transfer sistemleri, elektronik veri değişimi sistemleri (Electronic Data Interchange-EDI), internet, intranet ve extranet gibi teknolojik ürünlerdir. Elektronik ticarete ödeme araçları ise kredi kartı, elektronik kredi kartı, otomatik vezne makineleri ve para vericileri, elektronik fon transferi için satış noktası terminalleri, elektronik para, elektronik çek, akıllı kart, dijital cüzdan, mobil ödemeler ve diğer ödeme yollarıdır (Elibol ve Kesici, 2004).

## 3. ELEKTRONİK TİCARETİN TARAFLARI VE MODELLERİ

E-ticaretin tarafları, alıcı, satıcı, üretici, bankalar, komisyoncular, sigorta şirketleri, nakliye şirketleri, bilişim teknolojileri işletmeleri, sivil toplum örgütleri, üniversiteler, elektronik noterler, dış ticaret müsteşarlığı, gümrük müsteşarlığı, olarak sıralanabilir. E-ticaret faaliyetlerinde aynı teknoloji kullanılmasına rağmen, taraflar arasındaki ticari işlemlerin gerçekleştirilmesine göre, e-ticaret alt kısımlara ayrılmaktadır (Çak, 2002).

### A. İşletmeden-Tüketiciye Elektronik Ticaret (B2C)

B2C e-ticaret, fiziksel ve dijital ürün veya hizmetleri talep eden nihai tüketicilerle tedarikçilerin karşı karşıya geldikleri bir iş modelidir (Stallmann, 2014). Elektronik ticaretin özellikle 1990’lı yıllarda yaygınlaşan türü olan B2C (Business-to Consumer-İşletmeden tüketiciye), işletmelerin nihai tüketicilere mal ve hizmet satışı şeklinde gerçekleşmektedir (Öztürk ve Başar, 2002). B2C, tüketicilere finans hizmetleri, uçak biletleri, otel rezervasyonları gibi hizmetler ile elektronik ve enformasyon ürünlerinin tamamında, iletişim ağları ile ilgili ürün ve hizmetlerin verilmesini sağlar. Geleneksel satış yöntemine kıyasla, müşterilere online alışveriş imkanı tanır, satıcının satış maliyetini azaltır; satıcıya aracı engelini aşma imkanı verir, böylece katma değer artışı sağlar (Dollmayer, 2000).

### B. İşletmeden-İşletmeye Elektronik Ticaret (B2B)

B2B e-ticaret, esasen yazılım sistemleri yardımıyla tedarikçi ve alıcı firmaların elektronik ağ üzerinden bir araya geldiği elektronik ticaretin bir çeşididir (Stallmann vd., 2014). İşletmeden-işletmeye e-ticarete, her iki işletme iletişiminin kısa süreli olması, düşük üretim maliyeti ve diğer avantajlardan yararlanabilirler (Bulut vd., 2006). Elektronik ticaretin klasik şekli, ilk defa B2B alanında kullanılmıştır. İnternet ortamında ilk defa gelişme fırsatı elde edilmiştir. İşletmeler arası e-ticaret, özellikle enformasyon teknolojilerinin satışında (yönlendiriciler, bilgisayarlar ve yazılımlar) ve seyahat hizmetlerinde etkin bir şekilde yapılmaktadır (Özgener, 2004).

### C. Tüketiciden-Tüketiciye Elektronik Ticaret (C2C)

Tüketiciden-tüketiciye e-ticaret, daha çok ikinci el ürünlerin veya bireysel girişimle geliştirilen yazılımların alım satımı amacıyla kullanılmakta; bu tür e-ticarete karşılıklı güven unsuru önem taşımaktadır (Altınok, 2008). Bazı sitelerde açık artırma ile satış yapılmaktadır. Bunun nedeni, açık artırmanın heyecanı, satıcılara

ürüne ilişkin ayrıntılı soru sorabilme imkânı, ürün çeşitliliği ve eski koleksiyon ürünlerine ulaşılmasıdır (Pençe,2014).

#### **D. İşletmeden Kamuya Elektronik Ticaret (B2G)**

Kamu kurumları ve işletmelerle ağlar üzerinden gerçekleştirilen ticaret iletişim ve diğer faaliyetleri de içermektedir. Kamu ihalelerinin internette yayınlanması ve işletmelerin sanal ortamda teklif vermeleri ilk örnekleri oluşturmaktadır. Elektronik ticaretin yaygınlaşmasını desteklemek amacı ile son yıllarda vergi ödemeleri, gümrük işlemleri elektronik ortama taşınmaktadır (Tekin vd., 2010).

#### **4. ELEKTRONİK TİCARETİN EKONOMİK ETKİLERİ**

Bilgi iletişim teknolojilerinin gelişmesi ve internet kullanımının yaygınlaşması, küreselleşme olgusu ile küresel pazarlarda ticaretin önündeki engellerin azalması ile rekabetin artması ve bu gelişmelere bağlı olarak bilinçli tüketicilerin ortaya çıkması e-ticaretin gelişmesine neden olmuştur. İşletmelerin ulusal pazar sınırları genişleyerek küresel alana taşınmış tüketici ve işletme sayıları sürekli artmıştır. Bu gelişmeler ile e-ticaret hacmi artmış ve işletmelerin stratejik araçlarından birisi haline gelmiştir. Sonuç olarak e-ticaretin maliyet ve fiyatlara, rekabete, pazar yapılarına, etkinlik ve verimliliğe, pazarlama metodlarına, istihdama, uluslararası ticaret ve büyümeye etkilerini sıralayabiliriz.

##### **A. Elektronik Ticaretin Maliyet ve Fiyatlara Etkisi**

Elektronik ticaretin işlem maliyetlerini azaltması ve tasarruf imkânı sağlaması, firmalara sunduğu en önemli katkılardan biridir. Ticari faaliyetlerin internet üzerinden yapılması, maliyetlerin önemli ölçüde azalmasına yol açacaktır. İnternet üzerinden ticaret yapılmasıyla birlikte, hedef pazarlardaki müşterilere ulaşma ve onlarla iletişim kurma maliyetlerinde de azalma olacaktır (Tekin vd., 2010). Elektronik ticaretin maliyetle ilgili sağlayacağı faydalar şu şekilde özetlenebilir (Altınok, 2008);

- E-ticaret satış esnasında maliyet tasarrufları sağlamaktadır (İnternet üzerinden sipariş, fiziksel alt yapının ucuzlaması, siparişlerin kabulü, tüketicinin izlenmesi, personel sayısı gibi).
- Şirketten şirkete yapılan e-ticarete girdi tedariki esnasında da maliyet tasarrufu sağlanır (sipariş programı, kâğıt üzerine dayanan sipariş süreçleri, kurye ile gönderme).
- Dijital ürünlerin, internet üzerinden satışı, danışmanlık hizmetleri masrafları düşüktür.
- E-ticaretle stoklama maliyetlerinde de tasarruflar sağlanmaktadır.
- E-ticarette işletme giderleri ve ek yatırımlar azalmaktadır.

##### **B. Elektronik Ticaretin Rekabete Etkisi**

Günümüzde rekabet, teknolojik değişim odaklı olarak yapılmaktadır. Teknolojik değişim pazarın yapısını ve ihtiyaçları da şekillendirmektedir. Geliştirilen teknolojilerle birlikte pazarın yapısı da değişmektedir (Tekin ve Ömürbek, 2009). Değişen pazar yapısı içerisinde, müşteri sadakatinin geliştirilmesi, rakiplerin farklılaşması ve stratejik bir rekabet avantajı yaratılması e-ticaret kullanımındaki diğer dinamiklerdir (Picot vd., 2001). Bu dinamiklerin kullanılmasıyla rakiplere karşı rekabet üstünlüğü kurmak mümkündür. İnternetin gelişmesine paralel, elektronik ticaret uygulamalarının yaygınlaşması da, gerek ulusal, gerekse uluslararası düzeyde rekabeti artırmıştır. E-ticaret faaliyetleri iç pazarda rekabeti kolaylaştırmış, yapısal değişikliklerle ekonomiye ve şirketleşme süreçlerine dinamizm ve hareket getirmiştir. Faaliyetler, uygun fiyat avantajıyla ülke sınırları dışına taşınmıştır (Gora ve Mann, 2013). İşletmeler stratejilerini ve hedeflerini doğru belirlerse, e-ticaretin getirdiği yeni iş imkânlarından daha fazla yararlanarak rekabet üstünlüğünü sağlayabilirler.

##### **C. Elektronik Ticaretin Pazar Yapılarına Etkileri**

E-ticaretin firmalar ve pazar yapılarına etkileri, ikisi arasındaki ilişkiyle açıklanmaktadır. Pazarın sanal olması dolayısıyla büyüklüğü, pazar içerisinde yer alanların konumunu değiştirmiştir. E-ticaret ile beraber, işletmelerin piyasanın milyonlarca kişiden oluşan tek bir pazar olduğu yönündeki fikirleri tamamen değişmiş, piyasanın birer kişiden oluşan milyonlarca pazar olduğu görüşü ön plana çıkmıştır (Çak, 2002). E-ticaretle birlikte değişen pazar anlayışı ve yapısı birtakım yenilikleri de beraberinde getirmiştir. Elektronik ticaretin firmalar açısından hem mevcut pazarda, hem de potansiyel pazarda satışları artırıcı etkisi olduğu farklı çalışmalarla ortaya konulmuştur. Wölfle'nin 2011 yılında 34 işletmeyle yaptığı bir alan çalışmasında, 27 işletmenin e-ticaretle satışlarını artırdığı; işletmelerin büyüme beklentilerinin arttığını ve bu önemli gelişmelerin sebebinin de internetin-mobil cihazların kullanımının yaygınlaşmasına bağlı olduğunu tespit etmiştir (Wölfle, 2012). Diğer taraftan alıcılar elektronik pazarlamada, daha çok alternatifini incelemekte, hızlı karar verip ve daha ucuza tüketebilmektedir. Böylelikle alıcılar ve satıcılar elektronik ortama katılımı sağlamaktadır (Tekin ve Zerenler, 2012).

##### **D. Elektronik Ticaretin Etkinlik ve Verimliliğe Etkisi**

İşletme olarak internette başarılı olabilmek için, yönetimin kendi organizasyonunda e-ticaretin etkisini ve özelliklerini bilmesi ve buna uygun faaliyette bulunması önemlidir (Kurth, 2011). E-ticaret etkinliği arttırdığı için, daha az maliyetle daha fazla ticaret yapılmasını sağlamaktadır. Maliyetlerin düşmesiyle,

hataların azalması, işletmelerin etkinlik ve verimliliklerine olumlu yönde yansımakta ve işletmelerin hizmet-mal kalitesini de artırmaktadır (Altun, 2005). Bu nedenle, hızlı teknolojik gelişim ve elektronik ticaret uygulamaları, hem üretim aşamasında hem de ticaret aşamasındaki verimliliği artırmaktadır (Akgül, 2004). Özellikle e-tedarikle, yani elektronik medya yardımıyla zaman ve maliyete ilişkin şirketlerdeki verimlilik artışı ilerleme kaydetmiştir (Opuchlik, 2006). Elektronik ticaret uygulamasının verimliliği artırıcı değişimleri sağlayan etkileri pazarlara erişimde kolaylık, fırsat eşitliği sağlaması, işletme bütçesinde ve zaman tasarrufu sağlaması şeklinde belirtilebilir (Kırcova, 2001).

#### **E. Elektronik Ticaretin Pazarlama Metotlarına Etkisi**

E-ticaret kullanımının yaygınlaşması, geleneksel pazar yapısı ve alışveriş yöntemlerinin değişimi yönünde etki yapmaktadır. Bu etki, e-ticaretin yaygın kullanıldığı sektörlerde zorlayıcı nitelik taşıırken, yaygın kullanılmayan sektörlerde teşvik edici etki şeklinde gerçekleşmektedir (Akgül, 2004). İnternet sayesinde, ticari işlemlerin sanal ortama taşınması, bireyler ve firmaları müşteri/ satıcı konumuna getirmektedir. Piyasalarda, müşterilerin ve satıcıların elektronik ortamlarda, fiziki sınırların dışında buluşması, pazarın genişlemesini sağlamakta ve e-ticaret uygun ortamlar yaratmaktadır (Fidanlıgöl, 2006). Satış potansiyeli, müşteri yönelimi, zaman ve maliyet tasarrufları, rekabetçi konumlandırma ve yeni iş modellerinin gerçekleştirilmesi bakımından, e-ticaretin potansiyelleri sınırsızdır. Bu özellikleri kullanarak başarılı olmak için internet stratejik bir satış kanalı olarak tanımlanmalı, uygun pazarlama hedefleri belirlenmeli ve hedef kitleye özgü teklifler geliştirilmelidir (Picot vd., 2001).

#### **F. Elektronik Ticaretin İstihdama Etkisi**

E-ticaretin dar anlamda istihdam üzerine etkisi iki farklı şekilde gerçekleşmektedir. İlki, e-ticaretin yeni iş alanlarının ortaya çıkmasına sebep olması, ikincisi, iş sahalarında görevlerin yeniden tanımlanmasıyla, bazı sahaların ortadan kalkması (Koçak, 2010). Bununla birlikte kaybedilen işler, yeni iş sahalarının açılması ile belirli ölçüde telafi edilebilecektir (İnce, 1999). E-ticaretin uygulanması sonucu işgücü yeniden şekillenmiştir. Buna göre bedeni işgücünden, beyin gücünü kullanan, daha farklı bir donanıma sahip işgücüne dönüşmüştür (Akgül, 2004). Bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanılması ile yeni iş alanları ve meslekler ortaya çıkmaktadır. Böylelikle her alanda ve sektörde yeni istihdam olanakları oluşabilmektedir.

#### **G. Elektronik Ticaretin Uluslararası Ticarete Etkisi**

Başta internet olmak üzere e-ticaret araçlarının kullanımıyla, ülkemizdeki işletmelerin uluslararası pazarlara daha az maliyetle ve daha hızlı ulaşmaları sağlanmış, uluslararası şirketlerle rekabet edebilmelerine olanak tanımıştır. Bu ise, ülke ekonomisinin uluslararası ticaretten aldığı payı artırmaktadır (Barut, 2010). Ulusal sınırların ötesine ticaret yapmayı kolaylaştıran e-ticaret, dünya ticaretini önceki dönemlerle kıyaslanamayacak ölçüde büyümüştür, bu ülkemiz için bir fırsattır (Güler, 2010). İnternet ve dolayısıyla e-ticaretteki bu durum, hem firmalar, hem de devletler açısından bazı gelişmelere sebep olmuştur. İhracat yapan firmalar alış ve satışlarını, stoklarını, gümrük işlemlerini kâğıt ve kalemle takip etmemekte, siparişlerini yine internet üzerinden kontrol etmekte ve ihracatçılar için bu durum büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

#### **H. Elektronik Ticaretin Büyümeye Etkisi**

E-ticaretin, yeni ekonomik anlayış olarak getirdiği en önemli etki, ekonominin verimlilik ve büyümedeki hızlanması, dolayısıyla maliyet tasarrufları ile ekonominin toplam hasılasında artışa neden olmasıdır (Güler, 2010). Söz konusu maliyet tasarrufları, artan bilgisayar ve internet kullanımını, web'in daha gelişmiş ara yüzleri ve iletişim maliyetlerinin düşüşü şeklinde gerçekleşmekte, böylece e-ticarette bir büyüme yaratmaktadır. Bu ise ülke ekonomilerinin büyümesine katkı sağlamaktadır (Picot vd., 2001). Aşağıda belirtilen bu avantajlar işletmelerin büyümesi ve gelişmesini sağlarken, ülke ekonomisine de katkı sağlamaktadır (Güleş vd., 2002);

- İnternet ağıyla paydaşların bilgilere ulaşabilmesi,
- E-ticaret araçları ile işlemlerin hızlı ve etkin şekilde yapılması,
- Görüş paylaşımı ile daha hızlı bir şekilde ürün geliştirilmesi,
- İşletmelerin web ortamında sundukları sanal alışveriş mağazalarında, minimum maliyetle, sanal kataloglar oluşturulabilmesi,
- Elektronik ödeme araçlarıyla sürekli nakit para girdisi,
- Stok maliyetlerini azaltılması ve müşteri memnuniyetini sağlaması,
- Elektronik ticaret sayesinde işletmelerin birbirlerine ulaşabilmesi,
- Kesintisiz iletişim, sürekli alışveriş imkânı sağlaması,
- Ürün bilgilerinin müşterilere ulaştırılabilmesi,
- E-ticaret ve internet hizmetlerinde vergi indirimleri,
- Aracsız satış imkânı,
- Elektronik ortamda marka ve kişiselleştirme konusunda fırsatlar,

- Yanlışlıkların ve hataların azalması,
- Girdilerin en uygun kaynaklardan temini.

## 5. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

### A. Araştırmanın Amacı, Kapsamı ve Kısıtları

Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler ticareti elektronik ortama taşımıştır. Böylece, işletmelere ürün ve hizmet tanıtımı, sipariş alım-satım, ödeme işlemleri, pazarlama faaliyetleri, yazışmalar ve lojistik faaliyetlerde bu teknolojileri kullanarak zaman, maliyet ve hız konularında çok fazla avantaj ve rekabet üstünlüğü kazandırmıştır. Bu bağlamda çalışmanın amacı, Kahramanmaraş İli'nde farklı ölçeklerde faaliyet gösteren işletmelerin e-ticaret faaliyetleri ile e-ticarete yönelik algı ve beklentilerini tespit etmektir. Bu çerçevede Kahramanmaraş'ta faaliyet gösteren işletmelerin e-ticaretten ne ölçüde yararlandıkları, hangi sektörlerin e-ticaret yaptığı, e-ticaret yapmayan işletmelerin beklentilerinin neler olduğu, satış artırma faaliyetlerine katkılarının ve etkilerinin ne olduğu, karşılaşılan sorunlar, beklentiler, geleceğe yönelik görüşlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

### B. Araştırma Yöntemi

Kahramanmaraş Ticaret ve Sanayi Odası kayıtlarına göre değişik ölçeklerde faaliyet gösteren 4.171 işletmeden tesadüfi örnekleme yöntemiyle seçilmiş 300 işletmeye e-posta ve yüz yüze anket uygulanmıştır. Anket Bal, 2013 ve Altınok 2008' e ait geçerlik ve güvenilirlikleri ispatlanmış 5'li likert tipi ölçek kullanılmıştır. Veriler SPSS 24 programı ile istatistikî analizi ile değerlendirilmiştir. Anketlerden elde edilen verilerle, frekans ve çapraz tablolar ortaya konulmuş Ki-Kare testleriyle analizler yapılarak işletmelerin e-ticarete yönelik algı ve beklentileri tespit edilmeye çalışılmıştır. İş algıları, e-ticarete yönelik tutum ve beklentiler açısından Cronbach Alpha değeri ,91 bulunmuştur. Bu değerlere göre, kullanılan ölçeğin literatürde kabul edilen güvenilirlik koşullarını yerine getirdiği ve ölçeğin bağımsız olarak iç tutarlılığının yüksek olduğu görülmüştür.

### C. Veri Analizi

Ankete katılan 300 işletmeden 118'i e-ticaret yapmakta; 182'si e-ticaret yapmamaktadır. Buna göre Kahramanmaraş İli'nde e-ticaret yapan işletmelerin oranı %39.3, e-ticaret yapmayan işletmelerin oranı ise %60.7 olarak tespit edilmiştir. Ankete katılan işletmelerin tekstil (%18,3), gıda(%13) ve çelik eşya (%6) ön plana çıkmaktadır. Eğitim durumları, lise mezunu (%60), ortaokul mezunu %20,7, üniversite mezunu %14,7 ve ilkokul mezunu ise %4,7'dir. Çalışan sayısı açısından ise, yarıya yakın işletmede (%47) 1-9 kişi istihdam edilmekte, 10-24 kişi istihdam edenlerin oranı ise %25'tir. Çalışanların yaş ortalaması incelendiğinde, 300 işletmenin 224'ünde (%75), 26-35 yaş arası personel çalıştırıldığı görülmektedir. Faaliyet süreleri açısından bakıldığında ise sırasıyla %28'i 1-5 yıl; %20.7'si 6-10 yıl; %19.7'si 21 yıl ve üzeri; %17.7 si 11-15 yıl ve %14'ü ise 16-20 yıl faaliyette buldukları görülmektedir.

E-ticaret yapan 118 işletmenin 59'unun internet üzerinden satış faaliyetinin olduğu görülmektedir. Bu oran işletmelerin %50'sini oluşturmaktadır. İşletmelerin ticari faaliyetlerinde %92,4'ünün interneti kullandığı bu durumun küresel ve ülkemizde yaygınlaşan internetin kullanımına paralellik gösterdiği değerlendirilmektedir. İşletmelerin %88,2'si internet kullanımının dış ticareti artırdığını düşünmektedirler. Benzer şekilde, işletmeler internette fiyatın daha kolay belirlendiğine (%97.5); internette verimliliğin daha yüksek olduğuna (%93.3) ve tedarikçi ilişkilerinin daha kolay olduğunu (%87.3) düşünmektedirler. Tablo 1'e göre e-ticaret yapan işletmelerin %94.1'i, "e-ticaretin gelecekteki ticaret modeli olacağına" inanmaktadır. Yine aynı şekilde e-ticaretle iş yapma hızının artacağına inananların oranı (%97.5) oldukça fazladır. İşletmelerin %93.3'ü, internetin maliyet avantajı sağladığını düşünmektedirler.

Tablo 1. İşletmelerin E-Ticarete Yönelik Algıları

Özellikler (n=118)	n	%	Ortalama	Standart sapma	
<b>İşletmelerin E-ticaret Algıları</b>					
Elektronik ticaret gelecekteki ticaret modelidir.	Tamamen katılıyorum	35	29.7	1.76	0.55
	Katılıyorum	76	64.4		
	Kararsızım	7	5.9		
Elektronik ticaret ile iş yapma hızı artar.	Tamamen katılıyorum	73	61.9	1.41	0.54
	Katılıyorum	42	35.6		
	Kararsızım	3	2.5		
İnternet ürünlerin daha düşük maliyetle müşteriye ulaşmasını sağlar.	Tamamen katılıyorum	58	49.2	1.57	0.62
	Katılıyorum	52	44.1		
	Kararsızım	8	6.8		
İnternet potansiyel müşterilere daha kolay ulaşabilmeyi sağlar.	Tamamen katılıyorum	74	62.7	1.39	0.52
	Katılıyorum	42	35.6		
	Kararsızım	2	1.7		

<b>Elektronik ticaret, maliyetleri büyük ölçüde azaltarak dünya pazarlarına daha ucuz şekilde ulaşmayı sağlar.</b>	Tamamen katılıyorum	76	64.4	1.48	0.71
	Katılıyorum	29	24.6		
	Kararsızım	12	10.2		
	Katılmıyorum	1	0.8		
<b>Elektronik ticaret sayesinde pazar alanı genişler.</b>	Tamamen katılıyorum	83	70.3	1.34	0.57
	Katılıyorum	31	26.3		
	Kararsızım	3	2.5		
	Katılmıyorum	1	0.8		
<b>Elektronik ticaret işletmeye gerçek bir rekabet avantajı sağlar.</b>	Tamamen katılıyorum	68	57.6	1.50	0.66
	Katılıyorum	43	36.4		
	Kararsızım	5	4.2		
	Katılmıyorum	2	1.7		
<b>İnternette yer almak işletmenin çevresindeki ve piyasadaki imajını güçlendirir.</b>	Tamamen katılıyorum	71	60.2	1.52	0.70
	Katılıyorum	33	28.0		
	Kararsızım	14	11.9		
<b>İnternet araştırma ve geliştirme faaliyetleri için gereklidir.</b>	Tamamen katılıyorum	64	54.2	1.47	0.52
	Katılıyorum	53	44.9		
	Kararsızım	1	0.8		
<b>Elektronik ticaret, ticaret kapasitesini artırır.</b>	Tamamen katılıyorum	86	72.9	1.30	0.51
	Katılıyorum	29	24.6		
	Kararsızım	3	2.5		
<b>Elektronik ticaret/internet, işlemleri doğru yapmayı sağlar.</b>	Tamamen katılıyorum	68	57.6	1.53	0.68
	Katılıyorum	38	32.2		
	Kararsızım	12	10.2		
<b>Elektronik ticaret, satışların artmasına etki yapar.</b>	Tamamen katılıyorum	84	71.2	1.30	0.48
	Katılıyorum	33	28.8		
	Kararsızım	1	0.8		
<b>Elektronik ticaret, ihracat artışı sağlar.</b>	Tamamen katılıyorum	81	68.6	1.42	0.67
	Katılıyorum	25	21.2		
	Kararsızım	12	10.2		
<b>Elektronik ticaret, müşteri ilişkilerini artırır.</b>	Tamamen katılıyorum	78	66.1	1.45	0.79
	Katılıyorum	34	28.8		
	Kararsızım	1	0.8		
	Katılmıyorum	3	2.5		
	Hiç katılmıyorum	2	1.7		
<b>Elektronik ticaret, süreç kalitesini artırır.</b>	Tamamen katılıyorum	75	63.6	1.46	0.69
	Katılıyorum	34	28.8		
	Kararsızım	7	5.9		
	Katılmıyorum	2	1.7		

“Elektronik ticaret sayesinde pazar alanı genişler” sorusuna katılanların oranı %96.6, “E-Ticaret işletmeye gerçek bir rekabet avantajı sağlar” sorusuna %94; “İnternette yer almak işletmenin çevresindeki ve piyasadaki imajını güçlendirir” sorusuna %88.2; “İnternet araştırma ve geliştirme faaliyetleri için gereklidir” sorusuna %99; “E-Ticaret, ticaret kapasitesini artırır” sorusuna %97.5; “E-ticaret/İnternet, işlemleri doğru yapmayı sağlar” sorusuna %89.8; “E-Ticaret, satışların artmasına etki yapar” sorusuna %100; “E-Ticaret ihracat artışı sağlar” sorusuna %89.8; “E-Ticaret, müşteri ilişkilerini artırır” sorusuna %94.9 ve “E-Ticaret, süreç kalitesini artırır” sorusuna ise %92.4 oranında katılmışlardır. Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde e-ticaret yapan işletmelerin özellikle internetin getirdiği yeniliklerden yararlanarak, ticari faaliyetlerde birçok kolaylık ve üstünlük sağladığı anlaşılmaktadır. İşletmelerin E-ticarete yönelik beklentilerine ilişkin bulgular ise Tablo 2’de verilmiştir. Buna göre; e-ticaret yapan işletmelerin %83.9’u gelecek 5 yıl içerisinde e-ticarete daha bağımlı olacaklarını ifade etmişlerdir. Bu oldukça fazla bir orandır ve e-ticaret faaliyetlerinin gelecekte daha fazla artacağını göstermektedir.

**Tablo 2. İşletmelerin E-Ticarete Yönelik Beklentileri**

Özellikler (n=118)		n	%	Ortalama	Standart sapma
<b>Benim şirketim gelecek 5 yıl içinde elektronik ticarete daha bağımlı olacaktır.</b>	Tamamen katılıyorum	23	19.5	1.98	0.65
	Katılıyorum	76	64.4		
	Kararsızım	18	15.3		
	Hiç katılmıyorum	1	0.8		



<b>Çevremizde başarılı uygulamaları görünce bizler de e-ticaret için yatırım kararı verebiliriz.</b>	Tamamen katılıyorum	27	22.9	2.02	0.70
	Katılıyorum	61	51.7		
	Kararsızım	30	25.4		
<b>E-ticaret işimizi kolaylaştırır.</b>	Tamamen katılıyorum	69	58.5	1.50	0.73
	Katılıyorum	43	36.4		
	Kararsızım	4	3.4		
	Hiç katılmıyorum	2	1.7		
<b>E-ticaret tahsilatı ödemeyi kolaylaştırır.</b>	Tamamen katılıyorum	83	70.3	1.35	0.62
	Katılıyorum	31	26.3		
	Kararsızım	3	2.5		
	Hiç katılmıyorum	1	0.8		
<b>E-ticaret pazarın genişlemesini sağlar.</b>	Tamamen katılıyorum	78	66.1	1.41	0.70
	Katılıyorum	36	30.5		
	Kararsızım	2	1.7		
	Hiç katılmıyorum	2	1.7		
<b>E-ticaretin zorunlu hale gelmesi önemlidir.</b>	Tamamen katılıyorum	62	52.5	1.69	0.83
	Katılıyorum	33	28.0		
	Kararsızım	22	18.6		
	Hiç katılmıyorum	1	0.8		
<b>E-ticaret paydaşlarımızın iş modeline uygundur.</b>	Tamamen katılıyorum	43	36.4	1.86	0.85
	Katılıyorum	56	47.5		
	Kararsızım	14	11.9		
	Katılmıyorum	3	2.5		
	Hiç katılmıyorum	2	1.7		

E-Ticaret için yatırım kararı verme noktasında, katılımcı işletmelerin görüşü yine olumlu yöndedir. %74.6'lık bir oran küçümsenmeyecek derecededir. Ancak %25.4 oranındaki kararsızların da dikkate alınması gerekir. Yani yatırım noktasında risk teşkil edecek tereddütlerin ortadan kaldırılması, kararsızların oranını daha aşağılara çekecektir. E-Ticaretin işleri kolaylaştırdığını düşünenlerin oranı %94.9; e-ticaretin tahsilat ve ödemeleri kolaylaştırdığını düşünenlerin oranı %96.6; pazarı genişleteceğini düşünenlerin oranı yine %96.6; e-ticaretin zorunlu hale gelmesini önemli bulanların oranı %80.5; e-ticareti paydaşlarının iş modeline uygun olduğunu düşünenlerin oranı ise %83.9'dur.

Tablo 3'de e-ticaretin güvenli olup olmadığı, devlet desteklerinin yetersizliği, e-ticaretin hukuki altyapısı, çalışanların bilgisayar bilgisi ve donanımı ve internet altyapı eksikliği gibi e-ticaret konusundaki sorunlar tespit edilmeye çalışılmıştır. Katılımcı işletmelerin %61'i e-ticaretin güvenli olduğu konusunda kararsızdırlar. %24,6'sı ise güvenli bulmaktadır. Bu durum e-ticaret konusunda eğitim ve nitelikli e-ticaret personelini gündeme getirmektedir. Bu konuda işletmelerin üniversite ve ticaret odaları ile işbirliği ile eğitim konusunda geliştirilmesi gerektiği değerlendirilmektedir.

**Tablo 3. E-Ticarete Yönelik Engeller**

Özellikler (n=118)	n	%	Ortalama	Standart sapma	
<b>Elektronik ticaret güvenli değildir.</b>	Tamamen katılıyorum	2	1.7	3.10	0.70
	Katılıyorum	15	12.7		
	Kararsızım	72	61.0		
	Katılmıyorum	27	22.9		
	Hiç katılmıyorum	2	1.7		
<b>Devletin elektronik ticareti destekleyici çalışmaları yetersizdir.</b>	Tamamen katılıyorum	5	4.2	2.76	0.72
	Katılıyorum	33	28.0		
	Kararsızım	65	55.1		
	Katılmıyorum	15	12.7		
<b>Elektronik ticaretin hukuki alt yapısı henüz oluşturulmamıştır.</b>	Tamamen katılıyorum	6	5.1	2.63	0.76
	Katılıyorum	46	39.0		
	Kararsızım	52	44.1		
	Katılmıyorum	14	11.9		
	Tamamen katılıyorum	3	2.5	2.86	0.89

Çalışanların bilgisayar bilgileri ve donanımları yetersizdir.	Katılıyorum	46	39.0		
	Kararsızım	35	29.7		
	Katılmıyorum	33	28.0		
	Hiç katılmıyorum	1	0.8		
İnternet altyapı eksikliği vardır.	Tamamen katılıyorum	2	1.7	2.86	0.86
	Katılıyorum	45	38.1		
	Kararsızım	39	33.1		
	Katılmıyorum	31	26.3		
Hiç katılmıyorum	1	0.8			
<b>Toplam</b>		118	100.0		

Aynı kararsızlık, devletin destekleyici çalışmaları konusu için de geçerlidir. Tablo 3’de katılımcı işletmeler, devletin e-ticareti destekleyici çalışmalarının yetersiz olduğu konusunda kararsız kalmışlardır (%55.1). Üstelik %32.2’si bu destekleri yetersiz bulduğunu ifade etmiştir. Katılımcı işletmelerin sadece 12.7’si devlet desteklerinin yeterli olduğu fikrindedir. Kararsızlar da hesaba katılırsa, devlet destekleri konusunda da yetersizlikler ve belirsizlikler olduğu tespit edilmiştir. Kamu kurum ve kuruluşların e-ticarete yönelik çok fazla teşvikleri bulunmaktadır. Ancak bu gelişmeler konusunda bilgilendirme ve eğitim konularında eksikliklerin olabileceği değerlendirilmektedir. E-ticaretin hukuki altyapısı konusunda ise işletmelerin %44.1’i hukuki altyapının henüz oluşturulmadığını; %44.1’i de kararsız olduğunu ifade etmiştir. Bu ise hukuki altyapı eksikliği olduğu kanısını ön plana çıkarmaktadır. Ülkemizde her ne kadar bu konuda çalışmalar yapıyor olsa da, bilişim suçları ve bunlara verilen cezalar konusunda yetersizlikler olduğu bilinmektedir. İşletmelerin %68.7’si, çalışanların bilgisayar bilgileri ve donanımlarının yetersiz olduğu fikrindedir. %28’i ise bu fikre katılmadığını ifade etmiştir. İnternet altyapı eksikliği konusunda ise pek fikir birliği olduğu söylenemez. Çünkü işletmelerin %39.8’i bu konuda eksiklik olduğunu düşünürken, %33.1’i kararsız ve %26.3’ü ise altyapı eksikliği olduğunu düşünmemektedir.

E-Ticaret yapmayan işletmelerin, e-ticaret yapmama nedenleri ve beklentilerini ortaya koymak için, sekiz adet soru yöneltilmiştir. İşletmelerin e-ticaret yapmama nedenleri arasında finansman sıkıntısı olmadığı görülmektedir (%93.4). İşletmelerin %69.9’u ise, ürünlerin internetten pazarlamaya uygun olmadığı için e-ticaret yapmadıklarını ifade etmişlerdir. Bu konuda kararsız kalanların oranı %4.9; bu soruya katılmadığını ifade edenlerin oranı %25.2’dir. İlerde web sayfası olmasını isteyenlerin oranı %58.8; kararsızların oranı %17.6; katılmayanların oranı ise %23.6’dır. Gelecekte web sayfası sahibi olmasını isteyenlerin yanında, kararsızlarla birlikte katılmayanlar dikkate alındığında yaklaşık %41.2’lik bir oran söz konusudur. Bu durumun, e-ticaret ve web konularında yeterli bilgi sahibi olmadıkları değerlendirilmektedir. E-Ticaret yapmayan, dolayısıyla internetle pek işi olmayan işletmelerin %81.3’ünün en kısa sürede internete bağlanmayı düşündüğü görülmektedir. Yine bu görüşe paralel olarak, işletmelerin %87.3 gibi büyük çoğunluğu e-ticaretin faydalarını gördüğünü ifade etmektedir. Ancak bu işletmelerin %69.8’i, e-ticarete tedarikçilerinin yönlendirdiği fikrine katılmamakta ve %77.5 oranında da çalışanların yönlendirdiği fikrine katılmamaktadır. Bunlardan etkilenme olmadığına göre, işletmelerin rakiplerinden etkilenerek veya teknolojik gelişmeleri takip etmek suretiyle, faydasının olduğuna ikna oldukları fikri ağırlık kazanmaktadır. Zaten ‘‘E-ticaret iş yapma kültürümüzün ayrılmaz bir parçası haline geldi’’ sorusuna işletmelerin %69.8’inin olumlu cevap vermesi bu durumu desteklemektedir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

E-ticaret hacmi ve önemi hızla artmaktadır ve ülke ekonomilerine çok ciddi katkılar sağlamaktadır. Elektronik ticaretin ülkemizde de yaygınlaştırılarak istenilen seviyeye gelmesi için e-ticaretin önündeki engellerin tespit edilmesi ve işletmeleri e-ticarete yönlendirilecek teşvik ve eğitim programlarına hız verilmesi önem arz etmektedir. Bu kapsamda ülkemizde e-ticaret ile ilgili mevcut durum ve sorunların tespit edilerek çözüm üretilmesi son derece önemlidir.

Kahramanmaraş’taki firmalar içerisinde e-ticaret yapanların oranı (%39.3), gelişmiş ülkelerdeki değerlerin altında; az gelişmiş ülkelere göre daha iyi durumdadır. Ülkemizde internet kullanımı organizasyonlar ve şahıslar noktasında yaygın olmasına rağmen, bu durum e-ticaret rakamlarına yansımamaktadır. İşletmeler e-ticareti gelecekteki iş modeli olarak görmektedirler ve ilerleyen yıllarda daha çok bağımlı hale geleceklerini düşünmektedirler. Bu durum işletmelerin e-ticarete yönelik düşüncelerinin olumlu olduğu ve ilerleyen dönemlerde e-ticareti daha fazla kullanacakları anlamına gelmektedir. E-ticaret yapmayan firmalar, ürünlerinin internet üzerinden pazarlamaya uygun olmadığı gerekçesiyle faaliyetlerini geleneksel yöntemlerle gerçekleştirmektedirler. Ayrıca işletmeler e-ticaret faaliyetinin gerçekleştirilmesinde finansman yetersizliğini sorun olarak görmemektedir. Firmaların satış artırmaya yönelik, alışveriş kolaylığı, perakende/toptan satışlar, rekabet avantajı, maliyet düşüklüğü gibi çok fazla avantaj sağladığı çalışma ile desteklenmiştir. İşletmeler e-ticaretin tüm sektörlerde ihracatı artırdığını düşünmektedirler.

İşletmelerin e-ticaret ile ilgili engel olarak e-ticarete yönelik güven eksikliği, devlet desteklerinin yetersizliği, hukuki altyapı yetersizliği ve çalışanların bilgi ve donanım eksikliği gibi konular tespit edilmiştir. Katılımcı işletmelerin %61'inin e-ticaretin güvenli olduğu konusunda kararsız, %24,6'sı ise güvenli bulmaktadır. Bu durum e-ticaret konusunda eğitim ve nitelikli e-ticaret personelini gündeme getirmektedir. Bu konuda işletmelerin üniversite ve ticaret odaları işbirliği ile eğitim konusunda geliştirilmesi gerektiği değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak, e-ticaretin önündeki engellerin kaldırılmasıyla e-ticaret hacmi artacaktır. İşletmelerin e-ticaret konusunda bilgilendirilmesi, nitelikli personel yetiştirilmesi ve eğitim faaliyetleri ile ilgili üniversite, sanayi ve ticaret odaları ile işbirliği geliştirilmelidir. Ayrıca e-ticaretin yaygınlaşması ile ilgili kamu kurum ve kuruluşlarının sağlamış olduğu destekler konusunda üniversiteler, sanayi ve ticaret odaları belirli aralıklarla bilgilendirme toplantıları ve kurslar düzenleyerek sürece katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

## KAYNAKÇA

- Akgül, Birol(2004). *Elektronik Ticaretin Kalkınma Üzerine Etkileri*. Doktora Tezi Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Konya.
- Altınok R. Ahmet(2008). *Elektronik Ticaretin KOBİ'ler Açısından Uygulanabilirliği:Ankara Örneği*. Doktora Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat ABD, Aydın.
- Altun, Ayşen(2005). *Elektronik Ticaretin Ekonomik Etkilerinin Gelişmiş Ülkeler ve Türkiye Açısından Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.
- Barut, Gül(2010).*Elektronik Ticaretin Yaygınlaşması,Kobiler ve Türkiye Ekonomisi'ne Etkileri*.Yüksek Lisans tezi,TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme ABD, Ankara.
- Betz, Jürgen(2013). *Die Akzeptanz des E-Commerce in der Automobilwirtschaft: Ausmass, Konsequenzen und Determinanten aus Sicht von Neuwagenkäufern*, Springer-Verlag.
- Bulut, Z. Atıl, Öngören, Burçin ve Engin, Kemal(2006). *KOBİ'lerde Elektronik Ticaret Kullanımı: İstanbul Örneği*. Doğu Üniversitesi Dergisi7(2), s 150-161.
- Çak, Murat (2002). *Dünya'da ve Türkiye'de Elektronik Ticaret ve Vergilendirilmesi*. İTO Yayınları, Yayın no:2002-6, İstanbul.
- Dollmayer, Thomas(2001). *Characteristika der Internetökonomie unter besonderer Berücksichtigung der Strategien im E-Commerce*. Diplomarbeit, Fachhochschule Nürtingen, Sommersemester.
- Elibol, H. ve Kesici, B. (2004), *Çağdaş İşletmecilik Açısından Elektronik Ticaret*, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 11, S.303-329
- Fidanlıgül, Kadir (2006). *Elektronik Ticaretin Gelişen Bir Pazarlama ve Dağıtım Kanalı Olarak Mal ve Hizmet Piyasalarına Etkisi*.Yüksek Lisans Tezi, Kadir Has Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme ABD. İstanbul.
- Gora, Walter und Mann, Erika(2013). *Handbuch Electronic Commerce: Kompendium zum elektronischen Handel*. Springer-Verlag.
- Güler, Emre (2010). *İşletmelerin Yabancı Pazara Girişte Elektronik Ticaret ve Endüstriyel Pazar(B2B) Uygulamaları*.Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme ABD, Uluslararası İşletmecilik Programı, İzmir.
- Güleş, H.Kürşat, Bülbül, Hasan ve Çelebi, Ali (2002). *Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi İşletmelerinde Elektronik Ticaret Uygulamaları*. Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, s.463-482, Konya.
- İyiler Zeynep (2009). *Elektronik Ticaret ve Pazarlama*. Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi, Ankara
- Kırım, Arman (2009). *Yeni Dünya'da Strateji ve Yönetim (8.Baskı)*. İstanbul: Sistem Yayıncılık.
- Koçak, Orhan (2010).*Elektronik Ticaretin İstihdama Etkileri*. Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi, Sayı 50, s .456-478.
- Kırcova, İbrahim (2001). *İşletmelerarası Elektronik Ticaret*. İstanbul Ticaret Odası(İTO) Yayınları, Yayın no: 2001-32, İstanbul.
- Kurth, Sascha (2011). *E-Commerce-Bedeutung des Absatzkanals für das strategische Management*. Bachelorarbeit. Fachhochschule Münster.
- Opuchlik, Adam (2006). *E-Commerce-Strategie: Entwicklung und Einführung*. BoD-Books on Demand.
- Özgener, Şevki (2004). *KOBİ'lerin E-Ticarete Karşılaştıkları Sorunların Çözümüne Yönelik Alternatif Stratejiler*. Erciyes Üniversitesi, Nevşehir İİBF Dergisi, Cilt 6, Sayı 22, s.167-181.
- Öztürk, Lütfi ve Başar, Selim(2002). *Yeni Ekonomi ve Elektronik Ticaret: Dünya'daki Gelişmeler ve Türkiye Açısından Bir Değerlendirme*. Atatürk Üniversitesi İİBF Dergisi, Cilt 16, Sayı 3-4, s.11-30.

- Pençe ,M. Seyfettin (2014). *Türkiye-Avrupa Birliği Dış İlişkileri Açısından Elektronik Ticaret*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası Ticaret Hukuku ABD, İstanbul.
- Picot, Arnold, Heger, K.Dominik und Neuburger, Rahild (2001). *Der elektronische Handel-Potentiale für Unternehmen*. ifo Schnelldienst, 54(6), s.19-26.
- Stallmann, Franziska und Wegner, Ulrich (2014). *Internationalisierung Von E-Commerce-Geschäften: Bausteine, Strategien, Umsetzung*. Springer-Verlag.
- Tekin, Mahmut, Güleş, H. Kürşat ve Öğüt, Adem (2010). *Değişim Çağında Teknoloji Yönetimi(5.Baskı)*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Tekin, Mahmut ve Zerenler, Muammer (2012). *Pazarlama.(1.Baskı)*. Konya: Günay Ofset.
- Tekin, Mahmut ve Ömürbek, Nuri (2013). *Küresel Rekabet Ortamında Teknolojik İşbirliği ve Otomotiv Sektörü Uygulamaları(8.Baskı)*.Konya: Günay Ofset.
- Wölfle, Ralf und Leimstoll, Uwe (2012). *E-Commerce-Report 2012. Eine Studie zur Entwicklung des Schweizer E-Commerce*, Institut für Wirtschaftsinformatik(IWI).
- WTO (World Trade Organization), (1998), “Understanding the WTO:Cross-Cutting And New Issues. ‘Electronic commerce’” [https://www.wto.org/english/thewto\\_e/whatis\\_e/tif\\_e/bey4\\_e.htm](https://www.wto.org/english/thewto_e/whatis_e/tif_e/bey4_e.htm). Erişim Tarihi: 30.05.2018.

## SOSYAL MEDYANIN BLOCKCHAIN TABANLI DÖNÜŞÜMÜ VE ALTERNATİF SOSYAL MEDYA ARAÇLARI

Kazım Selçuk Tuzcuoğlu  
Bahçeşehir Üniversitesi

Samet Ensar Sarı  
Altavia Communications Group

### ÖZET

Blockchain Teknolojisi, aslında merkezi kontrolden uzak bir algoritma olarak birçok farklı alanda güvenlik amacıyla kullanılabilir. Milyarlarca insanın kişisel verilerini paylaştığı Sosyal Medya da son dönemde güvenlik açıkları ile gündeme gelmektedir. Sosyal Medya'daki verilerin kullanılmasını önlemek amacıyla Blockchain Teknolojisi'nden yararlanılmaya başlanması yeni bir uygulamadır ve bu teknolojiyi kullanan Nexus, Indorse, Synereo gibi yeni Sosyal Ağlar hızla gelişme göstermektedir. Bu araştırmanın amacı, Blockchain altyapısını kullanan Sosyal Medya sitelerinin incelenmesi ve bir pazarlama iletişimi aracı olarak Sosyal Medya'yı kullanan ajans ve şirketlerin bu teknolojiye yaklaşımlarını ortaya koymaktır. Araştırmanın yöntemi olarak önce Blockchain Teknolojisi ve bunu kullanan Sosyal Medya siteleri incelenmiş, ardından sektör yöneticileri ile kapsamlı bir derinlemesine mülakat süreci gerçekleştirilmiştir. Görüşülen uzman ve yöneticiler Sosyal Medya'nın en büyük sıkıntısının güvenlik açıkları olduğunu ve kişisel verilerin korunması konuları olduğunu vurgulamış, Blockchain Teknolojisi'nin devreye girmesi ile kullanıcıların daha fazla kişisel veriyi paylaşacaklarını ve bunun da pazarlama iletişimi çalışmalarında çok daha etkin sonuçlar alınmasını sağlayacağını belirtmişlerdir.

*Anahtar Sözcükler: Sosyal Ağlar, Blockchain, Kişisel Veriler, Güvenlik.*

### BLOCKCHAIN BASED TRANSFORMATION OF THE SOCIAL MEDIA AND THE ALTERNATIVE TOOLS OF THE SOCIAL MEDIA

### SUMMARY

As a decentralised algorithm Blockchain Technology is used in many different areas for security purposes. Social Media, where many billion people share their personal data is also at the agenda of the business world with the security discussions. Using the Blockchain Technology to avoid the misuse of the personal data by Social Media is a new practice and the new social platforms using this technology like Nexus, Indorse, Synereo are developing in a very fast way. The aim of this research is analysing the social media platforms using Blockchain Technology and understanding the attitudes of the companies and digital agencies using social media as a communication tool.

As the research methodology we first made a literature review about Blockchain Technology and social networks using this technology, and then conducted extensive in depth interviews with the representatives of the industry. Experts and managers emphasized that the biggest problems of the industry are the safety deficits of the social media and the protection of the personal data. They expect that people using social media will share more private data about themselves after securing the protection of the data through Blockchain Technology and therefore they hope to achieve more efficient results in marketing communication.

*Key Words: Social websites, Blockchain, Personal Data, Security.*

## 1. Blockchain Teknolojisinin Esasları

Blockchain, bir bilgisayar ağı üzerinden dağıtılan bağımsız bir dijital veritabanıdır. “Madencilik” adı verilen bir sistem aracılığıyla, para transferi gibi her işlem, daha sonra doğrulanmış işlem zincirine eklenen bir blokta depolanır. Her bir blokta tutulan kayıtlar, kriptografi ile korunmakta, bunları kaldırmak veya düzenlemek imkansız hale gelmektedir. Bu zincir, blockchain'e katılan her bilgisayarda saklanır ve güncellenir. Tüm işlemlerin bir aracı tarafından yürütüldüğü ve işlemlerin doğrudan alıcıdan alıcıya işlenmesini ve dijital imza ile güvenli bir şekilde tanımlanabilmesini sağlayan bir “eşler arası” modele sahiptir (Zyskind & Nathan, 2015).

Blockchain, herhangi bir kişi tarafından kontrol edilmemekte ancak birkaç katılımcı tarafından elde tutulduğu anlamına gelmektedir. Bu, bilginin kaydedildiği güvenilir bir hesap kaydının, birbirini tanımayan, hatta güven duymayan kişilerin varlığı ile de ortaya çıkabileceğini göstermektedir (The Economist, 2015). Mülkiyet hakları ve sanal para birimi işlemleri gibi her türlü maddi olmayan bilgi bu blokta depolanabilir. Bilginin herkese açık ve irdelenmeye karşı korumalı olması, blok zincirinin gerçeği koruyan ve şeffaf bir yapı olmasını sağlar. Blok zincirinin üç temel niteliği, ortak, güvenilir ve kamusal olmasıdır (The Economist, 2015).

Bloklar halka açık olsa da aynı zamanda güvenilirlerdir. Blok zincirinin güvenliğini artıran en az iki faktör vardır. İlk olarak, güvenilirlik şifreleme ile ilişkilidir. Kimse, hangi madencinin bulmacayı bir sonraki veya herhangi bir zamanda güncelleştireceğini ve çözeceğini tahmin edemez. İkincisi, zaman geçtikçe güvenilirlik artırılmıştır. İşlem geçmişini çözmek için bir girişimde bulunacak ve sonuç olarak, kurcalanmış bloğun karma değeri farklı olacak ve artık aşağıdaki bloklarla eşleşmeyecektir (Zyskind & Nathan, 2015).

## 2. Blockchain Teknolojisinin Sosyal Medyaya Uygulanması

Facebook gibi sosyal medya şirketleri, bilgileri hiper-kişiselleştirilmiş bir şekilde sunan ürünler yaratmışlardır. Haber akışında görülen bilgiler, hesap sahibinin kim olduğuyla ilgili olarak daha fazla kişiselleştirilmiş durumdadır. İnsanlar kişisel inançları güçlendiren bilgileri severler ve önceden var olan kavramlara meydan okuyan bilgilere karşı isteksizdirler. Girişimciler için bu, Facebook'un hedefli reklamlarının daha akıllı ve daha güçlü hale geleceği araçlar anlamına gelmektedir (Gibbons, 2017).

Güvenlik zaafı haberleri Facebook hisselerinde bir dönem oldukça fazla düşüşe sebep olmuştur. Bu durum güven kaybına yol açmıştır. Öte yandan eleştirmenler kullanıcı bilgilerini korumak hususunda Blockchain'in potansiyelini ileri sürer hale gelmiştir.

Bu bağlamda blockchain kullanıldığında bilgilerin tek bir kurum ya da kişinin kontrolünde olmaması cazip hale gelmiştir (<https://coin-turk.com/blockchain-tabanlı-sosyal-medyalar-daha-guvenli-olabilir>, Erişim tarihi: 13.02.2018).

Blockchain teknolojisi, müşteri tecrübesi açısından birçok yenilik getireceği kanısını artırmakta ancak sektörün ileri gelenleri dahi bu etkinin ne yönlü olacağını kestirememektedir.

Şifre ve kimlik hırsızlığına karşı olan bu teknolojilerinin karmaşık yapısı özellikle pazarlamacılar için zorlayıcı bir dönemin işareti sayılmaktadır.

Bunun sebebi ise blockchain'in ortaya çıkardığı anonimliğin müşteriyi tanımayı zorlaştırmasıdır (<https://www.pisano.com/tr/blog/nesnelerin-interneti-blockchain-ve-digerleri-2018de-musteri-deneyimi-trendleri>, Erişim tarihi: 10.02.2018).

## 3. Blockchain Tabanlı Sosyal Ağlar

Son yıllarda halihazırdaki tanınmış sosyal ağların güvenlik dezavantajını gözönünde bulunduran bazı girişimciler blockchain tabanlı sosyal ağlar geliştirerek kullanıma açmış durumdadır. Aşağıda bu sosyal ağların en tanınışları kısaca tanıtılmıştır.

### 3.1. Nexus

Nexus, yeni nesil bir sosyal ağ girişimidir. “Sociall” isimli platformu doğurmuştur... Tüm veriler ve yüklemeler mevcut sosyal medya sitelerindeki gibi merkezi sunucular yerine blok zincirinde bulunmaktadır. En gelişmiş güvenlik ve gizlilik özelliklerini sunmayı hedefleyen bir yapı tasarlamayı vaad etmektedir. Tüm verileri ve yüklemeleri yerinden yönetim ve şifreleyerek gizliliği üst seviyeye çıkarmayı ve sosyal ağ kullanıcı kişilerin arasındaki mesajlaşmalarda Nexus’un veriyi görmemesini sağlayan bir yapı kurmaktadır. Tüm verilerin ve multimedyanın merkezileştirilmiş sunucular yerine blok zinciri üzerinde depolandığı tam merkezsiz bir sosyal ağ fikrinden ortaya çıkmıştır ([www.nexus.com](http://www.nexus.com), Erişim tarihi: 15.03.2018).

### 3.2. Indorse

Indorse, verilerin sahiplerine veya sahiplerin verilerini yönetmesine çalışmaktadır. Bu platform, üyelerinin içeriklerine katkıda bulunur ve içerik için ödüllendirir. Ademi merkezilikle platform, veri sahiplerine bunun üzerinde daha fazla kontrol sağlamaktadır ([www.indorse.com](http://www.indorse.com), Erişim tarihi: 20.03.2018).

### 3.3. Synereo

Synereo, içerik yayıncılığı ve dağıtımının geleceğini değiştirerek, ağı herhangi bir yerde yayınlanan, orijinal içeriğin doğrudan para kazanmasına izin veren, blockchain etkin Attention Economy çözümleri geliştiren bir şirkettir. Synereo, 2014 yılında Dor Konforty, Anderson McCutcheon, Yuval Adam ve Lucious Greg Meredith tarafından kurulmuştur. Eylül 2016’da, Synereo, Synereo’nun blok zincirinin üzerinde merkezi olmayan bir internet kurmak için Silikon Vadisi’nin açılış hızlandırıcısı NFX’le bir ortaklık kurmuştur. Çıkardıkları ilk sosyal medya aracı Wildspark’tır ([www.synereo.com](http://www.synereo.com), Erişim tarihi: 22.03.2018).

### 3.4. Steemet

Steemet, yayıncılara yönelik Steem blockchain tabanlı ödül platformunu kullanan bir blog ve sosyal ağ sitesidir. Steem blockchain içerik yayınlamak, keşfetmek ve yorumlamak için elde edilen alım satım tokenları olan Steem ve Steem Dollars üretir. Kullanıcı hesapları, Reddit gibi diğer blog web sitelerine veya sosyal haber sitelerine benzer gönderiler ve yorumlar alabilir, ve indirilen yazarlar, Steem ve Steem Dolar olarak adlandırılan ABD doları cinsinden belirteçler olarak bir kripto para birimi simgesiyle parasal bir ödül alabilirler. İnsanlar ayrıca popüler içeriklerin küratörlüğünü yapmak (keşfetmek) için de ödüllendirilir ([www.steemet.com](http://www.steemet.com), Erişim tarihi: 25.03.2018).

## 4. Sosyal Medyanın Sorunları ve Sosyal Ağların Blockchain Tabanlı Dönüşümü Hakkında Araştırma

Genel olarak sosyal medya, Blockchain teknolojisi ve Blockchain tabanlı sosyal ağlarla ilgili kaynak taramasının ardından Türkiye’deki durumun da bir analizini yapabilmek için birincil veri kaynaklarından yararlanmayı amaçlayan araştırma daha yapılmış ve derinlemesine mülakat yöntemi ile sektör uzmanlarının görüşlerine başvurulmuştur.

### 4.1. Araştırmanın Yöntemi

Bu araştırma derinlemesine mülakat yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Derinlemesine mülakat, “araştırılan konunun bütün boyutlarını kapsayan, daha çok açık uçlu soruların sorulduğu ve detaylı cevapların alınmasına imkan veren, yüz yüze, birebir görüşülerek bilgi toplanmasını sağlayan bir veri toplama yöntemidir” (Tekin, 2006).

## 4.2. Araştırmanın Örneklemi

Bu araştırmanın evrenini sosyal medyaya yatırım yapan şirketlerin yöneticilerinin, ajansların ilgili yöneticilerinin ve teknoloji geliştiricilerin olduğu bir ekip oluşturmaktadır. Bu ekipte çalışanlar arasından seçilen 10 kişi de örnekleme teşkil etmektedir.

## 4.3. Verilerin Toplanması

Bu araştırmada bankada çalışan dijital projeler yöneticisi, teknoloji şirketinde çalışan pazarlama müdürü, dijital iletişim ajansında çalışan direktör, blockchain eğitmeni, sosyal medya ve blockchain uygulamaları yapan yazılımcı ve sosyal medya ajansı sahibi gibi değişik meslek gruplarından 10 kişiyle mülakat yöntemiyle görüşmeler yapılarak veriler elde edilmiştir. Veri toplama aracı olarak 12 sorudan oluşan bir soru setinden faydalanılmıştır. Görüşülen kişilerin isim, kurum ve ünvanları aşağıdaki listede paylaşılmıştır.

Görüşülen Kişi	Kurum ve Pozisyon
A. Daci	Garanti Bankası New Digital Business Leader
H. Öztürk	Blockchain Developer
A. Yılmaz	Satoshi Ratings Kurucusu
C. Tümer	Turkcell Sr. Marketing Manager
H. Uyar	Ahtapot Sosyal Medya Ajansı Başkanı
B. Ertuğrul	Altavia Dekatlon Dijital İletişim Direktörü
B. Kocaman	Blockchain Türkiye Platformu Yöneticisi ve Eczacıbaşı Topluluğu'nda Danışman
M. Özgür	Ernst&Young Advisory Manager ve Türkiye Bilişim Vakfı Yönetim Kurulu Üyesi
A. Yazıcı	Amorf Reklam Ajansı Kurucusu
H. Özkömürcü	Growth Hacker

## 4.4. Araştırmanın Bulguları

Görüşülen uzmanlar;

1. Özellikle Facebook' un sürekli mecra dinamiklerinde yarattığı değişikliklerden, kişiler verilerin korunmasına özen göstermemesinden, kullanıcılardan bağımsız olarak koyduğu kurallardan ve yarattığı tekel odaklı alan kısıtlamalarından rahatsız olduklarını belirtmişlerdir.
2. Blockchain teknolojisinden, bunun sosyal medya iletişimine uygulanabilirliğinden ve blockchain tabanlı sosyal ağlardan haberdardır. Fakat teknolojinin kullanımı henüz çok yeni olduğu ve bu sosyal ağları kullanan fazla kullanıcı olmadığı için bilgilerinin fazla olmadığını itiraf etmişlerdir. Benzer şekilde müşterilerinin de bu konuda fazla bilgi sahibi olmadıklarını belirtmişlerdir.
3. Yeni yeni ortaya çıkan blockchain tabanlı sosyal ağların, doğru kullanıcı deneyimi yaratmaları ve mevcut ağlardan olan farklarını belirgin bir şekilde ortaya koymaları gerektiğini vurgulamış aksi taktirde başarılı olamayacaklarına inandıklarını belirtmişlerdir. Buna karşılık şu anda çok popüler olan sosyal ağların blockchain tabanlı yapıya geçeceklerini ve bu sistemin avantajlarından yararlanarak yeni ortaya çıkmaya çalışan sosyal ağlara imkan vermemek için direneceklerini belirtmişlerdir.
4. Blockchain tabanlı sosyal ağların kullanımının yaygınlaşmasının ne kadar zaman alacağı konusunda teknolojiden çok, “kullanıcılar davranışlarını değiştirme isteği” nin etkili olacağını düşünmektedirler.
5. Sosyal ağların; kullanıcıların hayatlarına katkıda bulunduğu oranda benimsendiğini, blockchain tabanlı ağların da kullanıcılar tarafından deneyimlenip, memnun kaldıkça markalar tarafından iletişim ortamı olarak tercih edileceğini belirtmişlerdir.



6. Blockchain teknolojisinin sosyal medya alanında “devrim yaratacağına” inandıklarını söylemiş, güvenlik ve mahremiyet sorunları çözüldükçe sosyal medyanın Blockchain’ den ayrı düşünülemez hale geleceğini belirtmişlerdir. Ama bunun için sistemin biraz daha olgunlaşmasına ihtiyaç olduğunu açıklamışlardır.

7. Şu anda popüler olan sosyal ağların Blockchain altyapısına direnme güçlerinin olamayacağına ve reklamveren ve ajansların sosyal ağları bu konuda zorlayacağına inandıklarını belirtmişlerdir.

8. Blockchain teknolojisinin hem genelde, hem de sosyal medyanın güvenlik zafını ortadan kaldırıp kullanıcı sayısını artırma yönünde başarılı olacağına inandıklarını açıklamışlardır.

9. Artık kullanıcıların kendi verilerinin; petrol gibi paha biçilebilir bir madde olduğunu ve bunun kontrolünün da kendisine ait olduğunu daha iyi anladığı noktada, blockchain gibi metotlarla güçlendirilmiş sosyal medyaya daha fazla ilgil göstereceklerini belirtmişlerdir.

10. Daha önceleri kendi ürettikleri içerikleri gönüllü ve bedelsiz olarak sosyal medya platformlarında paylaşmaya istekli olan kullanıcıların, önümüzdeki dönemde bu içerik üretim ve paylaşımları için de bir karşılık istemeleri beklemektedirler. Böylelikle kısa bir süre içerisinde sosyal medyadaki tüm gelir planlarının değişmesi beklenmektedir.

## 5. Sonuç ve Öneriler

Sosyal medya, günümüzün en etkili iletişim aracıdır. İnsanlar, sürekli güncellenmesi, karşılıklı etkileşime açık olması sebebiyle hayatının birçok alanda sosyal medyayı kullanmaktadır.

Sosyal medyanın hayatımızda aldığı yeri ve önemi düşünüldüğünde çeşitli sosyal ağlara mensup olmak oldukça kritik hale gelmektedir. Bu sosyal ağların değeri, bıraktığımız dijital ayak izleri ile meydana gelmekte imal edilen dijital değer de ilgili ağın ana sahiplerine gitmektedir. Blok Zinciri’nde ise meydana getirilen değer, ağ kullanıcılarına katkılarına orantılı biçimde dağılmaktadır. Yani bu oluşumda, sosyal medyaya mecralarında ortaya çıkarılan dijital ayak izleriyle, ilgili mecraya katkıda bulunduğu için kazanç sağlanabilmektedir.

Blockchain, merkezi olmayan bir mimaridir ve Bitcoin ve diğer kripto para birimlerinin altında yer alan dağıtık bir hesaplama paradigmasıdır ve yakın zamanda hükümetlerden, finans kurumlarından, yüksek şirket girişimlerinden ve sermaye piyasalarından yoğun ilgi görmüştür. Blockchain’ in kilit avantajları arasında ademi merkezilik, zaman dizisi verileri, toplu bakım, programlanabilirlik ve güvenlik yer almaktadır ve bu sayede programlanabilir bir para sistemi, finansal sistem ve hatta makroskobik toplumsal sistemin oluşturulması için özellikle uygundur.

Geleneksel teknolojinin kullanıldığı sosyal medya sistemlerinde bazı sorunlar yaşanmaktadır. Bunlar arasında; hem reklam verenleri hem de etkileyicileri yeterince denetleyememe ve yüksek oranda sahtekârlık ile sonuçlanma, küçük ve orta ölçekli işletmelere ve yeni etkileyicilere giriş için engel oluşturma gelmektedir. Ayrıca sosyal medyada pazarlama programlarının yönetilmesi, şirket içinde ele alındığında zaman alıcıdır ve bu durum büyük bir etki yaratıcı ağıyla çalışmayı zorlaştırmaktadır.

Blockchain teknolojisi ise günümüz sosyal mediasındaki problem alanlarına çözümler sunmaktadır. Şeffaflığı ve değişmezliği, her bir tarafın bir işlemde neyin ne yaptığını ve ne kadar iyi yaptığını tam olarak bilmesini sağlamaktadır. Diğer bir deyişle, etkileyicilerin sosyal medya pazarlama çabalarında şirketlere yardım etmeleri için güvenli bir yol bulunacak ve bu şirketler etkileyicilerle daha verimli bir şekilde işbirliği yapabilecek ve pazarlama kampanyalarının etkinliğini daha iyi değerlendirebileceklerdir.

Sosyal medya ile ilgili de alternatif blockchain tabanlı sosyal medya teknolojilerinde bir dönüşüm yaşanmaktadır. Bu sosyal medya mecralarının artmasıyla birlikte sosyal medya kullanımının daha güvenli bir hale getirilmesi için harekete geçilecek ve gizliliğin korunması önceliklendirilecektir.

Blockchain teknolojisi kullanımının getirdiği avantajlar rekabet alanlarını artırmakla birlikte bu teknolojinin yayılmasını kolaylaştırmaktadır. Blockchain teknolojisi pek çok ülkedeki sigorta, bankacılık, kamu gibi güvenliğin ön planda olduğu yerlerde kullanılmaya başlamıştır.

Sosyal medyada yer alan en güçlü ve otorite sahibi şirketler blockchain tabanlı dönüşüme zorlanmakta ve bunla ilgili yeni iş ve medya modelleri geliştireceklerdir. Bununla ilgili şirket içinde yaptıkları yatırımlar ve ekip kurulum çalışmaları bunu göstermektedir.

Mevcut sosyal medya kanallarında gizlilik odaklı yeni ürünler ve imkanlar kullanıcılara sunulacaktır. Aksi takdirde yeni nesil blockchain tabanlı sosyal mecraların yaratabileceği etki hızla artacaktır. Mevcut sistemdeki verilerin gizliliği ve veri ihlalleriyle ilgili çeşitli yeni krizlerin çıkma ihtimali her geçen gün daha fazla görülecektir.

Bu araştırmanın sonucunda sektörde yeralan girişimci şirket ve ajanslara aşağıdaki önerileri tavsiye ediyoruz:

- i. Blockchain tabanlı alternatif sosyal medya platformlarının geliştirilmesi teşvik edilmelidir.
- ii. Ülkemizde Blockchain tabanlı sistemlerin yaygınlaştırılması denetim, sigortacılık, bankacılık gibi alanlarda riskleri azaltacak ve sosyal medya ile daha fazla entegre hale getirecektir.
- iii. Ülkemizin bilgi teknolojileri alanında dünyada rekabet edebilmesi için firmalar tarafından blockchain teknolojilerinin geliştirilmesi teşvik edilmelidir.
- iv. Günümüzde en önemli yatırım insana yapılan yatırımdır. Bilim Sanayi Bakanlığı ve Tübitak önderliğinde yazılım konusunda yetenekli gençlerin yetiştirilerek Türkiye'nin dünyadaki en önemli blockchain tabanlı yazılım merkezlerinden biri haline getirilmesi yolunda çalışmalar yapılmalıdır. Bu sayede yeni üretilecek yazılım ve teknolojilerle Türkiye'nin ihracat potansiyeli artacak ve ülke ekonomisi kalkınacaktır.
- v. Ülkemizde Blockchain tabanlı yeni teknolojiler kullanılarak alternatif sosyal medya mecraları geliştirilmeli ve bu kanal ülkenin varoluş ve güvenlik hedefleri için iyi bir şekilde kullanılmalıdır. Bilimsel anlamda da akademisyen meslekdaşlarımıza tavsiyemiz, sosyal medyanın Blockchain tabanlı dönüşümünün sosyal medya kullanıcıları tarafından nasıl karşılanacağını araştırmasıdır. Blockchain' in getireceği güvenlik garantisinin, kullanıcılar tarafından daha fazla kişisel verinin paylaşımına yeterli olup olmayacağı ve ürettikleri içerik için para ödemesi durumunda daha fazla paylaşım yapıp yapmayacakları araştırılabilecek konuların başında gelmektedir.

## Kaynakça

- Abrahams, A. S., Jiao, J., Wang, G. A., & Fan, W., 2012. Vehicle defect discovery from social media. *Decision Support Systems*, 541, 87-97.
- Alikılıç Ö. ve Onat, F. 2007. Bir Kurumsal Halkla İlişkiler Aracı Olarak Kurumsal Bloglar. *Yaşar Üniversitesi Elektronik Dergisi*, Vol. 8 2, 899-927.
- Andersen, P. 2007. What is Web 2.0?: ideas, technologies and implications for education Vol. 1, No. 1, pp. 1-64. Bristol: JISC.
- Baliga, A. 2017. Understanding blockchain consensus models. Tech. rep., Persistent Systems Ltd, Tech. Rep.
- Baurle, N, 2018. What are Blockchain's Issues and Limitations? Cited 22.2.2018, <https://www.coindesk.com/information/blockchains-issues-limitations/>, Erişim Tarihi: 17.04.2018.
- Biswas, K., & Muthukkumarasamy, V. 2016, December. Securing smart cities using blockchain technology. In *High Performance Computing and Communications; IEEE 14th International Conference on Smart City; IEEE 2nd International Conference on Data Science and Systems HPCC/SmartCity/DSS*, 2016 IEEE 18th International Conference on pp. 1392-1393. IEEE.
- Blockchain 2018, <http://www.blockchain.org.tr/blockchain-felsefesi-merkezi-olmayan-onay-konsensus-sistemi/> Erişim Tarihi: 27.04.2018
- Böhme, R., Christin, N., Edelman, B., & Moore, T. 2015. Bitcoin: Economics, technology, and governance. *Journal of Economic Perspectives*, 29(2), 213-38.
- Cachin, C. 2016, July. Architecture of the Hyperledger blockchain fabric. In *Workshop on Distributed Cryptocurrencies and Consensus Ledgers*.
- Cheng, J., Wang, Y., Li, Y., Yang, Y., & Dou, J., Zeng, M., 2017. Primarily research for multi module cooperative autonomous mode of energy internet under blockchain framework. *Proceedings of the CSEE*, 37(13), 3672-3681.
- Coin-turk 2018, <https://coin-turk.com/blockchain-tabanlı-sosyal-medya-daha-güvenli-olabilir>, Erişim Tarihi: 27.04.2018
- Duggan, M. 2015. Mobile messaging and social media 2015. Pew Research Center, 19, 2015.
- Gibbons, S. & Hiebert, R. A., 2017. *Exploring mass media for a changing world*. Routledge.
- Gori P, Parcu PL, Stasi ML 2015) *Smart Cities and Sharing Economy*, vol 96, Robert Schuman Centre for Advanced Studies Research Paper No. RSCAS.
- Indorse kurumsal İnternet sayfası, indorse.com, Erişim Tarihi: 20.03.2018
- Kaplan, A. M., & Haenlein, M. 2010. Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media. *Business horizons*, 53(1), 59-68.
- Kietzmann, J., Hermkens, K., McCarthy, I. and Silvestre, B., 2011. Social media? Get serious! Understanding the functional building blocks of social media. *Business Horizons*, 54(3), pp.241-251.
- Lipsman, A. 2011. The network effect: Facebook, LinkedIn, Twitter & Tumblr reach new heights in May. comScore.
- Liu, R., Ooi, B. C., & Tan, K. L. Dinh, T. T. A., Wang, J., Chen, G., 2017, May. Blockbench: A framework for analyzing private blockchains. In *Proceedings of the 2017 ACM International Conference on Management of Data* pp. 1085-1100. ACM.

- Mougayar, W. 2016. The business blockchain: promise, practice, and application of the next Internet technology. John Wiley & Sons.
- Nexus Kurumsal İnternet sayfası, [www.nexus.com](http://www.nexus.com), Erişim Tarihi: 15.03.2018.
- Onat, Y. D. D. F., & Alikılıç, Ö. A. 2008. Sosyal ağ sitelerinin reklam ve halkla ilişkiler ortamları olarak değerlendirilmesi. Journal of Yaşar University, 39.
- Pisano 2018, <https://www.pisano.co/tr/blog/nesnelerin-interneti-blockchain-ve-digerleri-2018de-musteri-deneyimi-trendleri/> Erişim Tarihi: 27.04.2018
- Steem 2018, <https://steem.io/steem-whitepaper.pdf>, Erişim tarihi 10.05.2018.
- Synereo Kurumsal İnternet sayfası, [www.synereo.com](http://www.synereo.com), Erişim Tarihi: 22.03.2018.
- The Economist 2015, <https://www.economist.com/special-report/2015/05/09/the-next-big-thing>, erişim tarihi: 09.05.2015
- Zyskind, G., & Nathan, O. 2015, May. Decentralizing privacy: Using blockchain to protect personal data. In Security and Privacy Workshops SPW), 2015 IEEE pp. 180-184. IEEE.

## Ek. 1.

### Derinlemesine Mülakat Soruları:

1. Çalıştığımız markalar için hangi sosyal medya mecralarını kullanıyorsunuz? (facebook, twitter, instagram vb.). Bu sosyal medya mecraları çalıştığımız markaların hangi ihtiyaçlarını karşılıyor? (bilinirlik, itibar, satış, imaj, pazarlama, iletişim, müşteri hizmetleri, veri toplama vb.)
2. Sosyal medya mecralarla ilgili yaşadığımız problemler var mıdır? Nelerdir? (reklam altyapıları hızlı gelişmiyor, güvenlik açıkları bulunuyor, mahremiyet konularında kullanıcıları tedirgin ediyor, fiyatları sürekli artıyor, önceki yapılan yatırımları yok sayıp yeni modeller getiriyor, üyelerin aktif kullanımı noktasında motivasyon alanları kısıtlı)
3. Genel olarak Blockchain Teknolojisi hakkında bilgi sahibi misiniz?
4. Blockchain Teknolojisi' nin Sosyal Medya' ya da uyarlanabildiğini biliyor musunuz?
5. Blockchain tabanlı sosyal mecralar da yayına girmeye başlıyor. Steemit nexus, Obsidian Messenger vb. Siz ya da markalarınız bunu kullanmaya başladılar mı?
6. Bu mecraların farklı iddiaları var – daha fazla güvenlik, daha fazla mahremiyet, daha fazla üyelerin korunması, yeni nesil gelir elde etme modelleri, teşvik sistemleri. Bunlar etkili olur mu?
7. Sizce ne zaman bu yeni nesil mecralar daha fazla yayılır ve bugün kullandıklarımız gibi kullanılmaya başlanır?
8. Daha önceki sosyal mecralarda da benzer geçiş örnekleri olmuş muydu? Nasıl deneyimlediniz? (facebook'tan sonra twitter'ın yoğun kullanılması, sonra instagram'ın çıkışı, snapchat'in rekabeti, instagram'ın benzer özellikleri kopyalaması vb.)
9. Blockchain teknolojisinin sosyal medya dünyasındaki geleceği hakkında ne düşünüyorsunuz? (gelecekte çok önemli olacak, geçici bir teknoloji vb.)
10. Sosyal Medya' nın geleceği hakkında ne düşünüyorsunuz? (gelecekte çok önemli olacak, geçici bir teknoloji vb.)
11. Sosyal Medya' daki verilere ulaşım bunu pazarlama amaçlı kullanan kişi kurum ve ajanslar; Sosyal Medya' da Blockchain Teknolojisi' nin kullanılarak mahremiyetin artmasına ayak diremez mi?
12. Blockchain teknolojisiyle birlikte doğan sosyal medya araçları başarılı olur mu?

## REKABET SENARYOLARI GELİŞTİRME: BULAŞIK MAKİNESİ SEKTÖRÜ ÖRNEĞİ

Begüm Ünlü

Seçkin Polat

Umut Asan

İstanbul Teknik Üniversitesi

İstanbul Teknik Üniversitesi

İstanbul Teknik Üniversitesi

### ÖZET

Bu bildiri Türkiye’de bulaşık makinesi sektöründeki rekabetin nasıl olacağını ortaya koyan bir senaryo modelleme çalışması ile sonuçları anlatılacaktır. Bu çalışma, rekabet senaryolarını geliştirmeye yönelik ilk çalışma olma özelliğine sahiptir. Senaryoları belirlemeye yardımcı olan model, Bayes ağlarına dayanmaktadır. Rekabetin gelecekte ne hal alacağını ortaya koyan Bayes ağı ise, bir sektördeki rekabet değişkenleri arasındaki ilişkiyi genel haliyle kavramsal olarak tanımlayan Porter’in 5F’si ve sektörü kuşatan genel çevre teorisine göre oluşturulmuştur. Genel çevre teorisinde ise PEST esas alınmıştır. Hem 5F hem de PEST’e dayanarak yazarlar tarafından geliştirilen Bayes ağı sektördeki uzmanlardan alınan görüşlerle sektöre uygun hale geliştirilmiştir. Olasılık dağılımları da yine aynı uzmanlardan elde edilmiştir. Senaryolar genel çevre faktörlerinin gelecekte ne hal alacağı ile sektöre yeni bir üreticinin girip girmemesine göre kurgulanmıştır. 5 tane senaryo tanımlanmıştır. Her senaryoda rekabetin artış derecesi ölçülmüştür.

***Anahtar Sözcükler:** Rekabet, Senaryo Geliştirme, Bayes Ağları, Çevre Analizi*

### ***DEVELOPMENT OF COMPETITION SCENARIOS: DISHWASHER INDUSTRY CASE***

#### **ABSTRACT**

This paper presents a scenario modeling approach to explore future competition in the Turkish dishwasher industry. To our knowledge, this is the first study to systematically develop and evaluate competition scenarios. The proposed model that allows determining scenarios is based on Bayesian networks. It is constructed based on Porter's 5F, which provides a conceptual framework to describe the relationship between competition variables in an industry, and on the theory of external environment. For the analysis of the external environment PEST is preferred. The Bayesian network developed by the authors based on 5F and PEST were revised according to the opinions of industry experts. Probability distributions were also obtained from the same experts. The scenarios were designed according to the possible developments of the external environment and whether a new manufacturer will enter the industry. Five scenarios were developed. In each scenario, the increase in competition is measured.

***Keywords:** Competition, Scenario Development, Bayesian Networks, Environmental Analysis*

## 1.GİRİŞ

Endüstriler temel olarak müşteri, rakip gibi dış faktörler ile çalışan, tedarikçi gibi iç faktörlerden etkilenir (Koumparoulis 2013). Firmalar, içinde yer aldıkları endüstrilerde meydana gelen değişimler sebebiyle belirsiz bir ortam içinde yaşarlar ve bu değişim firmaların tüm işlevlerini etkiler (Tsiakkios ve Pashiardis, 2002). Bu bildiride hem literatürde hem de iş dünyasında çok sık dile getirilen bu belirsizlik, değişim, dönüşüm gibi kavramların rekabet üzerindeki etkisini incelemek için özgün bir Bayes ağı modeli önerilmektedir. Bildiri, temel kavramlar, rekabet senaryo modeli, senaryo analizleri ve sonuçlar kısımlarından meydana gelmektedir.

## 2. TEMEL KAVRAMLAR

### 2.1 Rekabet

Rekabet, bir endüstride bulunan firmalar tarafından pazarda en başarılı olmada, karşılıklı yarış hali olarak tanımlanabilir. Bu yarış esas olarak iki şekilde olmaktadır. Birinci yarış fiyatlar, ikinci yarış ise müşteri için değer yaratma üzerinden olmaktadır. Yarışların nasıl olacağı ve firmaların bu yarışlardan performans olarak nasıl etkileyeceği ise endüstrinin güçlerine ve bunlar arasındaki etkileşime bağlıdır (Porter,1980; Walker, 2007).

### 2.2 Çevre Analizi

Çevre kavramı başlangıçta bir bütün olarak görülse de (Daft ve diğ.,1988), sonrasında ise organizasyonları kısa sürede etkileyen faktörlerin oluşturduğu görev çevresi ve tüm organizasyonları bütün olarak etkileyen faktörleri içeren genel çevre olarak ikiye ayrılmıştır (Bourgeois, 1980; Nicolau, 2005).

Genel çevre, firmaların sistemlerini etkileyecek sosyal, demografik, ekonomik, teknolojik, politik ve uluslararası elementler faktörlerinden oluşmaktadır (Scott ve Davis, 2015; Abdullah ve Shamster, 2011; Jolai ve diğ., 2008). Genel çevre analizi yapılırken hangi çevresel faktörün göz önünde bulundurulacağı önemli bir konudur. Koumparoulis (2013) tarafından yapılan derleme ve Subramanian'ın (1994) çalışmasına göre bir firmanın genel çevresi araştırılırken firma için önem arz eden (maliyet, tedarik ve talep miktarını etkileyecek) faktörlerin belirlenmesi kritik öneme sahiptir. Bu amaçla PEST analizi kullanılabilir. Von der Gracht ve Darkov (2010)'a göre PEST analizi öngörülemez senaryoların ortaya çıkarılmasında ve strateji geliştirmeye temel oluşturulmasında da oldukça yardımcı olmaktadır. Bu çalışma kapsamında genel çevre analizinde kullanılacak olan PEST analizinin dikkate aldığı çevreler aşağıda kısaca açıklanmıştır:

- **Politik Faktörler:** Ülkelerin kendi içindeki genel politik değişimler, dünya üzerinde ülkelerin güç değişimleri, Avrupa Birliği'nin ülkeler üzerindeki etkileri ve ülkelerin kendi yasa ve düzenlemeleri bu faktörün alt başlıkları olarak sıralanabilir (Adeoye ve Elegunde, 2012; Gupta, 2013).
- **Ekonomik Faktörler:** Ogundele (2005)'e göre ekonomik faktörler firmalar için büyük bir öneme sahiptir. Çünkü gelişmekte olan bir ekonomi firmalar için rahat hareket edebilecekleri bir çevre ve yeni yatırımlar için fırsatlar sunmaktadır. Aynı şekilde faiz oranları da enflasyon durumundan ve dövizden etkilenmektedir. Her ne kadar merkez bankası tarafından belirlenmiş bir sabit faiz oranı bulunabilmekte- se de bu da ülkelerin öncelikleri doğrultusunda değişkenlik gösterebilmektedir (Koumparoulis, 2013).
- **Sosyal Faktörler:** PEST analizinin sosyal faktörleri genel çevredeki sosyal, kültürel ya da demografik değişiklikleri yansıtmaktadır (Ho, 2014). Sosyal faktörler müşterinin tercihini ve genel talebi belirleyecek; sektör bu seçimler doğrultusunda ürünlerini şekillendirecektir (Abdullah ve Shamsher, 2011).
- **Teknolojik Faktörler:** Bu faktörler teknoloji altyapısı, teknolojik teşvikler, teknolojik değişim ve etkinlikleri kapsar.

Görev çevresi, firmaya en yakın çevre olup firma ile doğrudan etkileşimde olan sektörleri temsil etmektedir (Bourgeois, 1980). Dill (1958) ile Scott ve Davis (2015) görev çevresi esas olarak müşteriler (kullanıcılar ve dağıtıcılar), tedarikçiler, rakipler ve düzenleyici kuruluşlardan meydana gelir. Genel görüş firmaya daha kısa vadede etki etmekte olan görev çevresinin daha uzun vadede etki eden genel çevreye kıyasla daha büyük değişkenliğe sahip olduğu yönündedir (Adeoye ve Elegunde, 2012).

Bu çalışma kapsamında görev çevresi analizi için kullanılan Porter'ın beş rekabet gücü modeli; bir endüstrideki rekabeti tanımlayan beş adet ana faktör üzerine inceleme yapılarak karlılık ve büyüme hedeflerinin yakalanması için gerekli ana yaklaşımların belirlenmesine katkı sağlamaktadır (Porter, 2008). Bu analizde kullanılan beş güç şu şekilde özetlenebilir:

**1. Potansiyel Yeni Rakipler:** Pazara giriş bariyerleriyle doğrudan alakalı olup bariyerler ne kadar yüksekse rekabet o kadar zayıftır. Bu faktörü etkileyen etmenlere ölçek ekonomisi, marka sadakati, fiyat avantajı, müşteri elde etme maliyeti, pazara giriş sermayesi ve hükümet regülasyonları örnek verilebilir.

**2. Tedarikçilerin Pazarlık Gücü:** Bu faktör tedarikçilerin hammadde fiyatlarını artırma ya da hammadde kalitesini etkilemedeki gücünü temsil eder. Güçlü tedarikçiler pazar açısından tehdit oluşturmaktadırlar. Eğer merkezi bir tedarikçi yapısı var ise, tedarikçi değiştirme maliyeti yüksekse, ürün ya da hizmetler eşsiz ise, tedarikçiler birden fazla sektöre hizmet verebiliyorsa ve ileri bütünleşme mümkünse tedarikçiler bu sektörlerde güçlüdür.

**3. Satın Alıcıların Pazarlık Gücü:** Eğer müşteriler/potansiyel alıcılar fiyatın düşürülmesinde ya da daha kaliteli ürünler talep ederek maliyetin yükseltilmesinde söz sahibi iseler sektörü tehdit edecek bir faktör haline gelirler. Tedarikçilerin gücü ile benzer özelliklere sahiptirler.

**4. İkame Ürünler:** Müşteri isteklerini karşılayabilecek birden fazla ürün ya da endüstrinin varlığı sektörü tehdit edecektir. İkame ürünlerin benzerliği, teknolojik benzerlik gibi etmenler tehdit derecesini arttırabilecektir.

**5. İç Rekabet:** Sektörün güncel durumunda yoğun bir rekabet ortamı olması karlılığı doğrudan tehdit edecektir. Sektörün toplam ürün hacmi, rakiplerin yetenekleri, sektörden çıkış bariyerleri bu faktörün ölçümlemesinde kullanılabilir bazı alt faktörler olarak sıralanabilir.

İlgili modele göre örneğin, sektördeki güçlü rekabet ve sektöre yeni girişlerin kolay olması ürün fiyatlarında düşüşe ve dolayısıyla firmalar için kar paylarının düşüşüne neden olacaktır. Güçlü son kullanıcılar ya da alıcılar da aynı şekilde ürün fiyatının aşağı çekilmesi konusunda baskı oluşturabilecektir. Benzer şekilde güçlü tedarikçiler hammadde ve yarı mamul fiyatlarını yükselterek karlılığı azaltabilecek ve ikame ürünlerin varlığı ya da gücü firmanın rekabetçiliğini ya da fiyatlarını etkileyebilecektir (Walker, 2007).

### **3. REKABET SENARYO MODELİ**

Bu bildiriye açıklanan çalışma, bulaşık makinesi sektörü ve Türkiye pazarı esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Yukarıda değinilen iki farklı çevresel analiz yönteminin birleştirilerek Bayes ağları kullanılarak, uzman desteği ile, modellenmesi ve belirsizlik altında senaryolara dayalı değerlendirme yapılabilmesi bu çalışmanın özgün yönünü ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın uygulama alanı Türkiye ile sınırlı tutulmuştur. Türkiye pazarından kasıt yerli ya da yabancı menşeli markaların Türkiye merkezli üretim tesislerinde ürettikleri ürünler ve Türkiye pazarındaki son kullanıcılarıdır.

#### **3.1 Bayes Ağları**

Çevresel analiz metodlarına dayalı olarak rekabet seviyesindeki artışın tahminine ilişkin geliştirilecek modelin sayısallaştırılması ve analizlerin yapılabilmesi amacıyla Bayes ağları yöntemi kullanılmıştır. Bayes ağları, uzman bilgisine dayalı olasılıksal modeller geliştirerek belirsizlik altında tahminler yapmaya olanak veren bir yöntemdir (Keskin ve diğ. 2013). Bir yönlü döngüsüz çizge yapısına dayanan Bayes ağları, değişkenleri temsil eden düğümlerden ve bu değişkenler arasındaki nedensel ilişkileri temsil eden oklardan oluşur. Bu çalışmada Bayes ağları ile modelleme için Jakeman ve diğ.'nin (2006) önerdiği adımlar temel alınmıştır. İdeal koşullarda modelin geniş bir veri ile çalıştırılması ve sonucunun ölçülmesi istenmektedir fakat Chen ve Pollino'ya (2012) göre Bayes ağlarıyla oluşturulan modellerin çoğunda ya veri yoktur ya da istenen büyüklüğe erişilememiştir. Çalışma kapsamında incelenmesi hedeflenen konu ve parametreleri için de veri yetersizliği söz konusudur. Bu nedenle bu çalışmada öncelikle teoriden hareketle bir Bayes ağı modeli geliştirilmiş ve sonrasında çalışma kapsamında belirlenen uzmanlar tarafından hem teoriye dayalı modelin gözden geçirilmesi, düzenlenmesi, koşullu olasılık dağılımlarının belirlenmesi, hem de model değerlendirmesinin yapılması sağlanmıştır.

Modelin kavramsallaştırılması aşamasında belirlenen tüm uzmanlarla yüz yüze birebir görüşmeler gerçekleştirilerek sektör özelinde ilgili literatür bazlı modelin değerlendirilmesi istenmiştir. Uzmanların çoğunluğunun önerdiği ve teoriye ters düşmeyen değişiklikler modele yansıtılmıştır. Jakeman ve diğ.'e (2006) göre kavramsallaştırma aşamasından itibaren uzmanların sürece dahil olması ilerleyen aşamalarda olasılık dağılımlarının belirlenmesi gibi adımlarda uzmanların daha fazla katkı sağlanmalarına izin vermektedir.

#### **3.2 Bulaşık Makinesi Sektörü**

Bulaşık makinesi sektörünün bir üyesi olduğu beyaz eşya sektörüne ilişkin İş Bankası tarafından hazırlanan rapora göre 2015 yılı itibarıyla Türkiye beyaz eşya sektörü 6 ana ürün grubunda toplamda 3 milyar dolarlık ihracat ile üretim seviyesi 24,6 milyon adede ulaşmıştır ve böylelikle bir önceki yıla kıyasla %8,7 büyümeye ulaşmıştır. Üretimin büyük bir çoğunluğu toplamda 150 ülkeye ihraç edilmekte ve en büyük pazar Avrupa Birliği ülkeleri olarak görülmektedir. Türkiye kapsamında yaklaşık 15.000 bayi ve 500 civarında tedarikçi firma bulunmaktadır (İş Bankası Beyaz Eşya Sektör Raporu, 2016). Sektörün bu denli büyümesinde artan şehirleşme, genç nüfus ve inşaat sektörü hareketliliği ile ihraç ülkelerindeki değişimler etki faktörü olarak gösterilmektedir (İş Bankası Beyaz Eşya Sektör Raporu, 2016).

Bulaşık makinesi sektörü, beyaz eşya sektörünün bir alt dalını oluşturmakla birlikte güncel durumda zaruri mal kategorisinde değildir. Bu durum ürünün talep esnekliğinin yükselmesine sebep olmakta ve dolayısıyla



üreticilerin karşısına maliyet ve fiyat planlamalarında olumsuz bir etmen olarak çıkmaktadır. İlgili ürün grubu için kimi coğrafi bölgelerde farkındalık ve kullanma oranı yüksek iken gelişmemiş ya da gelişmekte olan birçok ülkede ürünün kullanımı çok düşük olabilmektedir. Son kullanıcıların tüketim kalıpları, sosyal davranış biçimleri ve nüfus artışı da satın alma potansiyelini etkileyebilmektedir. Dolayısıyla çalışma kapsamını coğrafi olarak sınırlandırma kararı modelin karmaşıklık seviyesinin kontrol altında tutulmasını sağlamıştır.

Sektörde teknolojik gelişim süreklilik arz etmekle birlikte teknoloji firmaları ile kıyaslandığında değişim hızı nispeten düşük olarak karşımıza çıkmaktadır. İlgili ürün üzerindeki geliştirmeler genellikle enerji tüketimini kısıtlamak ya da maliyetleri azaltmak üzerine gerçekleştirilmektedir. Öte yandan satış sisteminde her kurumun kendi bayi ağı kullanılmakta ve satış işlemleri bu sistem üzerinden gerçekleştirilmektedir. Ayrıca az sayıda Mediamarkt gibi teknoloji perakende zincirlerinde ya da internet sitelerinde farklı markaların bir arada satıldığı durumlar oluşabilmektedir. Türkiye Bulaşık Makinesi Sektörü için yıllara göre üretim ve satış adetleri Tablo 1’de görüldüğü gibidir.

**Tablo1. Türkiye Beyaz Eşya Sektörü Yıllık Üretim Adetleri (TÜRKBEŞD İnternet Sitesi)**

	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Üretilen Bulaşık Makinesi (adet)</b>	3.248.152	3.483.152	3.608.652	3.969.792	4.496.400
<b>İhracat Bulaşık Makinesi (adet)</b>	2.020.855	2.188.779	2.255.847	2.501.892	2.878.943
<b>İç Satış Bulaşık Makinesi (adet)</b>	1.448.585	1.435.005	1.483.435	1.572.950	1.803.554

### 3.3 Model Faktörleri

Bu çalışmadaki Bayes ağını oluşturan faktörler iki analizden gelmektedir. Bunlar 5F ve PEST analizidir. Bu faktörler aşağıda açıklanmışlardır.

#### 3.3.1 5F Faktörleri

**Tedarikçinin ve Alıcının Gücü:** Besanko’ya (2009) göre tedarikçinin gücünü artıran etmenler aşağıdaki gibidir:

- Az sayıda tedarikçinin olması, yani tedarikçi sektörde rekabetinin düşük olması.
- İlgili tedarikçi ya da hammaddeye bağımlılık.

Bulaşık makinesi üretiminde kritik tedarik unsurları kalıp ve sac olarak görünmektedir. Kalıplar hem yurt içinden hem de yurt dışından temin edilmektedir. Beyaz eşya sektörünün tamamı sac teminini ülkemizin tek yassı ürün üreticisi olan Ereğli Demir Çelik Fabrikası (Erdemir)’ndan sağlamaktadır (Yaşar, 2010). Bu gibi durumlar tedarikçinin gücünün “yüksek” olarak değerlendirilmesine yol açmaktadır.

Alıcının gücü de tedarikçinin gücü ile benzer mantıkla işlemektedir. Hem rekabet gücü modeli hem de klasik bakış açısı alıcının son kullanıcıları temsil ettiği yönündedir. Bu çalışmada modelin karmaşıklığını azaltmak için ise alıcılar “bayilerle” temsil edilmiştir.

Her ne kadar terminolojinin temsil alanı değişse de bu grubun gücünü etkileyecek faktörler benzer olarak ele alınmış ve katılımcı uzmanlar ile teyidi sağlanmıştır. Besanko’ya (2009) göre alıcının gücünü etkileyen faktörler aşağıdaki gibidir:

- Alıcının geriye bütünleşmesi
- Satın alma gücü ve firma ile ilişkisi

**Maliyet Artış Tehdidi:** Kritik aksam-parça ve hammaddelerde ithalat oranının yüksekliği, kur yükselmelerinden kaynaklanan hammadde maliyetlerinin yükselmesi, enerji maliyetleri beyaz eşya sektöründe önemli konulardandır (Yaşar 2010) .

**Kullanıcı Alışkanlıkları:** Türkiye nüfusunun büyük bir bölümünün genç nüfustan ibaret olması ve kentsele nüfus artışına bağlı olarak çekirdek aile tipinin yaygınlaşması ülkemizi beyaz eşya sanayicileri için çekici bir pazar haline getirmektedir. Beyaz eşya sahiplik oranının henüz batılı ülkeler seviyesinde olmadığı ülkemizde genç nüfusun hem mutlak miktar ve hem de oransal fazlalığı ve evlenme hızının yüksekliği Türkiye’yi cazip bir pazar haline getirmektedir (Yaşar, 2010).

**Pazara Girme İsteği:** Bu çalışmada bu faktörün alt faktörleri, firma kapasitesi, ortam çekiciliği ve talep olarak belirlenmiştir. Pazara girişlerinde firmalar sahip olduğu teknik bilgi birikimine, mali olarak yatırıma hazır olup olmadığına, pazarın güncel rekabetine ve çekiciliğine bakarlar. Teknik ve mali kapasite bir arada bir firmanın ürünü üretme kapasitesini göstermekte ve sektöre giriş niyetine etki etmektedir. Teknik kapasite ismi verilen faktörü etkileyen faktörler aşağıdaki gibidir:

- Sektöre girmeyi düşünen firmanın (rakip, alıcı, tedarikçi ya da ikame ürün üreticileri) güncel teknik bilgi birikimi seviyesi

- Teknoloji değişim hızı

Öte yandan mali kapasite ismi verilen faktörü etkileyen alt faktörler ise aşağıdaki gibidir:

- Sektöre girmeyi düşünen firmanın güncel mali durumu
- Teknoloji teşvikleri (Mali destek etmeni olarak ele alınmıştır.)
- Faiz oranı (Yatırım kararları etmeni olarak ele alınmıştır.)

Sektöre girişi cazip kılan bir diğer etmen potansiyel taleptir. Firmalar gelecekte satış kapasitesinin yüksek olacağı tahmin edilen pazarlarda yer almak isterler. Türkiye pazarında güçlü yerli menşeli üreticilerin bulunması olası girişler önünde bir bariyer oluşturmaktadır. Fakat İş Bankası raporuna göre AB ülkelerine ihracatta önemli bir konuma sahip olan Türkiye'ye, Çinli firmalar yakın zamanda beyaz eşya üretimi için yatırım yapmak istemektedir (İş Bankası Beyaz Eşya Sektör Raporu, 2016).

**İkame Ürünler:** İkame ürünü, endüstrideki ürünlerden ayıran ana faktör teknolojik benzerlik olarak ortaya koyulmaktadır (Walker, 2007). İkame ürünlere dair göz önünde bulundurulmuş alt faktörler aşağıdaki gibidir:

- İkame ürünlerin varlığı/ gücü
- Talep esnekliği: Talebin esnekliği son kullanıcıları ikame ürünleri almaya itecektir. Dolayısıyla ikame ürünlerin varlığı ve gücü talep esnekliğini etkileyecektir.

Bu faktörler dışarısında talep esnekliğini etkileyecek bir diğer faktör sektöre ilişkin ürünün zaruri ürün kategorisinde olup olmamasıdır. Ürünün zaruri olma durumu azaldıkça esneklik artacaktır, çünkü ürünün fiyatındaki bir artış veya faydadaki bir azalış müşteri talebini azaltabilir.

**Maliyet Artış Tehdidi:** Model kapsamında maliyet artış tehdidi, girdilerin maliyet artışı ve ölçek ekonomisi kaynaklı maliyet artışı olarak iki alt başlıkta açıklanmıştır. Dolayısı ile ölçek ekonomisi kapsamında pazardan gelen talep ile firmaların üretim kapasiteleri arasındaki oran, ürünün üretim maliyetini doğrudan etkileyecektir. Girdilerin maliyet artış tehdidi ise PEST faktörlerinden etkilenen ekonomi kaynaklı maliyet artışı ve tedarikçilerin gücünden etkilenen maliyet artışı olarak iki alt başlıkta toplanmıştır.

### 3.3.2 Genel Çevre Faktörleri

Genel çevreye ilişkin faktörlerin modele eklenmesi amacıyla literatür incelenmiş; kaynakların çoğunluğunda kullanılmış PEST alt faktörlerinden en az ikişer tane seçilmiştir.

**Politik Stabilitate:** Gupta'ya (2013) göre gelişmekte olan ülkelerin ekonomilerini etkileyen faktörlerden biri politik stabilitedir.

**Vergi Politikaları:** Ülkelerin vergi politikaları, ilgili pazar ve endüstride hizmet veren tüm firmaların karlılık ve dolayısıyla rekabetçilik durumunu etkileyen faktörlerden biridir.

**Ekonomik Durum:** Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından 2010 yılında hazırlanan rapora göre 2009 küresel ekonomik krizi son çeyrekte ihracat hacmini %25, yurtiçi satışları ise %30 oranında düşürmüştür (Beyaz Eşya Sektör Raporu, 2010).

**Enflasyon/ Faiz Oranı:** Farklı kavramlar olmasına rağmen, enflasyon ve faiz oranının birbirinden etkilenmesi ve düşüş/artış oranlarının birbiriyle paralellik göstermesi nedeniyle bu çalışmada her iki değişken tek bir değişken olarak ele alınmıştır. Çalışma kapsamında bu oranın firmaların alım güçlerini ve dolayısıyla ortam çekiciliğini de etkileyeceği öngörülmüştür.

**Döviz Kuru:** Bir sektörün girdi olarak ithal ettiği ürünler döviz kurundan doğrudan etkilenir. Döviz kurunun artması maliyetlerin artmasına, düşmesi ise maliyetlerin düşmesine neden olur. Eğer sektör ihracat yapıyor ise bu durumda talep etkilenir. PEST analizine ilişkin incelenen çalışmaların hemen hemen hepsinde döviz kuru, faktör olarak analizlerde kullanılmıştır.

**Nüfus:** PEST metodunun “sosyal faktörler” başlığı altında seçilen faktörlerden birisi olan nüfus faktörü satış hacmine doğrudan etkisi olması dolayısıyla önemli bir yere sahiptir. Başbakanlık Yatırım Destek ve Tanıtım Ajansının sektör raporuna (2010) göre, Türkiye nüfus büyüme eğilimi ve hane ölçeğindeki küçülme eğilimi, sektöre olan harcamaları artıran bir yapıya sahiptir.

**Sosyal Davranış Biçimi:** Sektörün talebini etkileyen genel çevre faktörlerinden bir diğeri “sosyal davranış biçimi”dir. İlgili faktörün bu çalışmada geliştirilen Bayes ağındaki ölçüm sınıfı “teknoloji meraklılığı düşük ve yüksek” olarak belirlenmiştir. Bu sınıflandırma oluşturulurken Başbakanlık Yatırım Destek ve Tanıtım Ajansının sektör raporunda bahsi geçen tüketici davranışları göz önünde bulundurulmuştur. Rapora göre, talebi destekleyen başlıca etkenler hanelerdeki eskiyen cihazların yenilenmesi, yeni teknolojilere göre ürünlerin bir üst modelle değiştirilmesi ve tüketicilerin alım gücünün artmasıdır (Yatırım Destek ve Tanıtım Ajansı, 2010). Dolayısıyla tüketici alışkanlıklarında örneğin enerji tasarruflu ürünlerin önem kazanması bu tip ürünlere olan talebin artışına sebep olacaktır.

**Evlilik Oranı:** Sosyal faktörler içerisinde her ne kadar nüfus artışı ve davranış biçimi satışa etki etse de Türkiye pazarı özelinde beyaz eşya satışları özellikle evlilik sezonuna tekabül eden aylarda artış göstermektedir (İş Bankası Beyaz Eşya Sektör Raporu, 2016). Evlenen çiftlerin yanı sıra, boşanmaların artması da beyaz eşya satışlarına olumlu etki etmektedir (İş Bankası Beyaz Eşya Sektör Raporu, 2016).



senaryo kendi içerisinde değerlendirilmiştir. Ana çıktıyı oluşturan Rekabet Seviyesindeki Artış düğümünün senaryolar bazındaki karşılaştırmalı sonuçları Tablo 2’de görülmektedir.

**Tablo 2. Senaryolar ve Rekabet Seviyesindeki Artış İlişkisi**

	Senaryo-1	Senaryo-2	Senaryo-3	Senaryo-4	Senaryo-5
<b>Rekabet Seviyesindeki Artış Sınıfları</b>	Güncel Genel Çevre ve Güncel Pazar Girişleri	Güncel Genel Çevre ve Tüm Olası Pazar Girişleri	Güncel Genel Çevre ve Hiç Pazar Girişi Olmaması	Genel Çevre En Olumlu Özelliklerde ve Güncel Pazar Girişleri	Genel Çevre Olumsuz Özelliklerde ve Güncel Pazar Girişleri
Yüksek	%29	%47	%23	%26	%21
Orta	%40	%28	%45	%34	%35
Düşük	%16	%15	%16	%23	%21
Çok Düşük	%15	%10	%16	%17	%23

İlgili tabloda gösterimi sağlanan Senaryo-3, önceki bölümlerde ifade edildiği üzere gerçekleşmesi imkansız senaryoyu temsil etmektedir. Senaryo-4 ve Senaryo-5 arasındaki tek fark PEST faktörlerinin iki uç değeri almasıdır. Dolayısıyla bu iki senaryonun sonuçları arasındaki farklılık ile PEST faktörlerinin etkisi hakkında yorum yapılabilecektir. Genel çevre en olumlu özelliklerinde iken alıcının gücü pozitif yönde etkilenmekte ve maliyet artışı düşük seviyede ve ortam çekiciliği yüksek olmasının farklı yönlerde etki yapmasından dolayı nispeten yüksek bandında devam etmektedir. Senaryo-5 ise genel çevre özelliklerinin zıttı olmasından dolayı ve her bir faktörün ağırlıklarının da farklı olduğu göz önünde bulundurulduğunda (uzmanların görüşleri doğrultusunda) rekabet seviyesindeki artış nispeten düşük kalmaktadır.

Güncel durumun devamlılığına dayanan Senaryo-1 uzmanlar ile konuşulmuş ve olası bir rakibin pazara girişinde (önümüzdeki 5 yıl içerisinde gerçekleşeceği tahmin edilmektedir) ilgili yüzdelerin gerçeği yansıtabileceği teyit edilmiştir. Senaryo-2 yeni girişler başlığında en olumsuz senaryoyu temsil etmektedir ve bu durumun yaşandığı senaryoda rekabet seviyesindeki artış neredeyse bugünkü seviyeye göre %50'lere yaklaşmaktadır. Bunun yanı sıra bu şekilde tüm olası rakiplerin pazara girişinin güncel genel çevre koşullarından ziyade ortam çekiciliğinin yüksek olarak tahminini destekleyecek ya da sektöre giriş niyetini daha fazla destekleyecek koşullarda mümkün olabileceği tespit edilmiştir. Dolayısıyla güncel genel çevre koşulları devam eder ise tüm rakiplerin pazara giriş olasılığı oldukça küçüktür.

## 5. SONUÇLAR

Geliştirilen model kapsamında maliyet artış tehdidinin rekabet seviyesindeki artış üzerinde en fazla etkisi olan faktör olduğu; pazara girişlerin ancak PEST faktörlerindeki kötü senaryolarla birlikte rekabet seviyesindeki artışı yükselttiği tespit edilmiştir.

Literatür ile paralel şekilde PEST faktörlerinden “ekonomik durum” ana başlığı altındaki faktörlerin duyarlılık ve etki analizleri ile senaryolar doğrultusunda model ara ve final düğümlerine etkisi oldukça fazladır. PEST faktörlerinden “sosyal durum” ana başlığındaki faktörler özellikle talebin belirlenmesinde etkin rol almaktadır.

## 6. KAYNAKÇA

- Abdullah, M. N., & Shamsheer, R. (2011). A study on the impact of PEST analysis on the pharmaceutical sector: the Bangladesh context. *Journal of Modern Accounting and Auditing*, 7(12), 1446.
- Adeoye, A. O., & Elegunde, A. F. (2012). Impacts of external business environment on organisational performance in the food and beverage industry in Nigeria. *British Journal of Arts and Social Sciences*, 6(2), 194-201.
- Besanko, D., Dranove, D., Shanley, M., & Schaefer, S. (2009). *Economics of Strategy*. John Wiley & Sons.
- Bourgeois III, L. J. (1980). Strategy and environment: A conceptual integration. *Academy of Management Review*, 5(1), 25-39.
- Daft, R. L., Sormunen, J., & Parks, D. (1988). Chief executive scanning, environmental characteristics, and company performance: An empirical study. *Strategic Management Journal*, 9(2), 123-139.
- Dill, W. R. (1958). Environment as an influence on managerial autonomy. *Administrative Science Quarterly*, 409-443.
- Gupta, A. (2013). Environmental and pest analysis: An approach to external business environment. *Merit Research Journal of Art, Social Science and Humanities*, 1(2), 13-17.

- Ho, J. K. K. (2014). Formulation of a systemic PEST analysis for strategic analysis. *European Academic Research*, 2(5), 6478-6492.
- Heiko, A., & Darkow, I. L. (2010). Scenarios for the logistics services industry: a Delphi-based analysis for 2025. *International Journal of Production Economics*, 127(1), 46-59.
- Jakeman, A. J., Letcher, R. A., & Norton, J. P. (2006). Ten iterative steps in development and evaluation of environmental models. *Environmental Modelling & Software*, 21(5), 602-614.
- Keskin, C., Asan, U., & Kayakutlu, G. (2013). Value stream maps for industrial energy efficiency. In *Assessment and Simulation Tools for Sustainable Energy Systems* (pp. 357-379). Springer, London.
- Koumparoulis, D. N. (2013). PEST Analysis: The case of E-shop. *International Journal of Economy, Management and Social Sciences*, 2(2), 31-36.
- Nicolau, J. L. (2005). Valuing the business environment on a daily basis. *European Journal of Operational Research*, 164(1), 217-224.
- Ogundele, O. J. K. (2005). *Management and organization: theory and behaviour*. Lagos: Molofin Nominess.
- Pishvae, M. S., Fathi, M., & Jolai, F. (2008). A fuzzy clustering-based method for scenario analysis in strategic planning: the case of an Asian pharmaceutical company. *South African Journal of Business Management*, 39(3), 21-31.
- Porter, M.E. (2008), The five competitive forces that shape strategy. *Harvard Business Review*, 86(1), 78-93.
- Scott, W. R., & Davis, G. F. (2015). *Organizations and organizing: Rational, natural and open systems perspectives*. Routledge.
- Subramanian, R., Kumar, K., & Yauger, C. (1994). The scanning of task environments in hospitals: An empirical study. *Journal of Applied Business Research*, 10(4), 104.
- T.C. Başbakanlık Yatırım Destek ve Tanıtım Ajansı (2010). *Türkiye Beyaz Eşya ve Elektronik Sektörü Raporu*. Yatırım Destek ve Tanıtım Ajansı
- Tsiakkiros, A., & Pashiardis, P. (2002). Strategic planning and education: the case of Cyprus. *International Journal of Educational Management*, 16(1), 6-17.
- Türkiye İş Bankası (2016). *Beyaz Eşya Sektörü Raporu*. İktisadi Araştırmalar Bölümü.
- TÜRKBESED Son 5 Yıl Rakamları. Erişim: 01 Haziran 2018, <http://www.turkbesd.org/bilgiler.php?P=22>
- Yaşar, O. (2010). Türkiye’de Beyaz Eşya Sanayi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 21, 150-185.
- Walker, G. (2007). *Modern competitive strategy*. McGraw Hill.



## A STUDY OF SWEDISH EYEWEAR RETAILER’S SMARTPHONE-BASED AUGMENTED REALITY APPLICATION<sup>1</sup>

Riad Samir Wakim    Lara Drak Al Sebai    Mira Miladinovic    Selcen Ozturkcan  
Jönköping University    Jönköping University    Jönköping University    Linnaeus University

### ABSTRACT

Applications of Augmented Reality (AR) have recently increased due to advances in technology and improved accessibility of smart devices. Nowadays shoppers can virtually try and interact with various products. This study examined the impacts that a smartphone-based AR application may have on the customer’s Product Purchase Intentions. A smartphone-based AR app launched by Nordic eyewear retailing leader *Synsam* is chosen for exposing respondents (N=103) to the AR experience, followed by an interviewer administered survey. Findings showed that AR technology impacts Product Purchase Intentions, where involved technology characteristics of importance include information about products (Product Information), virtual interaction with the product (Telepresence) and the enjoyment of using this technology (Hedonic Motivation), but not the commonly referred Perceived Ease of Use.

**Keywords:** *Augmented Reality, Retailing, Product Purchase Intention.*

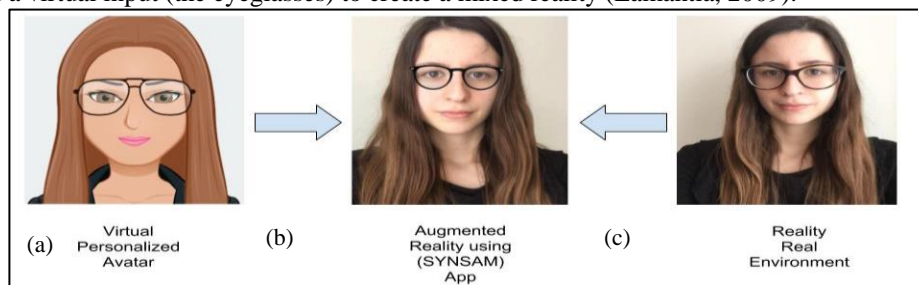
---

<sup>1</sup> From the Bachelor Thesis that Riad Samir Wakim, Lara Drak Al Sebai and Mira Miladinovic completed under Selcen Ozturkcan’s supervision at the Jönköping University (Sweden) in May 2018. Available at <http://hj.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:1213918>

## 1. INTRODUCTION

The implications of Augmented Reality (AR) applications increased over the recent years due to the accelerated technological advancement and the higher accessibility of smart devices (Carmigniani, Furht et al. 2011, Javornik 2016). AR is introduced to fields ranging from tourism, education to medicine (Kim and Forsythe 2008) wherever AR use promises convenience, especially in trying different products and assessing alternatives (Carmigniani, Furht et al. 2011). Essentially, AR is a concept of merging the virtual world with the physical world by the aid of a device, and is often confused with the virtual reality (VR), where a user experiences only a virtual environment. AR overlays virtual information over the user's natural physical environment and overlays virtual information as an enhancement, which makes it closer to the real environment as opposed to the VR (Milgram and Kishino 1994). Marketing applications using AR technology becomes even more important for high-involvement that require as good as a real-world experience for decision making. One such product is eyewear for which consumers are rather critical in choice making (Zaichkowsky 1985, Kim and Forsythe 2008). Therefore, this study focused on understanding the impact of AR applications on consumer's product purchase intention, where the industry of focus is the Swedish eyewear industry. Building upon technology acceptance theory, we have examined whether AR, as a new technology, influences consumer's purchasing intentions.

Before we proceed any further, it is crucial to illustrate what we mean by AR application in the eyewear retailing. *Synsam*, a large Swedish eyewear retailer, recently released a free application downloadable to smart phones, where users can try a range of different eyewear options. One such illustration of the AR based mixed reality spectrum formation is available in Figure 3, where one of the authors (Mira) acted as a model. A VR inducing platform created Mira's virtual avatar, which wore a virtually implemented eyewear product (Fig 1(a)), Mira wearing physical eyewear in physical real environment (Fig 1(c)), and AR generated mixed reality, where Mira is wearing a virtual eyewear that was created by the aid of the *Synsam AR Application* are shown. Fig 1(c) illustrates a combination of a real environment (Mira's real face) and a virtual input (the eyeglasses) to create a mixed reality (Lamantia, 2009).



**Figure 3. An illustration of mixed reality spectrum using Synsam Mobile Application**

To comprehend the effects of AR on consumers, we aim to unpack the following two research questions in this study: (1) whether AR has positive impact on the Product Purchase Intention in the Swedish eyewear industry among millennial consumers in Sweden and (2) if it does, then what are the AR's technology determinants that result in this impact.

## 2. LITERATURE REVIEW AND FOCUS OF INDUSTRY

Marketing applications of AR carries important value both for retailers and customers (Huang and Liu 2014, Pantano and Timmermans 2014) by influencing customer engagement and customer decisions (Pantano 2009) to boost online customer experiences (Pantano and Timmermans 2014) in providing customers with rich information for them to make choices (Oh, Yoon et al. 2008), better evaluate desired products (Kim and Forsythe 2008), and even experiment with the options that they would not normally consider (Drugstorenews 2017). As a result, AR is reported to significantly increase consumers' willingness to buy (Poushneh and Vasquez-Parraga 2017).

Smartphones, with ownership rates reaching to around 68% and 37% in advanced and emerging economies, respectively, became an indispensable item in the lives of many consumers (Poushter 2016). This high penetration of smart phones enables further expansion of AR applications due to availability of the built-in features - *GPS sensors, camera and gravity sensors* – necessary for AR (Oh, 2014). As mobile AR continues to provide unmatched time and place benefits, AR based smartphone apps are expected to become mainstream for retailers (Chen, Tsai et al. 2009, Benou and Vassilakis 2010, Dacko 2017).

*Synsam* is a well-known Nordic eyewear industry with more than 28% market share in Sweden. It is the market leader in Sweden, Denmark and Norway with an annual turnover of SEK 2.5 billion and 1500 Employees (CVC 2018). Established in 1968 (SYNSAM 2018), today it has 185 stores in Sweden and 500 in the Nordic Region (Norway, Denmark, and Finland) (Challinor 2004). As of May 2014, the company



was acquired by CVC Capital Partners; a leading American private equity and investment advisory firm (CVC 2018). As the Scandinavia’s largest glassware retailer, *Synsam* also pioneers the marketing implementation of AR technology. Therefore, we have chosen to use its smartphone-based AR app<sup>1</sup> for exposing our study participants to the experience of using AR by allowing them to virtually try out eyewear (Figure 4) by choosing from different filter options (Figure 5) and receiving information about product and purchase alternatives (Figure 6).

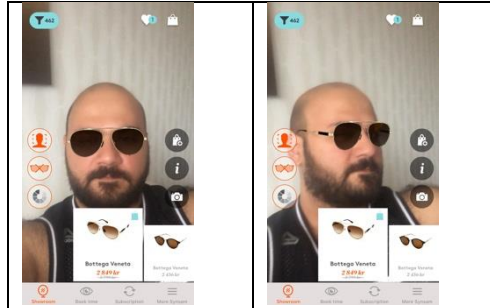


Figure 4. The virtual try-on after choosing a certain product, with a front and side view (featuring Riad, a co-author of the study).

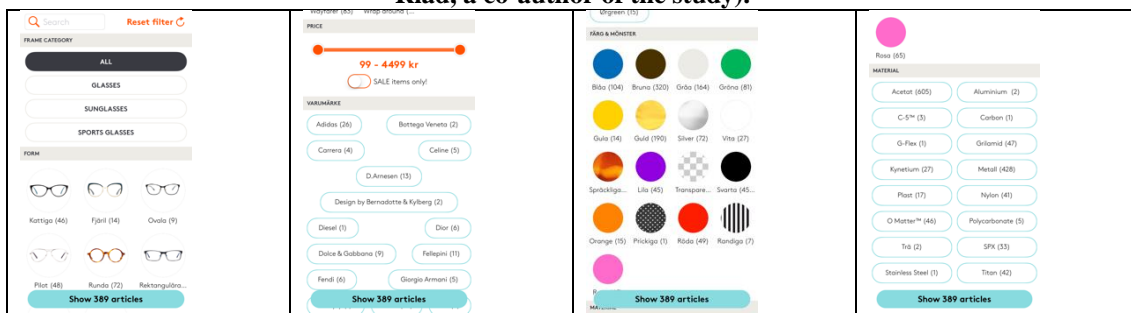


Figure 5. Different filters in the App (Frame Category, Form, Price, Brand, Material, Colour and Design).

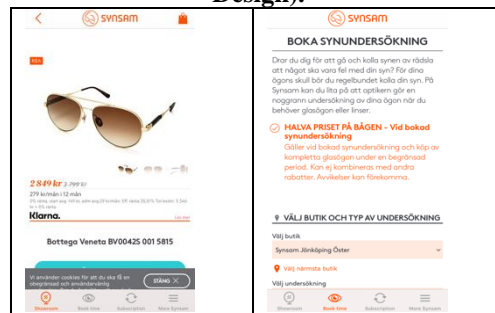


Figure 6. Information available after choosing the product (The Price, Payment Plans, and booking an appointment at the nearest store).

### 3. CONCEPTUAL MODEL

Previous research analysed effects of e-commerce digital-apps and webs through numerous theoretical frameworks (Pantano et al., 2017; Huang & Liao, 2014; Beck & Crié, 2018; Rese et al., 2017; Vijayarathy, 2004; Venkatesh et al. 2012), where Technology Acceptance Model (TAM) (Davis, 1989) and Unified Theory of Acceptance and Use of Technology 2 (UTAUT2) (Venkatesh et al. 2003) are rather popular. We have developed our conceptual model by using these two frameworks. Therefore, we choose to focus on four main constructs (Figure 7), namely Perceived Ease of Use, Hedonic Motivation, Product Information, and Telepresence, as they are reported as both leading the AR technology characteristics as well as being significant determinants of attitudes and intentions (Vijayarathy 2004, Huang and Liao 2014, Pantano, Rese et al. 2017, Rese, Baier et al. 2017). On a similar note, Product Purchase intention (PPI) construct is chosen for reflecting the intention to purchase a product (Fiore, Kim et al. 2005) upon using AR technology on a smart device, regardless of the chosen retailer or provider.

<sup>1</sup> Synsam App was introduced on IOS operating devices and is available for free download on ‘Apple Store’. It was also introduced on Android operating devices and is available for free download on ‘Google Play’. The App is to be found under the name ‘Stylelab’, and the following figures illustrate the different features available on this App.

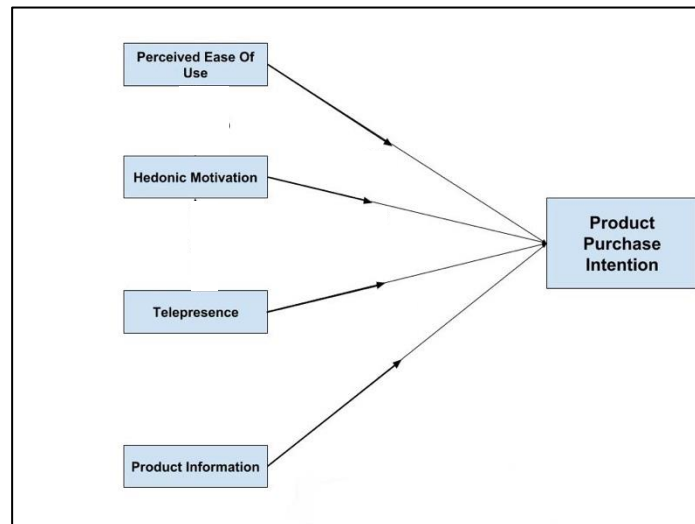


Figure 7. Conceptual Model

#### 4. METHODOLOGY

Sample followed a convenience and self-selection approach utilized at the Jönköping University (Sweden) campus, where it included 103 (47% male; 53% female) respondents between the ages of 19 and 37 (78% students; 11% part-time/full-time employed). Respondents were first invited to try the smartphone-based AR app to try glassware, then an interviewer administered a questionnaire that included closed questions on a Likert-style scale with seven-scale response, which ranges from 7 ‘Strongly Agree’ to 1 ‘Strongly Disagree’, (Table 12).

Table 12. Questionnaire Items

Construct	Reference	Questions
<b>Perceived Ease of Use</b>	(Davis 1986, Lee, Fiore et al. 2006)	How would you describe the mobile application: <ul style="list-style-type: none"> <li>• It was clear and understandable</li> <li>• Does not require a lot of mental effort</li> <li>• It was easy to use</li> <li>• It was easy to learn</li> <li>• There were easy steps to try the glasses on</li> <li>• The virtual try on was intuitive to use</li> </ul>
<b>Hedonic Motivation</b>	(Lee, Fiore et al. 2006, Venkatesh, Thong et al. 2012)	How would you describe your experience after using the app: <ul style="list-style-type: none"> <li>• It was entertaining</li> <li>• It was very interesting</li> <li>• It was appealing</li> <li>• It was enjoyable</li> </ul>
<b>Telepresence</b>	(Fiore, Kim et al. 2005, Schwartz 2011)	How would you describe your feelings after using the application: <ul style="list-style-type: none"> <li>• I felt that the glasses were real</li> <li>• I felt that I was interacting directly with the glasses</li> <li>• I felt separated from my real world environment</li> <li>• I felt connected and emotionally attached to the glasses</li> <li>• It created a shopping experience similar to the one I would experience in stores</li> <li>• It allowed me to interact with the product as I would in the store.</li> </ul>
<b>Product information</b>	(Kim and Lennon 2000, Fiore, Kim et al. 2005, Kim and Hyun 2016)	How would you describe the informativeness of the application: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Improved my information seeking performance</li> <li>• It made it easier to seek information</li> <li>• I found it useful in seeking information.</li> <li>• I have learned a great deal about the product</li> <li>• It helped me make a more informed purchase decision</li> <li>• I can fully trust information given by the app</li> <li>• The virtual try-on provided needed information about eyeglasses</li> </ul>
<b>Product Purchase Intention</b>	(Schwartz 2011)	How do you agree with the following statements: <ul style="list-style-type: none"> <li>• I believe I have enough information to make a purchase decision</li> </ul>

- If I were to make a purchase decision I would feel confident doing that decision
- I feel that the virtual try-on helped me decide to buy a product

## 5. ANALYSIS AND FINDINGS

Cronbach's alpha, central tendency and the variability for each construct was calculated using SPSS (Table 13). The summated scales included the means of all the items combined that make up the constructs, were interpreted as 1 being the lowest (Strongly Disagree), 4 as being the centre point (Neither Agree nor Disagree), and 7 as being the highest (Strongly Agree). Furthermore, independent variables were checked for multicollinearity via the tolerance and the variance inflation factor (VIF) indicators (Table 13).

**Table 13. Construct Reliability**

Constructs	Number of Items	Cronbach's Alpha	Mean	Standard Deviation	Tolerance	VIF
Perceived Ease of Use (PEOU)	6	0.884	6.283	0.6542	0.782	1.280
Hedonic Motivation (HM)	4	0.805	5.959	0.6807	0.648	1.543
Telepresence	6	0.850	4.252	1.1622	0.392	2.550
Product Information (PI)	7	0.880	5.387	0.9054	0.353	2.836
Product Purchase Intention (PII)	3	0.895	4.880	1.3932		

A standard Multiple Linear Regression analysis was conducted with PPI as the dependent variable and PEOU, HM, Telepresence, and PI as the independent variables ( $R^2=0,635$ ; adjusted  $R^2=0,62$ ). Results confirmed that the regression model was a good predictor of the dependent variable PPI, where only three independent variables (HM ( $\beta = 0,371$ , Sig. = 0,019), Telepresence ( $\beta = 0,578$ , Sig. = 0,000), and PI ( $\beta = 0,330$ , Sig. = 0,040)) were significant but one (PEOU ( $\beta = 0,087$ , Sig. = 0,554)) was not significant.

## 6. CONCLUSION AND DISCUSSION

According to our study, respondents in our dataset agreed that AR technology was a useful tool to be adopted for motivation purchase intentions of eyewear products (Mean: 4.88, Std. Deviation: 1.39). Furthermore, we report that smartphone-based AR technology influenced the participants' PPI mainly due to technology characteristics that involved HM, Telepresence and PI, but not PEOU. Moreover, we observed that nearly all of the 103 participants impressions while trying the smartphone-based AR application evident in their reactions and verbal feedback. We conclude that females were more interested in trying the different types of eyewear by particularly using the in-built selfie feature. On the other hand, males were further interested and commented on the technological sides of AR technologies. Interestingly, only very few participants discussed the filtering down of available options feature of the application as a comparable convenience to physical retail shops. In addition, there were many participants mentioning that they would still prefer to go to the store to feel and touch the glasses due to concerns over the need to observe the measures and weight of the eyewear in physical real world. Nevertheless, many participants from both genders shared that their AR application experience provided a great incentive to choose a product to buy.

## 7. LIMITATIONS AND FUTURE RESEARCH

Generalisations of the findings reported here is limited since non-probability convenient sampling was used. As a further limitation, we have focused on the Scandinavian eyewear retail industry, and used *Synsam*'s smartphone-based AR app to expose our respondent to the AR technology. Future research can cover other retail environments and AR platforms including websites and augmented mirrors that were not investigated in this study. Conceptual research design was also limited to examining certain technology characteristics that were taught to directly affect Product Purchase Intention through smartphone-based AR applications. Hence, other indirect and/or second-line constructs could be included in the future research.

## 8. REFERENCES

- Benou, P. and C. Vassilakis (2010). "The conceptual model of context for mobile commerce applications." *Electronic Commerce Research* 10(2): 139–165.
- Carmigniani, J., B. Furht, M. Anisetti, P. Ceravolo, E. Damiani and M. Ivkovic (2011). "Augmented reality technologies, systems and applications." *Multimedia Tools and Applications* 51(1): 341–377.
- Challinor, D. (2004). First Holland, Now Sweden. *The Optician*. 227.
- Chen, D. M., S. S. Tsai, R. Vedantham, R. Grzeszczuk and B. Girod (2009). "Streaming mobile augmented reality on mobile phones. ." *International Symposium on Mixed and Augmented Reality*: 181–182.
- CVC. (2018). "CVC Capital Partners - Current Portfolio." Retrieved 27 August 2018, from <http://www.cvc.com/Our-Portfolio.htm?ordertype=0&itemid=10611412084601>.

- Dacko, S. (2017). "Enabling smart retail settings via mobile augmented reality shopping apps." *Technological Forecasting and Social Change* 124: 243-256.
- Davis, F. D. (1986). *A Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-User Information Systems: Theory and Results*. PhD, Massachusetts Institute of Technology.
- Drugstorenews (2017). *Augmented Reality Gives Retail Landscape a Makeover*. *Drug Store News*. 39(12): 32-33.
- Fiore, A. M., J. Kim and H. Lee (2005). "Effect of image interactivity technology on consumer responses toward the online retailer." *Journal of Interactive Marketing* 19(3): 38–53.
- Huang, T. and S. Liao (2014). "A model of acceptance of augmented-reality interactive technology: the moderating role of cognitive innovativeness." *Electronic Commerce Research* 15(2): 269-295.
- Huang, T. L. and F. H. Liu (2014). "Formation of augmented-reality interactive technologies persuasive effects from the perspective of experiential value." *Internet Research* 24(1): 82–109.
- Javornik, A. (2016). "Augmented reality: Research agenda for studying the impact of its media characteristics on consumer behaviour." *Journal of Retailing and Consumer Services* 30: 252–261.
- Kim, H. and M. Hyun (2016). "Predicting the use of smartphone-based Augmented Reality (AR): Does telepresence really help?" *Computers in Human Behavior* 59: 28-38.
- Kim, J. and S. Forsythe (2008). "Adoption of virtual try-on technology for online apparel shopping." *Journal of Interactive Marketing* 22(2): 45–59.
- Kim, M. and S. J. Lennon (2000). "Television shopping for apparel in the United States: Effects of perceived amount of information on perceived risks and purchase intention." *Family and Consumer Sciences and Research Journal* 28: 301–330.
- Lee, H., A. Fiore and J. Kim (2006). "The role of the technology acceptance model in explaining effects of image interactivity technology on consumer responses." *International Journal of Retail & Distribution Management* 34(8): 621-644.
- Milgram, P. and F. Kishino (1994). *A taxonomy of mixed reality visual displays*. . *IEICE Transactions of Information Systems*. E77-D: 1321–1329.
- Oh, H., S. Y. Yoon and C. R. Shyu (2008). "How can virtual reality reshape furniture retailing? ." *Clothing and Textile Resources Journal* 26(2): 143-163.
- Pantano, E. (2009). "Augmented Reality in Retailing of Local Products of Magna Grecia: Consumer's Response." *International Journal of Management Cases* 11(2): 206-213.
- Pantano, E., A. Rese and D. Baier (2017). "Enhancing the online decision-making process by using augmented reality: A two country comparison of youth markets." *Journal of Retailing and Consumer Services* 38: 81-95.
- Pantano, E. and H. Timmermans (2014). "What is smart for retailing?" *Procedia Environmental Sciences* 22: 101-107.
- Poushneh, A. and A. Vasquez-Parraga (2017). "Discernible impact of augmented reality on retail customer experience, satisfaction and willingness to buy." *Journal of Retailing and Consumer Services* 34: 229-234.
- Poushter, J. (2016). "Smartphone Ownership and Internet Usage Continues to Climb in Emerging Economies." Retrieved 27 August 2018, from <http://www.pewglobal.org/2016/02/22/smartphone-ownership-and-internet-usage-continues-to-climb-in-emerging-economies/>.
- Rese, A., D. Baier, A. Geyer-Schulz and S. Schreiber (2017). "How augmented reality apps are accepted by consumers: A comparative analysis using scales and opinions." *Technological Forecasting and Social Change* 124: 306-319.
- Schwartz, A. M. (2011). *Augmenting Purchase Intent: An Empirical Study on the Effects of Utilizing Augmented Reality in Online Shopping*. SSRN.
- SYNSAM. (2018). "Om Synsam - Synsam." Retrieved 27 August 2018, from <https://www.synsam.se/om-oss/synsam>
- Venkatesh, V., J. Y. L. Thong and X. Xu (2012). "Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology." *MIS Quarterly* 36(1): 157-178.
- Vijayarathy, L. (2004). "Predicting consumer intentions to use on-line shopping: the case for an augmented technology acceptance model." *Information & Management* 41(6): 747-762.
- Zaichkowsky, J. (1985). "Measuring the Involvement Construct." *Journal of Consumer Research* 12(3): 341.

## HOW WILL INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES TRANSFORM LEAN MANUFACTURING?

Hilmi Yüksel  
University of Dokuz Eylül

### ABSTRACT

This paper aims to determine how will industry 4.0 affect lean manufacturing and the techniques of lean manufacturing. This paper evaluates how lean manufacturing and industry 4.0 can cooperate and how lean manufacturing techniques can benefit from the driving technologies of industry 4.0 to achieve the goals of lean manufacturing.

**Keywords-** Lean Thinking, Lean Manufacturing Techniques, Industry 4.0

### *ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİLERİ YALIN ÜRETİMİ NASIL DÖNÜŞTÜRECEK?*

### ÖZET

Bu çalışmada endüstri 4.0'ın yalın üretimi ve yalın üretim tekniklerini nasıl etkileyeceğinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Çalışma, yalın üretimin amaçlarının başarılmasında yalın üretimin ve endüstri 4.0'ın nasıl işbirliği içinde olabileceğini ve yalın üretim tekniklerinin, endüstri 4.0'ın sürükleyici teknolojilerinden nasıl yararlanabileceğini değerlendirmektedir.

**Anahtar kelimeler-** Yalın Düşünce, Yalın Üretim Teknikleri, Endüstri 4.0

## 1. INTRODUCTION

The main goal of lean manufacturing is to increase productivity and quality and to decrease costs by eliminating the wastes. Industry 4.0 and the driving technologies of industry 4.0 will also affect the lean manufacturing techniques. Some of the techniques of lean manufacturing will disappear and some of them will reshape by technologies developments. However the goals of lean manufacturing will remain and industry 4.0 and lean manufacturing can cooperate. Industry 4.0 technologies can support to achieve lean thinking principles and the goals of lean manufacturing. The techniques to eliminate the wastes can change but the goals and the principles of lean thinking will still be in the future and lean manufacturing can benefit from industry 4.0 and the driving technologies of industry 4.0.

## 2. LEAN MANUFACTURING

The term of lean manufacturing has been firstly used in the book “The Machine Changed the World” written by Womack, Jones and Ross (1990). Lean manufacturing has been increasingly adopted as a manufacturing method for many organizations, particularly within the automotive manufacturing industries. In the second book “Lean thinking” of Womack and Jones (1996), lean thinking has been stated as a thinking style than a method. Lean thinking has been stated as an integrated systematic approach to create a culture that provides all the people in organization to improve their activities continuously.

Womack and Jones explained that lean thinking is much more than a technique; it is a way of thinking, and the whole system approach that creates a culture in which everyone in the organization continuously improve operations (Womack and Jones; 2003). Lean thinking is essentially about getting the right things, to the right place, at the right time, in the right quantity while minimizing waste and being open and responsive to change (Kempton, 2006). The logic behind lean thinking is that companies jointly identify the value stream for each product from concept to consumption and optimize this value stream regardless of traditional functional or corporate boundaries (Hines et al.,2008).

Waste is anything that does not add value to a product or service from the standpoint of the customer and the success of lean thinking depends on the identification and elimination of this waste (Womack and Jones,2003). The goal of lean thinking is to reduce waste in human effort, inventory, time to market and manufacturing space. This approach centers around the elimination of waste. Waste can be seen in many forms and can be found at any time and in any place. It may be found in policies, procedures, process and product designs, and in operations (Seth and Gupta,2008).

Applying lean thinking principles requires a thinking way that focuses on making the product flow through value-adding processes without interruption (one-piece flow), a pull system that cascades back from customer demand by replenishing only what the next operation takes away at short intervals and a culture in which everyone is striving continuously to improve (Liker,2004).

Lean is not a project, but an ongoing quest for perfection through the elimination of all sources of loss. Taken to its fullest extent, lean is as much a strategy as an approach to improving operations (Drew et al., 2006).Lean thinking is a philosophy that shortens the time between the customer’s demand and meeting the customer’s demand and this goal is achieved by eliminating the wastes in the processes. Lean thinking provides a way to do more with less. The main goal of lean thinking is to identify and eliminate non value added activities through continuous improvement of processes. The main principle of lean thinking is to determine wastes throughout customer perspective and to find ways for eliminating wastes. Lean thinking is a way to reduce wastes throughout every processes.

## 3. INDUSTRY 4.0

Industry 4.0 is a collective term for technologies and concepts of value chain organizations. Industry 4.0 deploys the tools provided by the advancements in operational communication and information technology to increase the levels of automation and digitization of production, in manufacturing and industrial processes. A framework for industry 4.0 depends on i) the digitization and integration of the horizontal and vertical value chains. ii) The digitization of products and services iii) the introduction of innovated business models ( Gilchrist,2016). The main features of industry 4.0 concept are characterized by three dimensions of integration i) horizontal integration through value networks ii) vertical integration and networked manufacturing systems iii) end to end digital integration of engineering across the entire value chain (Kagermann,2013).

Industry 4.0 will bring together the digital and physical worlds. Industry 4.0 is being predominantly shaped by two main drivers: Cyber physical systems and the internet of things and services (Pereira and Romero, 2017). Hermann et al (2015) defined the components of industry 4.0 according to literature review as; cyber physical systems, internet of things, internet of services and smart factory (Bartodziej, 2017)

Industry 4.0 facilitates inter-connection and computerization into traditional industry. Industry 4.0 can be evaluated as an integrated, adapted, optimized, service oriented, and interoperable manufacturing process which is correlate with algorithms, big data and high technologies (Lu,2017).

The nine driving technologies of industry 4.0 are cloud computing, cybersecurity, augmented reality, autonomous robots, big data and analytics, internet of things, horizontal and vertical integration, simulation, additive manufacturing( 3d printing).

#### **4. LINKING LEAN PRODUCTION AND INDUSTRY 4.0**

The internet of things benefits from many tools to manage the information about the products and to provide communication. The machines and the products will be smart by sensors. The processes can be tracked and the abnormal and the variabilities in the processes can be determined by the data obtained from the sensors and actuators. The information about the conditions of the products can be obtained by wireless networks. The flow of information can be easily maintained between the stock of materials, product orders, product shipments and delivery to customers. If the level of stock reaches to the reposit, the orders will arrive to the supplier automatically. By getting information instantly when a problem occurred during the delivery process, it is possible to respond to the process for eliminating the problem. By tagging and tracking all the parts and products, just in time delivery can be possible

Machine machine communication, internet of things, sensors and data analyses, the WIP between the machines can be minimized. The communication between machines by sensors, one machine can get information about the following machine and the decision about stopping the production for not exceeding the buffer stock can be made by the machine. By this way WIP can be minimized. By data analyses, cycle time and the breakdowns of the machines can be analyzed and the level of buffer stocks between the machines can be determined (Satoğlu et al.,2017).

E-kanban system can be used by the companies. By Industry 4.0, *e kanban system* will be used totally. The problems in the processes can be easily monitored by the screens. The real time inventory control can be possible by transferring the data to the inventory control by wireless networks. By the e kanban system, the inventory level can be monitored automatically and reorders can be done through the e kanban systems.

In the wireless information and communication systems this tracking systems can be done by RFIDs'. RFID tags the materials lots, the quantities and the condition can be controlled. By the RFID technology the inventory level can be monitored in a real time and the problems in the inventory control can be prevented. Real time inventory control can be possible and by this way, the inventory levels can be decreased and just in time supply can be possible.

In order to reduce set up times, the wear of the machine parts can be tracked and the predictive information can be obtained. In this way, internal set up times can be accelerated and accidents can be avoided (Satoğlu et al.,2017).Through the sensors, the conditions of the machine parts can be monitored and the wear conditions can be monitored. The machines can have ability to follow their own conditions and wear levels, and they can convey necessary information to the system. Major data analysis techniques and predictive maintenance can minimize machine failures. This can reduce the cost of breakdown from machine failures and can eliminate inventory requirements.

*Cloud technology*, one of the drifting technologies of Industry 4.0, also increases the storage possibilities of large databases. Powerful processing and storage resources provided with cloud technology; allows for the entry, storage and analysis of the data in much larger quantities. Real-time sharing that enhances collaboration among supply chain members allows the necessary arrangements to be made in real time. While cloud technologies enable processes to be more flexible, they also contribute to the purposes of lean manufacturing. The core of Industry 4.0 is *real-time data* and instant decision making. With the realization of real-time information sharing, a *just-in-time production pull system* can be achieved. Problems can be quickly identified and avoided by *real-time monitoring* of data.

One of the elements on the basis of Industry 4.0 is the *digitalization and integration of vertical and horizontal value chains*. With Industry 4.0, it is aimed to digitize and vertically integrate all processes in the organization from product development to procurement and to production logistics and service. Horizontal integration in Industry 4.0 is all about value chain members from suppliers to customers and from monitoring and tracking tools to real-time integrated planning. With vertical and horizontal integration across the value chain, data can be monitored instantaneously, and it can be possible to respond to customers' requirements quickly. By increasing visibility and communication in the value chain inventory levels can be effectively managed and potential problems can be prevented proactively.

With 3d printers, delivery times of products can be reduced thus defective parts / products, excess production, overtreatment, standby and stock waste can be decreased (Satoğlu et al.,2017).The products can be produced by *3d printers* on request. It may be possible to produce personalized production according to the customer's request. In this way, inventory waste can be removed. Production can be carried out with

a pull system. Technological small factories that produce the parts with 3d production instead of large factories minimizes the transportation and transportation costs, the time between the ordering of the customer and the purchase of the product. One unit production with 3d printers will be real. The need for inventory will cease to exist, and a pull system will be implemented in which production will be realized in real terms depending on the customer order.

The type of delivery system of Amazon is closely related to the principles of lean production. When orders are received from customers, these orders can be produced in 3d printers at the mobile production centers (amazon containers), and products manufactured in accordance with the customer's request (personalized products) can be delivered to the customers with these trucks (<https://www.theverge.com/2015/2/27/8119443/Amazon-3D-printing-trucks-patent>). This production system, which eliminates the need for final product storage, performs production according to customer demand and minimizes the time between the customer's ordering and the customer's delivery of the product, is also the level at which lean production is expected to reach.

*By the machine- human interaction and cyber physical systems* the processes can be monitored digitally and real-time information can be gained. Thus *visual control* is provided. With visual control provided by the physical elements in the digital environment, the data can be quickly accessed and it can be possible to interfere the system instantly. Most likely, the board and whiteboard will not be needed, the aim will remain the same, and the traceability and visibility of the system will be increased.

With increased reality, real-time business instructions and visuals of product specifications can be applied in real time. Increased reality, which is one of the drifting technologies of Industry 4.0, can reduce movement, and transportation costs and defects (Satoğlu et al.,2017). All information will be delivered to the smart glasses and the process will be monitored via intelligent glasses and continuous visual control will be achieved. *The increased reality* will have a crucial role in the creation of the visual fabrication. By monitoring the production environment with tablets, all processes can be monitored in real time and *visual production processes* will be created by following the process quantities, productivity rates, scrap quantities etc. in real time on tablet screens. Problems occurred in the processes can be transmitted easily via intelligent devices in real time and location independently. The instructions required by relevant personnel to expedite process issues can be communicated on-screen or through increased reality technology. Industry 4.0 technologies support mistake proofing and visual control techniques, which are lean manufacturing techniques.

In industry 4.0, not only machines but also products are wise. Intelligent products have knowledge of their current situation and the steps to follow. The products can also give immediate information on the problems occurred in the production process. The machines and products can also make decisions on production quantity and production process when necessary. Significant opportunities will also be available to *reduce setup times* by allowing machines to make their own decisions in a way that optimizes machine learning and production processes.

By big data, the requirements and expectations of the customers can be defined clearly , the forecast can be done better , the production planning can be done according to these forecasts. With big data the conditions of the equipment can be tracked and the breakdowns can be estimated before the breakdowns. The downtime of the production can be minimized and the inventory level required because of the breakdowns can be decreased. Big data and the communication between machines, predictive maintenance can be applied .

Quality control can be performed with sensors. Defected products can be determined automatically or information about the process variability can be transferred to the system in real-time. Instead of sampling and control to determine faults, defect rates will be reduced by monitoring each phase with sensors and tracking them instantly. Each piece produced will be tracked from the sensors. In this way, waste of defects can be minimized. Quality control in the Toyota production system is seen as a compulsory activity that does not add value. With the monitoring the processes with sensors, the need for final quality control is reduced. With instant control on the system, the need for an additional activity that does not add value for quality control can also be eliminated.

The increasing variability in the markets and the customers' requirements for personalization, force the firms give more importance to flexibility. One of the most important benefits to be provided with Industry 4.0 is the production of personalized products and the enhancement of flexibility. With industry 4.0, economic production with small parties can be possible. In fact, production can be carried out with one unit of parties. In this regard, industry 4.0 is closely linked to the reduction of batch sizes and single piece flow which are the techniques of lean manufacturing.



## 5. CONCLUSION

Lean tools are not the goal. The goal is to create a culture to see the wastes and to minimize the wastes. In the future, with a big probability there will be no physical kanbans , white boards, and panels but the philosophy of lean thinking will be still valid. There will be new technologies used in the companies and these technologies will be very helpful for achieving the goals of lean thinking principles. The forecast of the customers can be determined better and the sales can be tracked in real time in the supply chains. Customized products can be produced by one lots and one piece flow can be possible with technological developments come with industry 4.0. One of the advantage of industry 4.0 is flexibility. By this way, smart factories can respond to changing conditions and requirements very quickly. Many varieties of products can be produced with minimum breakdowns in production lines. Industry 4.0 contributes to minimize the wastes. Industry 4.0 will bring an evolution in lean thinking techniques too. Industry 4.0 and lean manufacturing can corporate tighter in the future. Industry 4.0 will provide tools and techniques in achieving the goals of lean manufacturing

## REFERENCES

- Bartodziej C.J., 2017, The Concept of Industry 4.0 An Empirical Analysis of Technologies and Applications in Production Logistics, Springer Gabler
- Drew J., McCallum B., Roggenhofer S.,2004, Journey to Lean Making Operational Change Stick,Palgrave Macmillan
- Gilchrist A, 2016, Industry 4.0 The Industrial Internet of Things, Apress
- Hines P., Martins A.L., Beale J., 2008,“Testing the Boundaries of Lean Thinking: Observations from the Legal Public Sector”, Public Money and Management,
- Kagermann H., Wahlster W., Helbig J., 2013, “Recommendations for Implementing The Strategies Initiative INDUSTRIE 4.0”, München
- Kempton J.,2006, “Can Lean Thinking Apply To The Repair And Refurbishment of Properties In The Registered Social Landlord Sector?”, Structural Survey, Vol. 24 No. 3.
- Liker J.K., 2004, The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer, McGraw-Hill Inc. USA
- Lu,2017, “Industry 4.0 :A Survey on Technologies Applications and Open Research Issues”, Journal of Industrial Information Integration , 6
- Pereira A.C., Romero F., 2017; “A Review of the Meanings and the Implications of the Industry 4.0Concept”, Procedia Manufacturing, 13.
- Satoğlu Ş, Üstündağ A., Çeviksan E., Durmuşoğlu M.B., 2017, “Lean Production Systems for Industry 4.0”, Industry 4.0 :Managing The Digital Transformation, (Editors: Alp Üstündağ, Emre Çeviksan), Springer Series in Advanced Manufacturing
- Seth D., Gupta V., 2008, ” Application Of Value Stream Mapping For Lean Operations And Cycle Time Reduction: An Indian Case Study”, Production Planning & Control, Vol:16, No:1,
- Womack, J.P., Jones, D.T. ,2003, Lean Thinking, Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Free Press, Second Edition, USA
- <https://www.theverge.com/2015/2/27/8119443/Amazon-3D-printing-trucks-patent>

## **ÖZET METİNLER**

**DEVELOPING A THEORETICAL RELATIONAL EV DIFFUSION MODEL:  
LESSONS LEARNED AND IMPLICATIONS FOR SUSTAINABLE MOBILITY  
AFTER DIESELGATE SCANDAL**

Fikret Korhan Turan  
Department of Industrial Engineering, Altinbas University

**ABSTRACT**

In the battle of climate change, diffusion of alternative fueled vehicles, particularly the electric vehicles (EVs), to the passenger car market is seen among the high-priority precautions that have the potential to mitigate greenhouse gas emissions from transport sector. For about a decade, researchers have worked on modeling the diffusion of EVs by focusing mainly on the roles of primary stakeholder groups such as consumers, automobile manufacturers, energy suppliers, and policy makers with an emphasis on the trade-off between economic and environmental sustainability. However, lower levels of EV diffusion than needed and the eruption of Dieselgate Scandal in 2015 have shown that secondary stakeholder groups such as education and research institutions, non-governmental organizations (NGOs), media, and general public might also be highly influential in the diffusion process, emphasizing the importance of social sustainability in addition to others. In this research, first a review of the methodologies used in previous EV diffusion models and their theoretical bases is provided. Then, based on the stakeholder theory and extant literature, a theoretical relational model, describing the role of each stakeholder group separately and manifesting the type of primary relationships among them, is proposed. Finally, to employ these theoretical thoughts in a case study, a simulation-optimization based integrated computational model is developed, and EV diffusion in German passenger car market is analyzed from 2010 to 2030 by running the model under various scenarios, considering political, technological and market uncertainties. Based on the results obtained, lessons learned and implications for decision makers in automotive industry are presented in relation to policy design, technological capability, and most importantly engineering ethics which is also not an aspect of previous research on EV diffusion modeling.

***Keywords: Electric vehicle penetration, ethical dimension, sustainable transportation***

# MÜHENDİSLİK VE TEKNOLOJİ YÖNETİMİ ZİRVESİ

“AKILLI ÇAĞDA MÜHENDİSLİK VE TEKNOLOJİ YÖNETİMİ”

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ve BAĞÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

<http://etms2018.itu.edu.tr/>

## 4-5 EKİM 2018



ISBN: 978-975-561-497-7



9 789755 614977