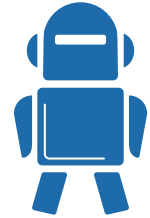




tmmob  
makina mühendisleri odası  
istanbul şubesi



# XI. ENDÜSTRİ ve İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ KURULTAYI



## BİLDİRİLER KİTABI

17-18 KASIM 2017 / İSTANBUL

YAYIN NO: E/MMO/680





tmmob  
makina mühendisleri odası  
istanbul şubesi

# **XI. ENDÜSTRİ ve İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ KURULTAYI**

---

**17-18 KASIM 2017**

**MMO İSTANBUL ŞUBE**

**BEYOĞLU/İSTANBUL**

**tmmob**  
**makina mühendisleri odası**

**Meşrutiyet Mah. Meşrutiyet Cad. No: 19 Kat: 6-7**  
**Kızılay / ANKARA**  
**Tel: (0312) 425 21 41 Faks: (0312) 417 86 21**  
**e-posta: mmo@mmo.org.tr**  
**http://www.mmo.org.tr**

**Yayın No: E / MMO / 680**

**ISBN: 978-605-01-1100-2**

**Bu yapıtın yayın hakkı Makina Mühendisleri Odası'na aittir. Kitabın hiçbir bölümü değıştirilemez. MMO'nun izni olmadan kitabın hiçbir bölümü elektronik, mekanik vb. yollarla kopya edilip kullanılamaz. Kaynak gösterilmek kaydı ile alıntı yapılabilir.**

**1. Baskı: Kasım 2017 / İstanbul Şube**

**Baskı:**  
**Yapım Tanıtım Yayıncılık San. ve Tic. Ltd. Şti.**  
**Adres: Gülbağ Mah. Gülbağ Cad. No:80/1**  
**Şişli / İstanbul**  
**e-posta: yapimmatbaa@gmail.com**

## SUNUŞ

XI. Endüstri/İşletme Mühendisliği Kurultayı'nın temel amacı; Endüstriyel Dönüşümde Endüstri-İşletme Mühendislerinin rolünü daha belirgin olarak ortaya çıkartmak ve gelişen ve değişen teknolojiye uyumlu, insanı tüm üretim ve hizmet sektörlerinin odağında tutabilecek bir vizyonu Endüstri ve İşletme Mühendisliği açısından değerlendirmektir. Bu kapsamda üniversite, Oda, sanayi işbirliğinin kamusal-toplumsal-mesleki-endüstriyel yarar paydası temelinde sağlanması ve Endüstri ve İşletme Mühendislerinin mesleki gelişimi ile istihdam sorunlarına yönelik çözüm önerileri oluşturulması amaçlanmaktadır.

Bu çerçevede;

- Endüstriyel dönüşümde Endüstri ve İşletme Mühendisleri olarak sistemin insan odağı ve çevre ile uyumunu optimum düzeyde gerçekleştirilmesini değerlendirmek,
- Teknolojik ilerlemenin zorunluluğu ile oluşacak çeviklikleri, meslektaşlarımızın büyük fotoğrafın neresinde olduğunu ve ilerleyen süreçte nerede olacağını öngörmek,
- Stratejik Planlama ve Yatırım Hizmetleri uzmanlık alanlarının, belgelendirmeye ilişkin yönünü, endüstriyel dönüşüme adaptasyonu ve uygulanabilirliğini incelemek,
- Teknolojik gelişmelerin toplumsal yararlarının önemsenmesi ve bu yaklaşımın sanayi ve kamuda benimsenir hale getirilmesi,
- Üniversitelerin eğitim programlarına, endüstriyel dönüşümü irdeleyebilen, toplumsal kazanımları içeren derslerin dâhil edilmesini sağlamak,
- Öğrencilere TMMOB'de mesleki örgütlenmenin gerekliliğini kavrayacak bilinci aşlamak

önem kazanmaktadır. Mesleki gereklilikler göz önünde bulundurularak Endüstri ve İşletme Mühendisliği mesleğinin çalışma alanlarını doğru belirlemek ve diğer meslek disiplinleri ile ilişki ve ayrıştığı noktaların saptanması da gerekmektedir.

Odamızın Endüstri-İşletme Mühendisliği Meslek Dalı Komisyonlarının bu yönde çalışmaları gündemlerine alması kolektif bir görevimizdir.

Çevreye ve topluma saygılı bir yaşam kültürüyle yaşayan bir yurttaş olma idealinin peşinden giden ve çalışma hayatına verimlilik, kayıpların azaltılması, insan ve makinanın doğru yönetilmesini amaçlayarak başlayan Endüstri ve İşletme Mühendisleri, mesleğin verdiği sorumluluk ile üstlenebileceği görevleri belirlemeli ve bunları kamuoyuna, kamu kurumlarına ve işletmelere anlatmalıdır.

“Endüstriyel Dönüşümde Endüstri-İşletme Mühendislerinin Rolü” ana teması ile düzenlenen Kurultayımızın, teknolojik gelişmeleri sermaye ve ücretli çalışanlar açısından irdelerken bu teknolojik gelişmelerin mesleğimize ve işçi sınıfına yönelik yansımalarını değerlendirmesi de çok yararlı olacaktır.

Etkinliğimizin düzenlenmesinde emeği geçen Kurultay Düzenleme, Danışmanlar, Yürütme Kurulları üyelerine, bildiri sunan konuşmacılara, destek veren kişi, kurum ve kuruluşlara, İstanbul Şube Yönetim Kurulu üyelerine, çalışanlara ve kurultay sekreterine teşekkür ederiz.

**TMMOB**  
**Makina Mühendisleri Odası**  
**Yönetim Kurulu**

## ENDÜSTRİ VE İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ KURULTAYI'NIN AMACI

Kurultayın amacı gelişen ve değişen teknolojiye uyumlu, insanı tüm üretim ve hizmet sektörlerinin odağında tutabilecek bir vizyonu endüstri ve işletme mühendisliği açısından değerlendirmektir. Bu değerlendirme Üniversiteler ve Sanayi İş Birliklikleri çerçevesinde önemsedığı kamusal değerlerle gerçekleştirilmelidir.

- Endüstriyel dönüşümde endüstri ve işletme mühendisleri olarak sistemin insan odağını ve sistem - çevre ile uyumunu optimum düzeyde değerlendirmek,
- Teknolojik ilerlemelerin zorunluluğu ile oluşacak çeviklikleri, meslektaşlarımızın büyük fotoğrafın neresinde olduğunu ve ilerleyen süreçte nerede olacağını öngörmek,
- Stratejik Planlama ve Yatırım Hizmetleri uzmanlık alanlarının, belgelendirmeye ilişkin yönü endüstriyel dönüşüme adaptasyonu ve uygulanabilirliğini incelemek,
- Teknolojik ilerlemede toplumsal yararları önemseyerek şirketlere/kamuya uyumlulaştırmak,
- Üniversitelerin eğitim programlarına endüstriyel dönüşümle ilgili irdeleyebilen, toplumsal kazanımları içeren derslerin dahil edilmesini sağlamak,
- Öğrencilere TMMOB geleneği ve Makina Mühendisleri Odası bakış açısı ile ve öğrenci üyeliğinin, örgütlü yapının gerekliliğinin önemini aktarabilmek.

Kurultayın değerli amaçlarına ulaşabilmesi; biz endüstri ve işletme mühendislerine, günümüzde yaygın olarak konuşulan Endüstri 4.0 ve bulut sistemler üzerine yalnızca üretim ve hizmet sunma açısından değil, kamudan yana ve insan odağı üzerine de bir geri bildirim sağlamış olacaktır.

### EİM MEDAK

BAŞKAN	İLHAN DÜZGÜN	MMO KOCAELİ ŞUBE
BAŞKAN VEKİLİ	İBRAHİM YÜCESOY	MMO MERSİN ŞUBE
SEKRETER	SAADET SAYIN	MMO İSTANBUL ŞUBE
ASIL ÜYE	ASLI GÖRDEBAK	MMO ANKARA ŞUBE
ASIL ÜYE	ERGİN POLAT	MMO BURSA ŞUBE
ASIL ÜYE	AŞKİNER GÜNGÖR	MMO DENİZLİ ŞUBE
ASIL ÜYE	EMİNE PINAR KESKİN	MMO EDİRNE ŞUBE
YEDEK ÜYE	A.CEM ÇATAK	MMO KOCAELİ ŞUBE
YEDEK ÜYE	İLKER ÇAVUŞOĞLU	MMO ZONGULDAK ŞUBE
YEDEK ÜYE	GÜLAY ODABAŞI	MMO BURSA ŞUBE
YEDEK ÜYE	ÇAĞDAŞ TÜRKÖZ	MMO ADANA ŞUBE
YEDEK ÜYE	EVİRİM TEKİN	MMO İSTANBUL ŞUBE
YEDEK ÜYE	ALİ CAN ÖZALP	MMO İSTANBUL ŞUBE
YEDEK ÜYE	UĞUR ÜNAL	MMO MERSİN ŞUBE



# XI. ENDÜSTRİ VE İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ KURULTAYI

17 Kasım 2017 Cuma

09.00 - 10.00  
10.00 - 11.00

**KAYIT**  
**AÇILIŞ**

- **Ahmet İlhan DÜZGÜN** / EİM MEDAK Başkanı
- **Battal KILIÇ** / MMO İstanbul Şube YK Başkanı
- **Yunus YENER** / MMO Yönetim Kurulu Sekreteri
- **Didem ENGİN** / CHP İstanbul Milletvekili

11.00 - 11.15

**Çay - Kahve Molası**

11.15 - 12.45

**AÇILIŞ PANELİ / Endüstri 4.0 Gereksinimleri ve Olası Sonuçları**  
**Oturum Başkanı:** Yunus YENER / MMO Yönetim Kurulu Sekreteri

- **Ömer Faruk ÖZ** / Torun Bakır A.Ş. Genel Müdürü
- **Prof. Dr. Alp ÜSTÜNDAĞ**
- **Yard. Doç. Dr. Halil Halefşan SÜMEN**

12.45 - 13.45

**Öğle Yemeği**

13.45 - 14.45

**1. OTURUM / Üretim Yönetimi ve Endüstri 4.0**  
**Oturum Başkanı:** Vedat IRŞİ / MMO Yönetim Kurulu Üyesi

- **Dr. Hakan TURAN**  
Yalın Altı Sigma Veri Madenciliği İlişkisi
- **Cem Savaş AYDIN**  
Üretim Hücrelerinin Bozucu Faktörlere Dayanıklı Tasarımı İçin Simülasyon Tabanlı Bir Metodoloji
- **Büşra Duygu GÜNGÖREN**  
Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi İle Hata Türü Ve Etkileri Analizi Yöntemlerinin Bir Su Dolum Tesisinde Uygulanması

14.45 - 15.00

**Çay - Kahve Molası**

15.00 - 16.00

**ÖZEL OTURUM / Endüstri 4.0 ve Yaratıcı Beyin**  
**Oturum Başkanı:** Pınar KESKİN / EİM MEDAK Üyesi

- **Ahmet ViÇİN** / Yönetim Danışmanlığı ve Psikoliderlik Akademi - Kurucu

16.00 - 16:15

**Çay - Kahve Molası**

16.15 - 17.00

**2. OTURUM / Veri Madenciliği ve Endüstri 4.0**  
**Oturum Başkanı:** İbrahim YÜCESOY / EİM MEDAK Başkan Vekili

- **Dr. Hakan TURAN**  
Müşteri İlişkileri Yönetiminin Başarısını Etkileyen Faktörlerin Değerlendirilmesi
- **Dr. Hakan TURAN**  
Veri Madenciliği İçin Kritik Başarı Faktörlerinin Önceliklendirilmesi





# XI. ENDÜSTRİ VE İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ KURULTAYI

18 Kasım 2017 Cumartesi

10.00 - 11.00

**3. OTURUM / Talep Tahminleri ve Endüstri 4.0**  
**Oturum Başkanı: Saadet SAYIN / EİM MEDAK Sekreteri**

- **Prof. Dr. Mehmet AKTAN**  
Bir Üniversite Yemekhanesi İçin Talep Tahmin Modelleri Geliştirilmesi
- **Doç. Dr. Emre ÇEVİKCAN**  
Değer Akışı Esaslı Maliyet Ve Yatırım Analizleri: Beyaz Eşya Endüstrisinden Bir Uygulama
- **Doç. Dr. Şule İtir ŞATOĞLU**  
Perakende Giyim Sektöründe Yapay Sinir Ağları İle Talep Tahmini

11.00 - 11.15

**Çay - Kahve Molası**

11.15 - 12.30

**PANEL / Endüstri 4.0 Sürecinde İş Analitiği ve Optimizasyon**  
**Oturum Başkanı: Ergin POLAT / EİM MEDAK Üyesi**

- **Prof. Dr. Gürhan KÖK**
- **Doç Dr. Başar ÖZTAYŞI**

12.30 - 13.30

**Öğle Yemeği**

13.30 - 14.30

**4. OTURUM / Türkiye’de Endüstri 4.0**  
**Oturum Başkanı: Devrim Tutku ATEŞ / EİM Kurultayı Düzenleme Kurulu Üyesi**

- **Yard. Doç. Dr. Çiğdem KADAİFÇİ**  
Dördüncü Endüstri Devrimi İle Endüstri Mühendisliği Eğitimindeki Dönüşüm
- **Samet GÜRSEV**  
Endüstri 4.0 Uygulamalarının Endüstriyel Dönüşüme Etkisi
- **Müjgan ÇETİN**  
Ekonominin Dönüşümünde Mühendisler İçin Yeni Bir Meslek: İnovasyon Yönetimi Sistemi
- **Neşe GÜNDOĞDU**  
Türkiye Endüstri 4.0 İçin Yol Haritası Çıkardı mı?

14.30 - 14.45

**Çay - Kahve Molası**

14.45 - 16.00

**KAPANIŞ PANELİ / Kuşakların Evrimi ve İstihdam**  
**Oturum Başkanı: Ahmet İlhan DÜZGÜN / EİM MEDAK Başkanı**

- **İnan ACILIOĞLU / Yıldız Holding Operasyonel Mükemmellik Direktörü**
- **Prof. Dr. Sinan ALÇIN**
- **Ar. Gör. Suat AKSOY**

16.00 - 16:15

**Çay - Kahve Molası**

16.15 - 17.00

**SONUÇ BİLDİRİSİ**

## KURULTAY KURULLARI

### DÜZENLEME KURULU

NERGİZ BİLGİN	MMO	ÖZGE RENKLİDAĞ	MMO GAZİANTEP ŞUBE
VEDAT IRŞİ	MMO	SAADET SAYIN	MMO İSTANBUL ŞUBE
NUŞİN UNCU	MMO ADANA ŞUBE	TAYFUN ÇAYLAN	MMO İZMİR ŞUBE
ASLI GÖRDEBAK	MMO ANKARA ŞUBE	ARİF KAYA	MMO KAYSERİ ŞUBE
MELİHA SENBANİ	MMO ANTALYA ŞUBE	MAHMUT KÖSE	MMO KOCAELİ ŞUBE
DEVİRİM TUTKU ATEŞ	MMO BURSA ŞUBE	İSMAİL HAKKI KARACA	MMO KONYA ŞUBE
OLCAY POLAT	MMO DENİZLİ ŞUBE	İBRAHİM YÜCESOY	MMO MERSİN ŞUBE
BEKİR MUSA MAYDA	MMO DİYARBAKIR ŞUBE	MEHMET SARAÇOĞLU	MMO SAMSUN ŞUBE
EMİNE PINAR KESKİN	MMO EDİRNE ŞUBE	HAKAN ÖNEL	MMO TRABZON ŞUBE
BÜLENT ATAK	MMO ESKİŞEHİR ŞUBE	NUR GÜNAYDIN	MMO ZONGULDAK ŞUBE

### YÜRÜTME KURULU

SAADET SAYIN	İSTANBUL	BORAHAN ARSLAN	İSTANBUL
MEHMET M. ÖZALP	İSTANBUL	DUYGU ULUCAN	İSTANBUL

### KURULTAY SEKRETERLERİ

ALİ CAN ÖZALP	SELMA AYDIN
---------------	-------------

### DANIŞMANLAR KURULU

ALP ÜSTÜNDAĞ	MEHMET ERÇEK
ALPARSLAN FIĞLALI	MEHMET M. YENİSEY
BÜLENT DURMUŞOĞLU	MEHMET TANYAŞ
CEMALETTİN KUBAT	MERAL AZİZOĞLU
DENİZ TUNÇALP	MURAT BASMAK
EMRE ÇEVİKCAN	OKTAY TAŞ
FATMA KÜSKÜ	RAZİYE SEVİM
FERDA CAN ÇETİNKAYA	SEÇKİN POLAT
FERHAT ÇEBİ	SEMRA BİRGÜN
FETHİ ÇALIŞIR	SENYE ÜMİT OKTAY FIRAT
GÜLÇİN BÜYÜKOZAN	SİNAN GÜREL
GÜZİN ÖZDAĞOĞLU	SUAT KÜÇÜKÇİFTÇİ
HÜR BERSAM BOLAT	ŞAKİR ESNAF
İBRAHİM DOĞAN	ŞULE ÖNSEL
İLKER TOPÇU	TUFAN VEHBİ KOÇ
İMDAT KARA	ZERRİN ALADAĞ SELÇUK

## İÇİNDEKİLER

SUNUŞ .....	1
<b>1. OTURUM</b>	
<b>ÜRETİM YÖNETİMİ VE ENDÜSTRİ 4.0 .....</b>	<b>9</b>
YALIN ALTI SİGMA İLE VERİ MADENCİLİĞİ İLİŞKİSİ .....	11
Dr. Hakan TURAN	
End. Yük. Müh. Gökmen TURAN	
ÜRETİM HÜCRELERİNİN BOZUCU FAKTÖRLERE DAYANIKLI TASARIMI İÇİN SİMÜLASYON TABANLI BİR METODOLOJİ .....	19
Cem Savaş AYDIN	
Arş. Gör. Dr. Şenim ÖZGÜRLER	
Prof. Dr. Bülent DURMUŞOĞLU	
Prof. Dr. Mesut ÖZGÜRLER	
TEKLİ DAKİKALARDA KALIP DEĞİŞİMİ İLE HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ YÖNTEMLERİNİN BİR SU DOLUM TESİSİNDE UYGULANMASI .....	29
Büşra Duygu GÜNGÖREN	
Yrd. Doç. Dr. Celal ÖZKALE	
<b>2. OTURUM</b>	
<b>VERİ MADENCİLİĞİ VE ENDÜSTRİ 4.0 .....</b>	<b>41</b>
MÜŞTERİ İLİŞKİLERİ YÖNETİMİNİN BAŞARISINI ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ .....	43
Dr. Hakan TURAN	
End. Yük. Müh. Gökmen TURAN	
VERİ MADENCİLİĞİ İÇİN KRİTİK BAŞARI FAKTÖRLERİNİN ÖNCELİKLENDİRİLMESİ .....	49
Dr. Hakan TURAN	
End. Yük. Müh. Gökmen TURAN	

### 3. OTURUM

<b>TALEP TAHMİNLERİ VE ENDÜSTRİ 4.0</b> .....	<b>55</b>
BİR ÜNİVERSİTE YEMEKHANESİ İÇİN TALEP TAHMİN MODELLERİ GELİŞTİRİLMESİ .....	57
Prof. Dr. Mehmet AKTAN Tuba ULUSOY Fatma ATEŞ	
DEĞER AKIŞI ESASLI MALİYET VE YATIRIM ANALİZLERİ: BEYAZ EŞYA ENDÜSTRİSİNDEN BİR UYGULAMA.....	63
Pelin BİROL Prof. Dr. M. Bülent DURMUŞOĞLU Doç. Dr. Emre ÇEVİKCAN	
PERAKENDE GİYİM SEKTÖRÜNDE YAPAY SINIR AĞLARI İLE TALEP TAHMİNİ .....	75
Uğurkan EREN Doç. Dr. Şule İtir SATOĞLU	

### 4. OTURUM

<b>TÜRKİYE'DE ENDÜSTRİ 4.0</b> .....	<b>81</b>
DÖRDÜNCÜ ENDÜSTRİ DEVRİMİ İLE ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİNDEKİ DÖNÜŞÜM .....	83
Yrd. Doç. Dr. Çiğdem KADAİFÇİ Doç. Dr. Sezi Çevik ONAR	
ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMALARININ ENDÜSTRİYEL DÖNÜŞÜME ETKİSİ .....	89
Yrd. Doç. Dr. Halil Halefşan SÜMEN Dr. Bülent CERİT Samet GÜRSEV	
EKONOMİNİN DÖNÜŞÜMÜNDE MÜHENDİSLER İÇİN YENİ BİR MESLEK İNOVASYON YÖNETİMİ SİSTEMİ	101
Müjgan ÇETİN	
TÜRKİYE ENDÜSTRİ 4.0 İÇİN YOL HARİTASI ÇIKARDI MI? .....	109
Neşe GÜNDOĞDU	



# 1. OTURUM

## Üretim Yönetimi ve Endüstri 4.0

Oturum Başkanı

VEDAT IRŞİ - MMO Yönetim Kurulu Üyesi

Yalın Altı Sigma Veri Madenciliği İlişkisi

Dr. HAKAN TURAN

Üretim Hücrelerinin Bozucu Faktörlere Dayanıklı Tasarımı İçin  
Simülasyon Tabanlı Bir Metodoloji

CEM SAVAŞ AYDIN

Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi İle Hata Türü Ve Etkileri Analizi  
Yöntemlerinin Bir Su Dolum Tesisinde Uygulanması

BÜŞRA DUYGU GÜNGÖREN





## YALIN ALTI SİGMA İLE VERİ MADENCİLİĞİ İLİŞKİSİ

**Dr. Hakan TURAN**

hakanturan27@hotmail.com

**End. Yük. Müh. Gökmen TURAN**

Aktaş Holding, Bursa, gokmenturan543@yahoo.com

### ÖZET

Rekabete dayalı avantaj elde etmek isteyen firmalar maliyetlerini azaltmaya yönelirler. Pazarda birçok firmanın olması müşteriye karar verici duruma getirmiştir. Dolayısıyla firmalar fiyatı belirleyememektedir. Kar elde etmek için maliyetlerini azaltma yoluna gitmektedir. Bunun için karlılıklarını ve verimliliklerini artırmak isteyen şirketler süreçlerini iyileştirme yolunu benimserler. Ayrıca birçok farklı yönetime başvurumaktadırlar. Bu yöntemlerden ön plana çıkan ise yalın altı sigmadır. Süreç kalitesini artırmak için altı sigma, süreçteki israfları kontrol altına almak ve maliyetleri azaltmak için yalın üretim tekniklerine başvururlar. Yalın altı sigmanın en önemli adımlarından biri veri toplamaktır. Şirketlerde veri toplamak zaman almaktadır ve maliyet içeren çalışmaları kapsamaktadır. Toplanan verinin doğruluğu ve bu verilerin güncelliği yalın altı sigma çalışmaları için son derece önemlidir. Bu çalışmada yalın altı sigmada toplanan veri ile veri madenciliği arasındaki ilişki ortaya konmuştur.

**Anahtar Sözcükler:** İsrar, Süreç İyileştirme, Veri Madenciliği, Yalın Altı Sigma.

### RELATIONSHIP BETWEEN LEAN SIX SIGMA AND DATA MINING

#### ABSTRACT

Companies which aim to take competitive advantage based on the recipe tend to reduce their costs. The fact that there are many firms on the market has made the customer a decision maker. Therefore, companies can not determine the price. They are going to reduce their costs to make profit. For this, the companies intending to improve their profitability and productivity adopt to improve their processes. They also apply many different methods. Lean six sigma is prominent method in these methods. In order to increase the quality of the process, six sigma apply lean production techniques to control the waste in the process and reduce costs. One of the most important steps of Lean Six Sigma is to collect data. Collecting data in the companies takes time and includes cost-based studies. The accuracy of the collected data and the update of these data are extremely important for lean six sigma studies. In this study, the relationship between data collected in lean six sigma and data mining is revealed.

**Keywords:** Waste, Process Improvement, Data Mining, Lean Six Sigma.

## 1. GİRİŞ

Şirketler için veriler alacakları karar açısından son derece önemlidir. Bilgi teknolojisindeki ilerlemeler bu verilerin depolanması için firmalara büyük bir avantaj sağlamaktadır. Verinin önemi günümüzde gittikçe artmaktadır. Kullanılmayan veri, anlamsız veri yığını olarak kalmaktadır (Han ve Kamber, 2001). Firmadaki verilerin büyük bir kısmı yapısal olmayan veri olarak veri tabanında bulunmaktadır (Tan ve Yu, 2004). Kullanılan verilerin genelde yüzde sekseni kullanılmamaktadır. Verilen çok olması bunları etkin bir şekilde yönetilmeyi de gerektirmektedir. Veri miktarının artması yönetilmesini zorlaştırmaktadır. Bu bağlamda verilerin etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayan veri madenciliğinden faydalanılmaktadır. Firmalar müşterilerin ihtiyaçlarını ve beklentilerini karşılamada veri madenciliği çalışmaları önem taşımaktadır. Veri madenciliği farklı teknikler kullanarak veriler arasındaki ilişkileri ortaya çıkararak tahminleme yapmayı sağlamaktadır. Verilerin kullanımı sayesinde şirketler süreçleri analiz edebilmektedir. Süreçlerini analiz etme sayesinde süreçlerini iyileştirilmesi yapılabilmektedir. Yalın altı sigma yöntemi ilk seferde hatasız, hızlı işlemler yürüterek ortaya çıkabilecek israfları ortadan kaldırmak için başvurulan bir tekniktir (Smith, 2004). Yalın altı sigma kalite iyileştirmede standardizasyonu sağlamanın yanında, maliyet ve israfı azaltmayı sağlamaktadır (Polk, 2011). Bu çalışmada yalın altı sigma ile veri madenciliği arasındaki ilişki ele alınmaktadır.

Çalışmanın kalan kısmı aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir. İkinci bölümde, süreçlerin iyileştirmesinde kullanılan yalın altı sigma yöntemi ele alınmıştır. Üçüncü bölümde, veri madenciliği ile yalın altı sigma arasındaki ilişkiyi incelenmiştir. Son bölümde, sonuçlar ve ileride yürütülecek çalışmalar için görüşler ortaya konmuştur.

## 2. YALIN ALTI SİGMA YÖNTEMİ

İlk olarak 1950'lerde stoksuz üretim olarak Toyota Üretim sistemi olarak bilinen sonrasında 1980'lerde yalın üretim olarak tüm dünyada uygulama imkanı bulan bu yalın felsefe katma değersiz faaliyetleri yok etmeyi amaçlayan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu israflar yedi şekilde ifade edilmektedir:

1. Aşırı üretim
2. Bekleme
3. Taşıma
4. Gereksiz işlem
5. Gereksiz hareket
6. Tamir ve hurdalar
7. Aşırı stok
8. Şeklinde dir (Womack ve Jones, 1996). Bu 7 israfın temel nedenleri 7 temel soruna işaret etmektedir (Shingo, 1988):
  1. Uygulanan yöntemlerin yetersiz kalması
  2. Prosesin yetersiz kalması
  3. Bakım faaliyetlerinin yetersiz olması
  4. Mesafelerin uzun olması
  5. Liderin etkin olmaması
  6. Eğitimin yetersiz olması
  7. Ayar sürelerinin uzun olması

Yalın düşüncenin aşamaları Tablo 2'deki gibidir:



**Tablo 2. Yalın Düşüncenin Aşamaları**

Aşamalar	1980-1990 Farkındalık	1990-1990 ortası Kalite	1990 ortası-2000 Kalite, Maliyet, Dağıtım	2000-Değer Sistemi
Literatür konusu	Üretim bölümünün yayılımı	En iyi uygulama hareketi, Kıyaslama	Değer akış düşüncesi, yalın girişim, tedarik zinciri ile işbirliği	Sistem seviyesinin kapasitesi
Odak	JIT, Maliyet	Maliyet, Eğitim ve Terfi, Toplam Kalite Yönetimi, Süreç Yeniden Mühendisliği	Sipariş İşleme	Değer ve Maliyet, Taktikselde Stratejiğe, Tedarik Zincirine Entegrasyonu
Anahtar İşletme Süreci	Üretim, Üretim bölümü sadece	Üretim ve Malzeme Yönetimi	Genel Üretim	Yüksek ve Düşük Hacimli Üretim, Hizmet Sektörüne Entegrasyonu

Yalın üretimin 5 temel ilkesi değer, değer akışı, sürekli akış, çekme ve mükemmellik şeklindedir. Değer, son müşteri tarafından tanımlanır, müşterinin ihtiyaçlarını gidermelidir ve üretici tarafından bu yapılır. Değer akışı, ürünü üretmek için yürütülen aktivelerin toplamıdır. Sürekli akış, müşterinin beklentisini karşılayan ürünlerin kesintisiz akışını tanımlar. Çekme, bir sonraki faaliyetin bir önceki faaliyetten ürün talep etmesiyle fazla üretimin önlenmesidir. Mükemmellik, ilk dört adımın kesintisiz çalışanlar tarafından gerçekleştirilmesidir (Womack ve Jones, 2012).

Yalın üretimin aşamaları başlangıç aşaması ilk 6 ayı kapsamaktadır. İkinci aşama olan yeni bir organizasyon oluşturma 6. aydan iki yıla kadar olan zamanı içermektedir. İşletme sistemleri oluşturma 3. ve 4. yıla kadar sürmektedir. Son aşamada dönüşümün tamamlanması adımı olup 5. yılın sonuna kadar olan zamanı içerir. Yalın üretimin aşamaları Tablo 1'deki gibidir (Womack ve Jones, 1996):

**Tablo 1. Yalın Üretimin Aşamaları**

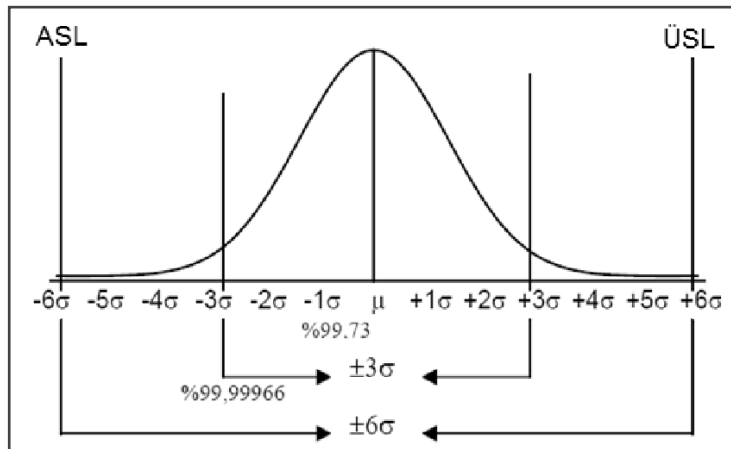
Aşamalar	Spesifik işlemler	
Başlangıç faaliyetleri	Değişimi tanımlamak Yeni bilgiyi sağlamak Kaldıraç oluşturmak Büyük ilerlemeye (Kaikau) başlamak Kapsamını genişletmek	İlk 6 ay
Yeni bir organizasyon oluşturma	Ürün ailesini yeniden organize etmek Bir yalın fonksiyonu oluşturmak Daha fazla çalışan için bir politika tasarlamak Büyük bir strateji tasarlamak Gönülsüz olanları çıkarmak Mükemmellik fikrini aşlamak	6 aydan 2 yıla
İşletme sistemlerini oluşturma	Yalın muhasebeye başlamak Ödemeyi firma performansı ile ilişkilendirmek Uygulamayı şeffaf hale getirmek Politika yayılımını başlatmak Yalın öğrenmeyi başlatmak Uygun araçları kullanmak	3 yıldan 4 yıla
Dönüşümü tamamlama	Tedarikçilerine/müşterilerine bu adımları uygulamak Global strateji geliştirmek Yukarıdan aşağıya geçişler ve aşağıdan yukarıya iyileştirmeler yürütmek	5. yılın sonuna kadar

Yalın üretimde birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu teknikler Tablo 3'deki gibidir:

**Tablo 3. Yalın Üretim Yöntemlerinin Sınıflandırılması (Zakaria Ve Diğerleri, 2017)**

Tür	Yalın Yöntemler
Makine-Teçhizat	Düşük Maliyet Otomasyonu
	Toplam Ekipman Etkinliği (OEE)
	Önleyici Bakım
	SMED
	Toplam Verimli Bakım
Malzeme Akışı ve Yerleşim	Hücreyel İmalat
	FIFO
	Tek Parça Akışı
	Simülasyon Yazılımı
	Tedarik Zincirinin Optimizasyonu
	Değer Akış Haritalama (VSM)
	İşistasyonu Tasarımı
Organizasyon ve Personel	5S
	Otonom İş Grupları
	Kıyaslama
	Fikir Yönetimi
	İş Rotasyonu
	Yalın Ofis
	Kaizen
	Standardizasyon
Kalite	FMEA
	Poka Yoke
	Kalite Çemberleri

Öte yandan süreç iyileştirme işlemleri için başvurulan bir başka yöntem olarak 1980'de Motorola tarafından geliştirilen altı sigma yöntemi vardır. Milyonda 3. 4 hatayı hedefleyen bu yöntemi General Elektrik daha da geliştirmiştir. Tablo 4'de de görüldüğü gibi sigma dönüşüm değerlerindeki hata sayıları belirtilmektedir. İstatistikî açıdan sapmaları belirttiği için sigma ( $\sigma$ ) işareti ile gösterilmektedir. Şekil 1'de ise altı sigma sürecindeki hata değerlerinin yüzdelik gösterimi yapılmıştır.



**Şekil 1. Altı Sigma Süreci**

Altı sigma süreçleri aksatan kusurları eksiklikleri fark etmek ve ortadan kaldırmak için kullanılır (Garza-Reyes ve diğerleri, 2014). Pande ve Holpp (2002)'e göre, altı sigma 3 temel amacı kapsamaktadır: müşteri memnuniyetini geliştirme, çevrim süresini düşürme ve hataları azaltma şeklindedir.

**Tablo 4. Sigma Dönüşüm Değerleri**

Milyon Olasılıkta Hata Sayısı	Sigma( $\sigma$ )
690. 000	1
308. 000	2
66. 800	3
6. 210	4
320	5
3. 4	6

Altı sigmada problemin çözümü DMAIC (Define-Tanımla, Measure-Ölç, Analyze-Analiz Et, Improve-İyileştir, Control-Kontrol Et) ya da DMADV (Define-Tanımla, Measure-Ölç, Analyze-Analiz Et, Design-Tasarla, Verify-Doğrula) şeklindedir. DMADV çoğunlukla yeni ürün tasarımında uygulanmaktadır. Bundan dolayı tasarım için altı sigma olarak ta açıklanabilir. Tasarım dışında genelde DMAIC adımları süreçlerin iyileştirilmesinde başvurulmaktadır.

DMAIC adımları genel olarak şu şekildedir:

**Tanımlama:** Problemin somut, ölçülebilir ve operasyonel bir tanımlamasının ilk adımı olarak yapılmaktadır. Bir takım oluşturulup işletme amaçlarına ve müşteri beklentilerine göre bir proje tanımlar. Bunun için, kalite açısından önemli olan hususlar tercih edilir. Sürecin haritası tanımlanır. Takımın süreci anlayabilmesi için SIPOC (Supplier-Tedarikçi, Input-Girdi, Process-Süreç, Output-Çıktı, Customer-Müşteri) döngüsüne gereksinim duyar. SIPOC döngüsü ile müşteri tedarikçi arasındaki tüm adımlar görülmektedir. Süreç iş akışı ile SIPOC haritası ilişkilendirilir.

**Ölçme:** Süreç kapasitesi ve sigma derecesine göre temel süreç performansı tanımlanır. Ölçme aşamasında projenin başlangıç yeteneği, istikrarı ve ölçülebilirliği ele alınır. Ölçülebilirlik, temel süreç aşamaları ve her süreci içeren temel girdiler tanımlanır. Temel girdiler kabul edildikten sonra, önem değeri açısından sıralanmaktadır ve bu girdilerin kalite açısından potansiyel etkileri incelenmektedir. Süreçlerde ya da girdilerde herhangi bir kusur belirdiğinde yapılacaklar tanımlanır.

Ölçme adımında ayrıca uygun ölçümlerin yapılmaktadır. Projenin ilerleme durumu geçerli ve güvenilir ölçülerle takip edilmektedir.

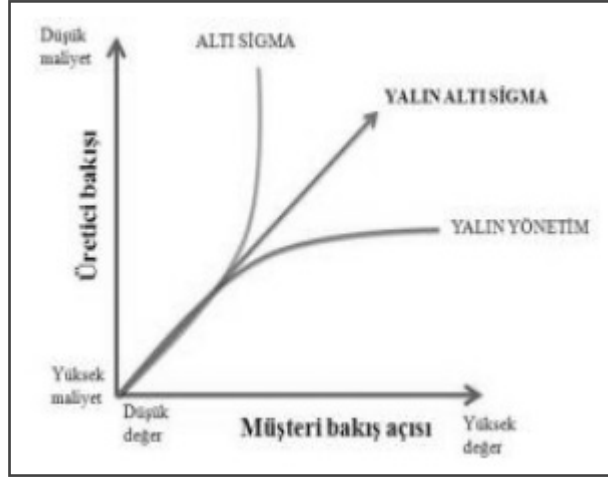
**Analiz:** Ölçme adımından sonraki adımdır. Analiz aşamasına gelindiğinde ise, problemlerin sebepleri belirlenmektedir, hedef ile mevcut durum arasındaki performansın nasıl düzeltileceği tanımlanmaktadır.

**İyileştirme:** İyileştirme en çok çaba gerektiren adımdır. Analiz adımında tanımlanan sebepler için yeni ve yaratıcı iyileştirme fikirleri belirlenmektedir.

**Kontrol:** Bu adım, diğer dört adımın sonucu olarak görülmektedir. Başarılı performansın sabit kalmasını sağlayacak plan ve eğitim programları yapılmaktadır. Son olarak da ileride yürütülecek altı sigma projesi fırsatları için daha sonraki adımlar tanımlanmaktadır.

Yalın altı sigma da altı sigmanın temelini oluşturan DMAIC felsefesi üzerine oluşturulmuştur. Yalın üretim, altı sigmadan farklı olarak süreç akışını iyileştirmeyi amaçlar. Diğer taraftan altı sigmada yalın üretimden farklı olarak süreç sapmalarını tespit edip yok etmeye ve daha iyi süreç ve ürün geliştirmeyi hedefler (Snee, 2010). Yalın altı sigma bu iki yöntemin birlikteliğiyle daha güçlü bir süreç iyileştirme

yöntemi olmaktadır (Hostetler, 2010). Böylece kaliteyi iyileştiren ve karlılıkta standardizasyonu sağlayan ile israf ve maliyeti ortadan kaldıran sistemsel bir yapı sunar (Polk, 2011). Yalın altı sigma, müşteriler için belirlenen problemleri kalite, maliyet ve hıza göre tanımlar (Dumitrescu ve diğerleri, 2010). Yalın altı sigma, altı sigma ve yalın yönetimin üretici bakışına ve müşteri bakışına göre ilişkisi Şekil 2'deki gibidir.



Şekil 2. Yalın Altı Sigma (Arnheiter ve Maleyeff, 2005)

### 3. YALIN ALTI SİGMA VERİ MADENCİLİĞİ İLİŞKİSİ

Veri madenciliği büyük miktardaki verileri kullanarak anlamlı ilişkileri ortaya çıkarmayı sağlayan analizdir. Veri içerisindeki şirket için anlamlı olacak gizli bilgilerin açığa çıkmasını sağlar. Verinin karar destek tabanlı bilgiye dönüşümünü gerçekleştirir. Müşteri bilgilerine dayanarak müşteri memnuniyeti odaklı bir yaklaşıma hizmet eder. Müşterilerin özelliklerini belirlemeye, müşterinin sadakatini artırmaya, müşteri değer ve davranışlarını tanımlamaya, müşteriler için yapılan harcamaları düşürmeye, değerli müşterilerin yönetimini kolaylaştırmaya, dolandırıcılık işlemlerinin önüne geçmeye ve araştırma maliyetlerini düşürmeye yarar.

Gerek veri madenciliği gerekse yalın altı sigma müşteri memnuniyeti temellidir. Her iki yöntem de bunu sağlamak için büyük verileri kullanarak ve modeller kurarak sağlarlar. Veri madenciliğinde kullanılan önemli yöntemlerden bir tanesi olan regresyon metodu yalın altı sigmada da analiz aşamasında kullanılan bir yöntemdir. Dolayısıyla anlamlı veriye ulaşmada benzer yöntemleri kullanma yoluna gitmektedirler. Her iki yöntem de model oluştururken yapılan deneylerde hipotezlere dayalı bir yapı kurarlar. Veri madenciliği ve yalın altı sigma veri değerlendirmede sınıflandırma, tahmin, öngörü, ilişkilendirme, kümeleme ve tanımlama adımlarını içerirler. Her iki yöntem de başlangıç maliyeti içermektedir.

Diğer taraftan veri madenciliği müşteri odaklı bir pazarlama yaklaşımı benimserken yalın altı sigma ise müşteri odaklı bir süreç iyileştirmeyi içermektedir. Ayrıca veri madenciliğinde kullanılan yöntemler ile yalın altı sigmanın DMAIC adımlarında kullanılan yöntemler genel hatlarıyla birbirinden farklılık içermektedir.

Bunların yanı sıra veri madenciliğinin çıktısı yalın altı sigmanın girdisi olmaktadır. Aynı zamanda yalın altı sigma ile üretilen sonuçlar ileriye yönelik tahminlemeler için de kullanılabilir olduğundan veri madenciliği için girdiyi teşkil etmektedir. Dolayısıyla yalın altı sigmanın başarısını direkt olarak etkilemektedir. Bu anlamda birbirleriyle iç içe olmak durumundadır.

## 4. SONUÇ

Günümüzde şirketlerin başarısı müşterilerini memnun etmekten ve müşteriyle iyi ilişkiler kurmaktan geçmektedir. Müşterini temel beklentilerini karşılayamayan şirketlerin ayakta kalma şansı yoktur. Bunun için müşterilerin ne istediğini doğru teşhis etmek şirketlerin kalıcılığını sağlayacaktır. Bu noktada, müşterilerle ilgili verilerin güncel ve doğru bir şekilde elde tutulması gerekmektedir. Bu veriler ışığında istatistikî olarak müşterilerin elde tutulmasını sağlayacak modeller geliştirilmek zorundadır. Bu modellerin başarılı bir şekilde ortaya konulmasıyla müşteriye sunulan ürün veya hizmete ilişkin süreçlerin de geliştirilmesi gerekmektedir. Süreçlerin geliştirilmesinde uygulanan yalın altı sigma için doğru verinin olmaması yanlış ve eksik çözümler üretmeye neden olur. Aynı zamanda veri madenciliği yalın altı sigmada kullanılacak veriyi hazırladığı için, yalın altı sigmanın veri oluşumu için beklemesine gerek kalmamaktadır. Dolayısıyla her iki yöntem de birbirini besleyerek şirketin kalıcı bir yapı oluşturmasını sağlamaktadır.

## KAYNAKLAR

8. Dumitrescu, C. D. , Tent, I. D. ve Dumitrescu, E. C. I. , (2010), Lean Six Sigma Principles, DAAAM International, 21(1), 433-435.
9. Garza-Reyes, J. A. , Winck Jacques, G. , Lim, M. K. , Kumar, V. ve Rocha-Lona, L. (2014), Lean and Green – Synergies, Differences, Limitations, and the Need for Six Sigma, in B. Grabot ve diğerleri. (Eds.): International Conference on Advances in Production Management Systems (APMS) 2014, Part II, IFIP AICT 439, Ajaccio, France, 20-24 September 2014, Springer.
10. Han, J. ve Kamber, M. (2001), Data Mining: Concepts and Techniques, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco.
11. Hostetler, D. (2010), Improve Your Accounting Firm Processes Using Lean Six Sigma, Journal of Accountancy, January, 38-42.
12. Ohno, T. (1988), Toyota Production System: Beyond Large scale Production, Productivity Press: New York.
13. Pande, P. ve Holpp, L. (2002), What is Six Sigma, McGraw Hill, USA.
14. Polk, J. D. , “Lean Six Sigma, Innovation, and The Change Acceleration Process Can Work Together”, American College of Physician Executives. 37(1), (2011), p. 38-42.
15. Shingo, S. (1988). Non-Stock Production: The Shingo System for Continuous Improvement. Cambridge, Productivity Press.
16. Smith, B. , Lean/Six Sigma-Either, Neither, or Both?, The Voice of Michagen Industry, 8-9, 2004.
17. Snee, R. D. (2002), Lean Six Sigma – Getting Better All the Time, International Journal of Lean Six Sigma, 1(1), 9-29.
18. Tan, A. H. , Yu, P. S. (2004), Guest Editorial: Text and Web Mining, Applied Intelligence 18, 239-241, Kluwer Academic Publisher.
19. Womack, J. ve Jones, D. T. (1996), Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Simon and Schuster, London.
20. Womack, J. , Jones, D. T. ve Roos, D. (1990), The Machine that Changed the World, Rawson Associates, New York, NY.
21. Zakaria, N. H. , Mohamed, N. M. Z. N. , Rahid, M. F. F. A. ve Rose, A. N. M. (2017), Lean Manufacturing Implementation in Reducing Waste for Electronic Assembly Line, MATEC Web of Conferences, 1-10.





## ÜRETİM HÜCRELERİNİN BOZUCU FAKTÖRLERE DAYANIKLI TASARIMI İÇİN SİMÜLASYON TABANLI BİR METODOLOJİ

**Cem Savaş AYDIN**

Yıldız Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği

**Arş. Gör. Dr. Şenim ÖZGÜRLER**

Yıldız Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği

**Prof. Dr. Bülent DURMUŞOĞLU**

İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği

**Prof. Dr. Mesut ÖZGÜRLER**

Yıldız Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği

### ÖZET

Yalın üretim hücrelerinin bozucu faktörlere dayanıklı tasarımı için simülasyon optimizasyonu, yanıt yüzeyi metamodeli teknikleri ve Taguchi'nin dizayn felsefesini bir araya getiren bir yol haritası verilmektedir. Taguchi'nin dizayn felsefesi ve Yanıt Yüzey Metodolojisinin matematiksel ve istatistiksel teknikleri bir araya getiren metodoloji ile simülasyon ortamında üretim hücresi dizaynı amaçlanmaktadır. Kullandığımız yaklaşım kendisine temel teşkil eden ve daha önce geliştirilen bazı metodolojilerin [1], [2] yalın üretim hücresi dizaynı için adapte edilmiş bir versiyonudur. Hücre dizaynı stratejisi kendisine öncülük eden yaklaşımlara ek olarak kalitatif ve kantitatif değerler alabilen faktörlerin istatistiksel deney dizaynında ve metamodel oluşturulmasında kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır. Hücre dizaynı için sunulan yaklaşım bir mühendislik sistemi veya prosesinin simülasyon ortamında bozucu faktörlere dayanıklı tasarımı edilmesi için adapte edilebilir. Simülasyon ortamı alternatif faktör konfigürasyonların değerlendirilebilmesi ve sistem varyasyonu etkilerinin deney ortamında sistematik olarak tanıtılabilmesi açısından avantajlıdır. Sonuçlar bozucu faktörlere dayanıklı hücre dizayn konfigürasyonu ile klasik optimum dizayn konfigürasyonunun ortalama performansları arasında yok sayılabilecek bir farka, buna karşılık ortalama değer etrafındaki değişkenliklerinde önemli ölçüde farklılığa işaret etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Hücre Dizaynı, Yalın Üretim, Yanıt Yüzey Metodolojisi, Robust Dizayn, Taguchi Metodu, İstatistiksel Deney Dizaynı, Simülasyon, Simülasyon Optimizasyonu.

### 1. GİRİŞ

Global rekabet, artan ürün çeşitliliği ve müşteri beklentileri şirketleri üretim sistemlerinde yeni yaklaşımlara yönlendirmektedir. Global rekabet ortamında başarısı kanıtlanan Yalın Üretim sistemi [3] karlılığını arttırmak isteyen şirketler için sıkça tercih edilen bir üretim sistemidir. Yalın üretim sistemine geçişin ilk aşamasında kurulan hücreler [4] fonksiyonel üretim sistemlerinin yerini almaktadır. Yalın Üretim sistem-

leri kurulurken üç prensip öne çıkmıştır: çekme-sistemi, tek-parça akışı ve hücreler ile bu hücrelerde kullanılan çok-fonksiyonlu işgörenler. Hücreler parça rotaları ve karakteristiğine dayanarak oluşturulan benzer parça ailelerini işleyen makinelerin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur. Hücreler atölye tipi fonksiyonel üretim sistemlerinin [6] esnekliğiyle hat tipi üretimin avantajlarını bir araya getirmeyi amaçlayan bir prensip üzerine oluşturulmuştur. Hücre ile ilgili konular [6] genel olarak hücre formasyonu ile hücre dizayn ve operasyonu olmak üzere iki bölümde incelenebilir. Benzer parça ailelerini işleyen makinelerin bir hücre altında toplanması hücre formasyonu olarak adlandırılmaktadır. Hücre dizaynı konuları hücre yerleşiminin planlaması, malzeme stok ve elleçleme sistemi dizaynı ve makineler arası parça akış miktarının belirlenmesi gibi faktörleri kapsamaktadır. Operasyonel konular ise lot miktarı, hazırlık süresi politikası, kalite politikası, hücre bakım politikası, işgören atamaları, işgören hareket kuralları, üretim çizelgeleme ve sıralama yaklaşımları gibi kavramları içermektedir. Hücre dizayn ve operasyonuna ilişkin konular hem kalitatif hemde kantitatif düzeyde ölçülebilen faktörleri içermektedir. Bu çalışmada yalın üretim hücreleri dizaynı için bir yol haritası verilmektedir bu yol haritası sayesinde yalın üretim hücrelerinin kurulumundan sonra yaşanan aksaklıkların ve performans yetersizliğinin minimuma indirilmesi amaçlanmaktadır. Yalın felsefenin anahtar bileşeni kabul edilen üretim hücrelerinin bozucu faktörlere dayanıklı dizayn edilmesi yalın üretim sistemlerine geçiş aşamasında şirketlerin belirlediği performansı yakalamasında faydalı bir etken olabilir. Çalışma şu şekilde devam etmektedir. İkinci ve üçüncü bölümlerde Taguchi'nin dizayn felsefesi ve Yanıt Yüzey Metodolojisi tabanlı yaklaşımlar ele alınmıştır. Dördüncü bölüm sıralı bir yaklaşım olan tasarım yönteminin adımlarını ayrıntılı bir şekilde açıklamaktadır. Beşinci bölümde yöntemin uygulanması ve uygulamadan elde edilen sonuçlar verilmiştir. Sonuç bölümünde verilen yaklaşıma ve elde edilen sonuçlara değinilmiştir.

## 2. TAGUCHİ'NİN DİZAYN FELSEFESİ

Taguchinin tasarım yaklaşımı veya diğer adıyla bozucu faktörlere dayanıklı tasarım (Robust Dizayn) Japon kalite danışmanı [7], [8], [9] Genichi Taguchi tarafından bir kalite geliştirme metodolojisi olarak ortaya atılmıştır. Bu tasarım yöntemi bir ürünün tasarım karakteristiklerinin değerlerinin beklenen değer etrafındaki varyasyonunu minimuma indirgeyecek şekilde ayarlanmasını amaçlanmaktadır. Taguchi üretim ortamında değişkenlik içeren etkenlerin kontrol edilmesinin ürünleri varyasyona karşı dayanıklı bir şekilde dizayn etmeye nazaran daha zor olduğu gerçeğinden yola çıkarak RD metodolojisini geliştirmiştir. Taguchi'den önce bir ürünün kalitesi belirtilen tolerans limitlerine uyup uymadığına bakılarak değerlendirilmekteydi. Kalite'nin ölçümü (hatalı ürün oranı) tolerans limitlerinin dışında kalan ürünlere bakılarak yapılmaktaydı. Taguchi bir ürünün maliyetinin birim üretim maliyetine ek olarak ürünün müşteriye satıldıktan sonra ortaya çıkan maliyetleri kapsamaması gerektiğine inanıyordu. Bu yüzden kuadratik kayıp fonksiyonunu geliştirdi. Kuadratik kayıp fonksiyonunun [10], [11] genel formülasyonu aşağıda belirtilmiştir:

$$L = k(y - m)^2 \quad (1)$$

k kalite kayıp katsayısı olarak adlandırılan bir sabit, m hedef kalite değeri ve y iste ürünün karakteristiğinin asıl değerini belirtmektedir. L(y) değeri hedef değer (m) etrafında yavaşça artan ve hedef değerden uzaklaştıkça artışı hızlanan kalite kaybını işaret etmektedir. Kalite kaybını ölçmek için Taguchi tarafından sinyal gürültü oranı (SNR) istatistiği kullanılmaktadır. SNR kalite karakteristiğinin ortalama değerini ve gösterdiği değişkenliği (varyasyonunu) tek bir performans kriteri altında toplamaktadır. Taguchi bir sistem, ürün veya prosesin performansını belirleyen faktörleri kontrol (x) ve gürültü faktörleri (z) olarak ayırmıştır. Kontrol faktörlerinin manipüle edilmesi kolayken gürültü faktörlerinin kontrol edilmesi oldukça zordur fakat gürültü faktörleri istatistiksel deney dizaynı bağlamında manipüle edilebilir.



### 3. YANIT YÜZEY METODOLOJİSİ YAKLAŞIMI

Taguchi'nin tasarım felsefesi kalite mühendisliği açısından önemli bir adımdır ve uygulamalı istatistikler ve üretim üzerine çalışan araştırmacılar tarafından [12] övgüyle karşılanmıştır. Fakat, Taguchi'nin istatistiksel prosedürleri aynı zamanda bir çok istatistikçi [13], [14], [15] tarafından eleştirilmiştir. Taguchi'nin istatistiksel prosedürleri üzerine yapılan eleştiriler [5] birkaç temel konu üzerine yoğunlaşmaktadır bu konular sırasıyla:

1. SNR istatistiğinin kriter seçimi için genel olarak kullanımı verimsiz ve ikna edici olmaktan uzak bulunması. Bazı araştırmacılar [16], [17] uygulamacının proses hakkında daha fazla bilgi sahibi olmasına imkan vermesi adına ortalamanın ve varyansın farklı modellenmesi gerektiğine işaret ettiler. Ayrıca ortalamayı ve varyansı SRN gibi tek bir skalar çıktı değeri altında toplamının enformasyon kaybına sebep olacağı açıktır.
2. Savunduğu metodolojinin adımsal bir strateji izlememesi ve dolayısıyla proses optimizasyonunun sistemi bütünüyle anlamaya tercih edilmiş olması.
3. Önerdiği deney dizaynı planlarının fazla sayıda konfigürasyon içermesi ve kontrol faktörleri arasında etkileşime izin vermemesi.
4. Daha etkili ve basit istatistiksel analiz metotlarının varlığı.
5. Eleştirilere yanıt olarak 90'lı yıllarda [18], [16] Taguchi'nin dizayn felsefesi için yanıt yüzey yaklaşımı geliştirildi. Yanıt Yüzey Metodolojisi (RSM) Box ve Wilson (1951) [19] tarafından yayınlanan etkileyici bir çalışmayla tanıtılmıştır. RSM bir ürün, sistem ve proses için belirlenen performans değerinin optimizasyonu için (maksimizasyon veya minimizasyon) girdi değişkenleri dizisinin optimal konfigürasyonunu bulmayı amaçlar. RSM deterministik ve rassal simülasyon optimizasyonları [20], [21], [22], [23] için kullanılmıştır. Averill M. Law'un [24] klasik simülasyon kitabı ayrıca "Deney Dizaynı ve Optimizasyonu" isimli bölümünde RSM konusuna yer vermektedir. Bozucu faktörlere dayanıklı tasarım için iki ana RSM yaklaşımı sözkonusudur: Dual Yanıt Yaklaşımı [16] (DRA) ve Tek Model Yaklaşımı [18] (SMA). SMA yaklaşımı da iki yanıt yüzeyini (ortalama ve varyans) içermektedir fakat ortalama ve varyans modelleri tek bir modelden türetilmektedir.

### 4. METODOLOJİ

Yalın Üretim sistemlerinde kullanılan üretim hücresi dizaynı için adapte edilen bozucu faktörlere dayanıklı tasarım stratejisi adımları: (1). Ölçülmesi düşünülen hücre performansının belirlenmesi; (2). Deney dizaynı girdi faktörlerinin tespiti, bu faktörlerin tasarım felsefesine uygunluk amacıyla kontrol ve gürültü faktörleri olarak ayrılması ve seviyelerinin tespiti; (3). İstatistiksel deney dizaynının planlanması; (4). Simülasyon ortamında deney koşullarını yapılması, nokta tahmini denklemleriyle koşul sonuçlarından ortalama ve varyans değerlerinin nokta tahmini; (5). Modellerin analizi, rafine edilmesi ve kalitatif faktör kombinasyonları için farklı yanıt yüzeyleri elde edilmesi. (6). Elde edilen her yanıt yüzeyi için optimizasyon tekniği kullanılarak bozucu faktörlere dayanıklı optimal konfigürasyonların belirlenmesi. Kalitatif faktör kombinasyonları için elde edilen değerlerin karşılaştırılarak optimal sonucun seçilmesi.

#### 4.1 Hücrenin performans karakteristikleri ve amaç fonksiyonunun belirlenmesi

Bu adımda hücrenin optimize edilmek istenen performans karakteristiği seçilmektedir. Performans karakteristikleri Wemmerlow [27] tarafından hücreler üzerine yapılan kapsamlı çalışmaya dayanılarak oluşturulan referans listesinde [Ek.1] verilmiştir. Maliyet, zaman, kaliteli parça yüzdesi gibi kantitatif

karakteristikler genelde tercih edilebilir. Derecelendirilmesi zor kalitatif performans karakteristikler matematiksel bir formülasyona indirgenip kullanılabilir. Amaç fonksiyonu x konfigürasyonu için beklenen ölçektirilmiş kayıp değerini vermektedir.

$$El(x) = (\hat{\mu}_x - T)^2 + \hat{\sigma}_x^2 \quad (2)$$

#### 4.2 Kontrol ve Gürültü Faktörleri ve seviyelerinin belirlenmesi

Hücre dizaynı için seçilebilecek kontrol faktörleri: Hücre'nin fiziksel aranjmanına ilişkin faktörler (hücre dizayn faktörleri) veya hücre işleyişini kontrol amacıyla belirlenmiş uygulamalar (hücre operasyonuna ilişkin faktörler) arasından seçilebilir. Olası hücre dizayn ve operasyonel faktörleri Ek.1' de listelenmiştir. Faktörler belirlendikten sonra deney yapılması istenilen aralıkta kalitatif veya kantitatif faktör seviyeleri belirlenir.

#### 4.3 İstatistiksel Deney Dizaynı'nın yapılması:

İstatistiksel deney dizayn planı Taguchi'nin deney dizayn yöntemi örnek alınarak hazırlanmıştır. Deney dizaynı sonucunda sinyal-gürültü oranı SNR istatistiği yerine ortalama ve standart sapma değerleri elde edilmektedir.

#### 4.4 Simülasyon Deney Koşumunun yapılması

Simülasyon deney koşumunun yapılı, her koşum birden fazla (n replikasyon) tekrar edilir. Koşumlar arasında ortak rassal sayılar (CRN) kullanılır.  $\mu$ ,  $\sigma^2$  için nokta tahmin [1] denklemleri, i ve k gürültü ve kontrol faktör kombinasyonlarını,  $n_w$  gürültü faktör kombinasyonlarının sayısını ifade etmektedir:

$$\hat{\mu}_k = \frac{1}{n_w} \sum_{i=1}^{n_w} y_{ki}, \quad \hat{\sigma}_k^2 = \frac{1}{n_w-1} \sum_{i=1}^{n_w} (y_{ki} - \hat{\mu}_k)^2 + \frac{1}{n_w} \sum_{i=1}^{n_w} s_{ki}^2 \quad (3)$$

Varyans nokta tahmini [1] iki bileşenden oluşmaktadır. İlk bileşen varyans değerinin gürültü faktörleri boyunca hesaplanan değerini ikinci değer koşum içi değişkenliğin değerini vermektedir.

#### 4.5 Oluşan Yanıt Yüzeylerinin Analiz Ve Rafine Edilmesi

Koşumlar sonucunda kalitatif ve kantitatif kontrol ve gürültü değişkenlerini bir arada içeren ortalama ve varyans modelleri elde edilir. Modeller p değerlerine bakılarak rafine edilir. Ayarlanmış-R Kare değerinin 0,90 ve üzerinde olmasına dikkat edilmelidir.

$$\hat{Y}_{(x,n,z)} = \sum Z_z (\hat{\beta}_{0z} + \hat{\beta}_{kz} x_k + \hat{\delta}_{rz} n_r) + \sum \sum \hat{\gamma}_{kr} x_k n_r + \sum \sum \hat{\beta}_{kj} x_k x_j \quad (4)$$

#### 4.6. Optimum Konfigürasyon Seçimi

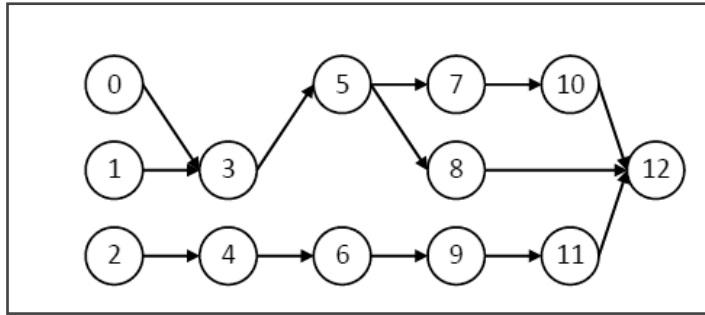
Modellerden kalitatif faktörlerin ( $Z = \pm 1$ ) her kombinasyonu için ayrı yanıt yüzeyleri oluşturulur. Yanıt yüzeyleri kullanılarak optimal konfigürasyon tespiti için başlangıçta belirlediğimiz kuadratik amaç fonksiyonuna uygun herhangi bir dual yanıt yüzey metodolojisi kullanılabilir.

## 5. UYGULAMA

Metodolojinin etkinliğinin örnek bir uygulamayla gösterilmesi amacıyla simülasyon uygulaması için Lorenzo Tiacci [26] tarafından geliştirilen ALS yazılımı ve U-tipi hücre dizaynı için örnek data seti kullanılmıştır. Dizayn edilmek istenen hücre 13 makine ve bu makinelerde üretilen 5 farklı ürünü içermektedir. Ürün-makine süre matrisi ve ürünlerin işlem öncelik sıraları sırasıyla Tablo 1 ve Şekil 1'de verilmiştir. Ürünlerin rotaları ve öncelik sıraları birbirinin aynı, işlem süreleri ise birbirlerinden farklıdır.

**Tablo 1. Ürün Makine İşlem Süreleri Matrisi**

	Ürün1	Ürün2	Ürün3	Ürün4	Ürün5
M0	6	4	5	4	6
M1	6	7	9	5	7
M2	8	4	6	6	5
M3	7	5	5	7	6
M4	5	6	6	4	5
M5	10	12	10	14	8
M6	15	5	8	13	11
M7	13	7	9	12	9
M8	8	12	10	8	10
M9	9	12	11	8	12
M10	8	10	9	9	9
M11	8	12	11	9	11
M12	7	12	10	10	8



*Şekil 1. Tüm ürünler için ortak işlem öncelik ilişkileri*

### 5.1. Hücresinin Performans Karakteristikleri Ve Amaç Fonksiyon

Hücre dizayn yaklaşımını test etmek için yalın üretim sistemlerinde önemli rol oynayan hücre çevrim süresini performans karakteristiği olarak seçmeye karar verdik. Çevrim süresinin beklenen değeri  $E(C)=40$  zaman birimi performans karakteristiğinin hedef değerini vermektedir. Kalite kaybı fonksiyonunda türetilen  $EI(x) = (\hat{\mu}_x - T)^2 + \hat{\sigma}_x^2$  (2) fonksiyonu her x konfigürasyonu için ölçeklendirilmiştir.

Ölçeklendirilmiş kayıp değerinin hesaplanmasında kullanılabilir.

## 5.2. Kontrol Ve Gürültü Faktörleri Ve Faktör Seviyeleri

**Tablo 2. Kontrol Faktörleri**

		Seviye		
Z1	Hücre konfigürasyonu	U-tipi konfigürasyon		Düz-hat konfigürasyonu
X1	İşgören sayısı	2	3	4

**Tablo 3. Gürültü Faktörleri**

N1	Model talep oranları	(0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.6)	(0.6, 0.1,0.1,0.1,0.1)
N2	İşlem süreleri değişkenlik katsayısı (Cv)	0.2	0.4

**Tablo 4. İstatistiksel Deney Dizayını**

			Gürültü Faktörleri (2 <sup>2</sup> )						
	Kontrol Faktörleri		N1	1	1	2	2		
			N2	1	2	1	2		
	Z1	X1					$\hat{\mu}_k$	$\hat{\sigma}_k^2$	
1	-1	2		55,6	55,9	58,2	58	57	9,16
2	-1	3		38,3	39,2	40,5	41,2	39,8	8,5
3	-1	4		30,4	31	33,3	33,8	32	7,28
4	1	2		56,5	57,3	60	61	58,7	10
5	1	3		38,6	39	41,3	42	40,2	11,27
6	1	4		32	32,8	36,5	37	34,6	10,7

Deney kořumu sonrasında elde edilen ortalama ve varyans modelleri

$$\hat{\mu}(x,z) = 76,676 + 0,768z_1 - 12,2x_1 + 5,573(x_1 - 3)^2 \text{ (RKare - Adj = 0,94)}$$

$$\hat{\sigma}(x,z) = 10,75 + 1,19z_1 - 0,284x_1 + 0,616z_1(x_1 - 3) - 0,606(x_1 - 3)^2 \text{ (RKare - Adj = 0,99)}$$

Düz-Hat konfigürasyonu (Z1 = 1) için yanıt yüzeyleri

$$\hat{\mu}(x) = 77,45 - 12,2x_1 + 5,573(x_1 - 3)^2$$

$$\hat{\sigma}(x) = 11,94 - 0,284x_1 + 0,616(x_1 - 3) - 0,606(x_1 - 3)^2$$

U-tipi konfigürasyon (Z1 = -1) için yanıt yüzeyleri

$$\hat{\mu}(x) = 75,91 - 12,2x_1 + 5,573(x_1 - 3)^2$$

$$\hat{\sigma}(x) = 9,56 - 0,284x_1 - 0,616(x_1 - 3) - 0,606(x_1 - 3)^2$$

### Bozucu faktörlere dayanıklı tasarımın seçimi:

Dizayn konfigürasyonunun seçimi amacıyla kuadratik kayıp fonksiyonunu kullandık. Hedef performans değeri  $T = 40$  zaman birimi olarak seçilmiştir. Hesaplamalar sonucunda klasik optimum değeri veren dizayn konfigürasyonu ile bozucu faktörlere dayanıklı tasarım yöntemi uygulandığında elde edilen optimum değerler dizayn konfigürasyonunun birbirlerinden farklı olduğu görülmüştür. Bozucu faktörlere dayanıklı tasarımın optimal değerini U-tipi hat ve üç işgören kullanılan konfigürasyon vermektedir. Klasik anlamda optimum değeri Düz-hat tipi ve üç işgörenin kullanıldığı konfigürasyon vermektedir. Bu iki konfigürasyonun ortalama değerleri arasındaki fark yok denecek kadar azdır.

**Tablo 5: Faktör Konfigürasyonlar ve Ölçeklendirilmiş Kayıp Fonksiyonu Değerleri**

Sıra	Konfigürasyon	İşgören	$\hat{\mu}_k$	$(T - \hat{\mu}_k)^2$	$K_{opt}$	$\hat{\sigma}_x^2$	El(x)	$D_{opt}$
1	U-tipi	2	57	288	5	81	369	5
2	U-tipi	3	39	0,78	2	76	<b>77**</b>	<b>1</b>
3	U-tipi	4	32,5	55	4	52	107	2
4	Düz-Hat	2	58,6	347	6	103	450	6
5	Düz-Hat	3	40,8	<b>0,69*</b>	<b>1</b>	123	124	3
6	Düz-Hat	4	34,2	34	3	117	151	4

\*Klasik optimum. \*\*Bozucu faktörlere dayanıklı optimum.

## 6. SONUÇ

Bu çalışma üretim hücresi dizaynı için Taguchi'nin dizayn felsefesi ile yanıt yüzeyi metamodeli tekniklerini sentezleyen bir yol haritası vermektedir. Bu strateji ile yalın üretim sistemlerinin anahtar bileşeni kabul edilen üretim hücrelerinin üretim alanında değişkenliğe sebep olan bozucu faktörlere (gürültü faktörleri) karşı dayanıklı dizayn edilmesi amaçlanmaktadır. Sonuçlar klasik optimum değer ile bozucu faktörlere dayanıklı optimal değer arasında minimum ( $\approx 0.04$ ) düzeyde farklılığa, varyansları arasında önemli ölçüde ( $\approx 0,40$ ) farklılığa işaret etmektedir. Önerilen strateji farklı mühendislik sistemlerinin, proseslerinin ve ürünlerin dizaynı için adapte edilebilir. Önerilen yaklaşım mühendislik sistem dizaynı için Taguchi felsefesini ve yanıt yüzey metodolojisinin sıralı, istatistiksel ve matematiksel analiz metotlarının kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Mühendislik sistemlerinin bu yöntemle dizaynı sistem performans varyasyonunun önemli ölçüde azaltılmasını sağlamaktadır. Optimal değerler değişkenlik içeren ortamlar ve hesaplamada kullanılan verilerin stokastik yapısı göz önüne alındığında geçerliliği tartışmaya açıktır, fakat bozucu faktörlere dayanıklı tasarımı yapılan bir hücre yürürlüğe girdikten sonra ortamda değişkenliğe sebep olan bozucu faktörlerden etkilenmeden öngörülen düzeyde performans gösterebilmektedir.

**Ek 1. Hücre Performans Karakteristikleri, Kontrol ve Gürültü Faktörleri Referans Listeleri****Performans Karakteristikleri Referans Listesi**

• İmalat temin süresi (Bir ürünün hücre içinde geçirdiği toplam sürenin ortalaması)
• Çevrim süresi (Hücreden çıkan iki ürün arasındaki süre ortalaması.)
• Hücre içi ortalama stok seviyesi
• Hücre envanter seviyesi
• Parça/ürün kalitesi (hatalı parça oranı, ıskartaya çıkan ürün miktarı.)
• Müşteri siparişlerine yanıt süresi/servis seviyesi
• Parça/ürünün tesis içinde seyahat ettiği mesafe ve seyahat süresi
• Parça/ürün birim maliyeti
• Hazırlık süresi

**Kontrol Faktörleri Referans Listesi**

<b>Kalitatif Faktörler</b>	<b>Kantitatif Faktörler</b>
• Hücre bakım politikası (Otonom bakım/Önleyici bakım)	• Birim yük ebatı
• Kalite politikası (Kaynağında kalite /Kalite muayenesi)	• (Tek seferde iletilen parça adedi)
• Çizelgeleme yaklaşımı (İstasyon işyükü / Parça tüketimi)	• Karşılıklı ve bitişik makineler arası mesafe.
• Hazırlık süresi politikası	• İstasyon/işgören sayısı
• İşgören atamaları	• İstasyon başına atanan makine/proses sayısı
• İşgören hareket kuralları	• Tampon stok bölge adedi
• Hücre konfigürasyonu (U-tipi, L-tipi v.b.)	• İstasyon başına atanan işgören sayısı
• Malzeme elleçleme yöntemi.	• Tampon stok kapasitesi
• Stoklama sistemi.	• Hazırlık süresi
	• Çizelgelenmiş bakım süresi
	• Önleyici bakımlar arası süre
	• Üretim parti miktarı

**Gürültü Faktörleri Referans Listesi**

• İstasyon başına hatalı ürün üretim oranı.
• İstasyon başına hatalı ürün tespit oranı.
• İstasyon başına yeniden işlenen parçalarda ıskarta oranı.
• Arızalar arası sürelerin ortalaması.
• Arıza tamir süreleri ortalaması.
• Talebin değişkenlik katsayısı.
• Hazırlık süresi değişkenlik katsayısı.
• Makine işlem süreleri (otomatik) değişkenlik katsayısı.
• İşgören operasyon süreleri (manuel) değişkenlik katsayısı.

## KAYNAKLAR

1. Susan M. Sanchez, Paul J. Sanchez, Jonh S. Ramberg and Farhad Moeeni, (1996) "Effective Engineering Design through Simulation." *Int. Trans. Opl Res.* Vol. 3, No. 2 pp. 169-185, 1996
2. Jack P.C. Kleijnen, Carlo Meloni, Gabriella Dellino, "Robust optimization in simulation: Taguchi and Response Surface Methodology."
3. Womack, James P.; Daniel T. Jones; Daniel Roos (1990). "The Machine That Changed the World."
4. Black J., T. and L. Hunter Steve. (2012), "Lean Manufacturing Systems and Cell Design." Society of Manufacturing Engineers (SME).
5. Nair, V.N. (Ed.), 1992. "Taguchi's parameter design: a panel discussion." *Technometrics* 34(2), 127-161.
6. Irizarry, M. (1996) "Simulation-based methodology for the design of world-class manufacturing cells." Ph.D. dissertation, Department of Industrial Engineering., North Carolina State University, Raleigh, NC.
7. Taguchi, G. (1986). *Introduction to Quality Engineering*. White Plains, New York: UNIPUB/Krauss International
8. Taguchi, G & Wu, Y. (1980). "Introduction to Off-Line Quality Control." Nagoya, Japan: Central Japan Quality Association.
9. Taguchi, G. (1987). *System of Experimental Design*, Vols. 1 and 2. White Plains, New York: UNIPUB/Krauss International.
10. Kackar R (1985) "Off-Line quality control, parameter design, and the Taguchi method." *Journal of Quality Technology* 17:176-209
11. Phadke MS. "Quality Engineering Using Robust Design." Prentice-Hall: Englewood Cliffs, NJ, 1899
12. Pignatiello, J.J.Jr. & Ramberg, J.S. (1991). "Top ten triumphs and tragedies of Genichi Taguchi." *Quality Engineering*, Vol 4, No.2, pp. 211-235
13. Box, G. E. P. (1985). "Discussion of 'Off-Line Quality Control, Parameter Design, and the Taguchi Method' by R. N. Kackar." *Journal of Quality Technology* 17, pp. 189-190
14. Ramberg, J. S., Pignatiello, J. J. Jr. & Sanchez, S. M. (1992). "A critique and enhancement of the Taguchi method." *ASQC Quality Congress Transactions*, May, pp. 491-498.
15. Box, G.E.P. (1988). Signal-to-noise ratios, performance criteria and transformations (with discussions). *Technometrics*, Vol. 30, No. 1, pp. 1-40
16. Vining G.G., Myer R.H. (1990), "Combining Taguchi and Response Surface philosophies: A dual response approach." *Journal of Quality Technology* 1990; 22:38-45.
17. Lucas, J. M. (1989), "Achieving a Robust Process Using Response Surface Methodology." Paper presented at the Joint Statistical Meetings, Washington, DC, August 6-10.
18. Myers, R.H., Khuri, A.I. & Vining, G. (1992), Response surface alternatives to the Taguchi robust parameter design approach. *The American Statistician*, Vol. 46, No.2, pp. 131-139
19. Box, G.E.P., Wilson, K.B., (1951). "On the experimental attainment of optimum conditions." *Journal Royal Statistical Society, Series B* 13 (1), 1-38.
20. Kleijnen, J.P.C., (2008). "Design and Analysis of Simulation Experiments." Springer, New York.
21. Barton, R.R. and M. Meckesheimer (2006), "Metamodel-based simulation optimization." Chapter 18 in *Handbooks in Operations Research and Management Science*, Volume 13, edited by S.G. Henderson and B.L. Nelson, Elsevier/North Holland, pp. 535-574 [8, 9, 51, 102, 104, 105, 106]

22. Irizarry, M., J.R. Wilson, and J. Trevino (2001), "A flexible simulation tool for manufacturing-cell design, II: response surface analysis and case study." IIE Transactions, 33, pp. 837–846 [105]
23. Kleijnen, J.P.C. (1998), "Experimental design for sensitivity analysis, optimization, and validation of simulation models." Handbook of simulation, edited by J. Banks, Wiley, New York, pp. 173–223 [10, 20,105]
24. Law, A.M. (2015), "Simulation modeling and analysis; fifth edition." International Edition 2015, McGraw-Hill New York
25. Ing. Lorenzo Tiacci, "The Assembly Line Simulator Project" 2016. <http://impianti.dii.unipg.it/tiacci/English/research/ALS.html>, Copyright (C) 2016 Lorenzo Tiacci and University of Perugia
26. Wemmerlöv, U. and D. J. Johnson. (1997) "Cellular Manufacturing at 46 User Plants: Implementation Experiences and Performance Improvements." International Journal of Production Research, vol. 35, no. 1, Jan. 1997, pp. 29-49.





## TEKLİ DAKİKALARDA KALIP DEĞİŞİMİ İLE HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ YÖNTEMLERİNİN BİR SU DOLUM TESİSİNDE UYGULANMASI

**Büşra Duygu GÜNGÖREN**

bdgungoren@gmail.com

Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği

**Yrd. Doç. Dr. Celal ÖZKALE**

cozkale@kocaeli.edu.tr

Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği

### ÖZET

Yalın Düşünce, Yalın Üretim ve Yalın İşletme kavramları ile ortaya çıkan “yalın” çalışmalarının odak noktası israfı ortadan kaldırmaktır. Altı Sigma ise “sıfır hata” felsefesiyle hataların azaltılması ve değişkenliğin azaltılarak kalitenin iyileştirilmesine odaklanan ölçmeyi esas alan bir yöntemdir. Yalın Altı Sigma (YAS) metodolojisiyle, Altı Sigma'nın istatistik boyutu ve hataları ortadan kaldırma ilkesiyle, yalın kavramının israftan kurtulma felsefesi bir araya gelerek (birbirlerinin eksik yanlarını tamamlamaları ile) işletmelerde daha yüksek verim düzeylerine ulaşmak hedeflenmektedir.

Bu çalışmada bir su dolum tesisinde SMED ve FMEA yöntemleri uygulanarak verimliliğin artırılmasına çalışılmıştır. Yapılan uygulamalar sonucunda kalıp değişim süreleri %60 azaltılmakta; hataların RÖS (Risk Öncelik Sayısı) değerleri de belirtilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** SMED (Single Minutes Exchange Die-Setup), Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi, FMEA (Failure Mode Effects Analysis), HTEA (Hata Türü Etkileri Analizi)

### 1. GİRİŞ

Rekabetin giderek arttığı günümüzde, üretim süreçlerini daha etkin, yalın ve kaliteli yapılandırmak amacıyla, gerek mamül üretimi yapan gerekse hizmet veren işletmelerde çok sayıda ve çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Küreselleşme ile birlikte rekabetin kızıştığı bu ortamda organizasyonlar süreç geliştirme çalışmalarında da inovasyona gitmek zorunda kalmışlardır.

Ayrıca artan müşteri taleplerinin karşılanmasında yüksek kalite ve hız, olmazsa olmaz haline gelmiştir. Firmalar da bu durumu mümkün kılabilmek için yüksek kaliteye artan bir pozitif verimle ulaşabilmelidir. Her firma kendi sektörünün lideri olabilmek için öncelikle israfları ortadan kaldırmalı, katma değerli işler sahada tutulurken katma değersizlerden kurtulmalıdır (Sönmez, 2013).

Bu durumun sağlanması içinse öncelikle olaylar daima müşteri açısından tanımlanmalıdır. Çünkü büyük gelişmeler, küçük iyileştirmelerin sonucundan doğmaktadır. Bu düşünceyle hareket edildiğinde toplam ekipman verimliliği analizinde YAS anlayışının neden aktif rol aldığı anlaşılmaktadır (Öztürk E., 2014).

## 2. YALIN KAVRAMI ve YALIN ALTI SİGMA METODOLOJİSİ

Yalın Düşünce, 1996'da yöneticilere yol göstermek amacıyla Dünyayı Değiştiren Makina'nın yazarları James P. Womack ve Daniel Jones tarafından ortaya atılmış 5 temel prensipten ve 3 temel değerden oluşan bir düşünce sistemidir. Müşterinin bakış açısından değeri belirleyip, bu değer akışı esnasındaki bütün adımları tanımladıktan sonra; değer yaratmayan adımları yok ederken, değer yaratan faaliyetleri sistematik bir şekilde düzenleyip bu değeri çekmelerini sağlayan ve bu yolla mükemmelliğe ulaşmayı hedefleyen bir düşünce metodolojisi olarak da bahsedilebilir (Enstitü, 2017).

Yalın Düşünce, Yalın Üretim ve Yalın İşletme kavramları ile ortaya çıkan "yalın" çalışmalarının odak noktası israfı ortadan kaldırmaktır. Altı Sigma ise "sıfır hata" felsefesiyle hataların azaltılması ve değişkenliğin azaltılarak kalitenin iyileştirilmesine odaklanan ölçmeyi esas alan bir yöntemdir. Yalın Altı Sigma (YAS) metodolojisiyle, Altı Sigma'nın istatistik boyutu ve hataları ortadan kaldırma ilkesiyle, yalın kavramının israftan kurtulma felsefesi bir araya gelerek (birbirlerinin eksik yanlarını tamamlamaları ile) işletmelerde daha yüksek verim düzeylerine ulaşmak hedeflenmektedir.

Yalın yaklaşımlar süreç optimizasyonu içinde maliyeti azaltmaya odaklanır. Yalın, sürekli iyileştirme içinde müşteriye mükemmel ürün akışını sağlamak için israfın belirlenmesi ve yok edilmesi için sistematik bir yaklaşımdır. Yalın imalatın hedefleri; siparişlerin müşterinin istediği tarihte teslim edilmesi, hata ve gecikmeyi minimum kılarak değer yaratmayan faaliyetlerin ortadan kaldırılması ve sürekli mükemmelliği yakalamak için çaba harcamaktır (Enstitü, 2017).

Yalın olmak, ihtiyaç duyulmayan her şeyden arındırılmış olmak demektir. Bu nedenle yalın üretim, yalın düşünce, yalın girişim, yalın organizasyon gibi benzer kavramların temelinde; katma değer yaratmayan işleri gerçekleştiren ihtiyaç fazlası elemanlardan kurtulmak düşüncesi yatmaktadır (Öztürk E., 2014).

YAS, bir organizasyondaki kaliteyi geliştirmeyi, değişkenliği azaltmayı ve israfı ortadan kaldırmayı hedefleyen bir yaklaşımdır. YAS, iki gelişim programı olan Altı Sigma ve Yalın Yönetim yaklaşımlarını temel almaktadır. Altı Sigma hem bir kalite yönetim felsefesidir; hem de değişkenliği azaltmayı, hataları ölçmeyi ve ürün, süreç ve hizmetlerin kalitesini geliştirmeyi hedefleyen bir metodolojidir (Günalp, 2007). İki yöntem arasındaki en büyük ayırt edicilerden biri, Altı Sigma hatasızlığı sifıra çekmeye çalışırken, YAS israfı sifıra indirmeye çalışmaktadır (Öztürk, Arıkan & Öztürk, 2011). İstatistiksel düşünce ve istatistiksel yöntemler Yalın Altı Sigma'nın bel kemiğini oluşturur (Firuzan & Gerger, 2010).

## 3. YALIN ALTI SİGMA YÖNTEMLERİ

YAS iyileştirme planı; Altı Sigma yol haritası olarak adlandırılan ve uygulamada hedeflerin gerçekleştirilebilmesi için proje odaklı şekilde birbirini takip eden istatistiksel içerikli 5 ana bölümden oluşmaktadır. Proje odaklı döngüsel bir yaklaşımı ifade eden söz konusu aşamalar Tablo 1'de belirtilmektedir (Eren, 2017).

**Tablo 1. YAS Aşamaları**

Tanımlama (T)	Define (D)
Ölçme (Ö)	Measure (M)
Analiz (A)	Analyze (A)
İyileştirme (İ)	Improve (I)
Kontrol (K)	Control (C)

### 3.1. Tanımlama

Metodolojinin geliştiği ilk yıllarda tanımlamaya yönelik kısımlar, ölçme adımı içinde yer almıştır. Bununla birlikte zaman içindeki uygulamalar, bir işi tanımlamanın işe başlamak için şart olduğunu ve hafife alınmaması gerektiğini ortaya koymuştur. Bu kapsamda müşteri beklentilerinin süreçlere aktarılması, proje hedef ve sınırlarının müşteriye olan etkisinin saptanması önemlidir (Eren, 2017).

Bu aşamada dikkat edilmesi gereken husus, daha yüksek bir kalite yakalama ve maliyetleri azaltma ihtimalinin yüksek tutulması için seçilecek projenin işletmenin imkânları dâhilinde olmasıdır. Aksi durumda ulaşılamayacak hedef veya problem tespiti işletme motivasyonunu düşürecektir. Ayrıca problemlerin net ve sayısal veriler ile tanımlanması gerekir (Öztürk E., 2014). İhtiyaçlar anlaşıldıktan sonra, proje amaç ve hedeflerinin belirlendiği operasyon seviyesine geçilir. Tanımlama fazında şu tekniklerden bazıları kullanılır (Günalp, 2007) : Proje Bildirisi, Paydaşların Bağlılık Analizi, Afinite Diyagramları, Güçlü Yönler Analizi, Müşterinin Sesi, Kano Modeli, Pareto Analizi, Süreç Haritaları, TGŞÇM (SIPOC Analizi) .

### 3.2. Ölçme

Ölçme aşamasında mevcut durumu tüm yönleriyle açıklayan bilgiler toplanmalıdır; çünkü iyileştirmelerin etkisini belirlemek, geçerli ve doğru performans ve ölçümler ile mümkün olmaktadır. Bu aşamadaki kritik faktör ise, neyin ya da nelerin ölçüleceğinin belirlenmesidir. Zira ölçme, önemli bir maliyettir ve sürece doğrudan bir katma değeri yoktur. Bu sebeple süreçlerde dengeli ve doğru ölçüm planı oluşturulması gereklidir (Eren, 2017). Geçerli ve doğru ölçümler olmaksızın sürecin mevcut performansını ve yapılan iyileştirmelerin etkilerini belirlemek mümkün değildir (Özkan, 2006).

### 3.3. Analiz

Analiz fazı boyunca odaklanılan konu, kök sebebin bulunmasıdır. Veri analizi temel alınarak, müşteri memnuniyetine ve karlılığa katkısına göre fırsatlar önceliklendirilir (Günalp, 2007). Değişkenler arasındaki ilişkiler bu aşamada kullanılacak olan istatistiksel teknikler ile araştırılmaktadır. Bu aşamada üzerinde durulması gereken en önemli unsur ise hataların ne zaman, nerede, nasıl ortaya çıktığının tespiti için bunların nasıl onarılacağına belirlenmesidir (Öztürk E., 2014).

Bunun yanı sıra ölçme aşamasında elde edilen süreç performans değerine göre, analiz aşamasında problemler hakkında varsayımların oluşturulması, bu varsayımların verilerle doğrulanması ve sonuç olarak problemlerin temel nedenlerinin ortaya konması gerekmektedir. Analiz aşamasının temel amacı ise, süreç içinde var olan değişkenlikleri yaratan parametrelerin belirlenmesi ve seviyelerinin incelenmesidir (Eren, 2017).

Tanımlama aşamasında öngörülen birçok potansiyel faktör bu aşamada istatistiksel araçlar kullanılarak elenir ve süreç için önemli faktörler ön plana çıkarılır. Böylece analiz aşamasında, amaçlanan ile mevcut durum arasındaki farkı tespit etmek, bu farkı kapatmak için yöntemler geliştirmek ve hata ortaya çıkaran unsurları belirlemek mümkündür (Öztürk E., 2014)

Bu aşamada kullanılabilen araçlar şunlardır (Günalp, 2007): Pareto Analizi, Sebep-Sonuç Diyagramı, Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA), Hipotez Testleri, ANOVA, t-testi, Çoklu Değişken Analizleri.

### 3.4. İyileştirme

Bu aşama problemin ortadan kaldırılacağı ya da etkilerinin azaltılacağı andır (Öztürk E., 2014). Proje sonunda iyileştirmeye gidildiği, proje hedeflerine dönük iyileştirme plan ve stratejilerinin devreye alın-

dığı çalışmaları içerir. Metodolojinin problem çözümünde çok etkin faydaları olan Deney Tasarımları sayesinde önemli süreç girdilerinin optimizasyonu sağlanarak, süreç çıktısının mükemmel yaklaşmaya çalışıldığı aşamadır (Güenalp, 2007). Burada amaç; ortaya konulan çözümün, iyileşme için öncülük ettiğini göstermektir. İyileştirme yöntemi olarak; beyin fırtınası, 5S, veri toplama, hipotez testleri ve deney tasarımı gibi yöntemleri örnek verebiliriz.

### 3.5. Kontrol

İyileştirme aşamasında elde edilen kazanımların devamlılığı ve artırılması için yapılması gerekenler kontrol aşamasında ortaya konmaktadır. Başka bir ifadeyle iyileştirilmiş bir sürecin, iyileştirilmiş bir şekilde devamlılığının sağlanması için; kontrol planları hazırlanmalı ve gerçekleştirilmelidir (Eren, 2017).

Bu aşamada yaygın olarak kullanılan araçlar, istatistiksel kontrol grafikleridir. Bu grafiklere örnek vermek gerekirse: X-R grafikleri, X-S grafikleri, ortanca değer diyagramları, p, np, C ve U diyagramları, CUSUM ve EWMA grafikleri, V Maskesi Yöntemi.

Kontrol aşamasında sırasıyla, uzun vadede süreç kararlılığının garanti edilmesi, getirilerin hesaplanması, kontrol yöntemlerinin uygulanması, projenin sunumu yapılmaktadır (Öztürk E., 2014)

## 4. TEKLİ DAKİKALARDA KALIP DEĞİŞİMİ (SINGLE MINUTE EXCHANGE DIE-SETUP ) (SMED)

SMED' in İngilizce açılımı 'Single Minute Exchange of Die' olup Türkçe olarak da 'Tekli Dakikalarda Kalıp Değişirme' anlamına gelmektedir. SMED sistemi teorik olarak hazırlık sürelerini 10 dk.'nın altına düşürmeyi diğer bir deyişle tek haneli dakikalara indirmeyi amaçlayan bir sistemdir (Kemalbay, 2012).

Üretimde esnekliği sağlamak ve çekme sistemini uygulayabilmek için üretim öncesi kalıp değişimi gibi birtakım hazırlık faaliyetleri standart hale getirilmelidir. Bunu sağlamak amacıyla SMED yöntemi kullanılmaktadır (Kılıç & Ayvaz, Bahar 2016).

Başta Toyota olmak üzere dünyanın pek çok ülkesinde sayısız şirkete danışmanlık yapmış olan Shigeo Shingo, daha 1950'lerde stokuz üretim için "olmazsa olmaz" birincil koşulun, makinelerin hazırlanma süresinin kısaltılması olduğunu söylemiştir (Tosun, Avşar, Sökmen, & İmirlioğlu, 2012).

Shingo SMED'le gerçekten de adeta mucizeyi sonuçlar elde etmiştir. Örneğin, 1990'ların başında Türkiye'de otomotiv ana sanayiinde kullanılan büyük pres makinalarında hazırlık süresi hala yaklaşık 45 dakika tutarken, Shingo daha 1971'de Toyota'da bu işlemi 3 dakikaya indirmeyi başarmıştır. Dünyanın her yerinde de aynı başarıyı, değişik sanayi kollarında elde etmiştir (Shingo, 1988 - Acar, 2002).

Shingo hazırlık işlerinin iki farklı kısma ayrılması gerektiğini düşünmüştür: İçsel Hazırlık; kalıpların bağlanması ve sökülmesi gibi sadece makine durduğunda gerçekleştirilebilen işler. Dışsal Hazırlık; eski kalıpların depoya götürülmesi veya yeni kalıpların makineye taşınması gibi makine çalışırken yapılabilecek işler (Kemalbay, 2012).

Van Goubergen de kısa hazırlık sürelerinin sebeplerini üç ana gruba ayırmıştır:

**Esneklik:** İşletmeler, artan ürün sayıları ve çeşitlerinden dolayı müşteri ihtiyaçlarına hızlı cevap verebilmektedir. Bu yüzden eğer küçük parti üretimine ihtiyaç duyuyorsak düşük hazırlık sürelerine ihtiyaç vardır.

**Kapasite darboğazları:** Özellikle her makinede kaybedilen her dakika israftır. Mevcut üretim kapasitesini maksimize etmek için hazırlık sürelerini minimize edilmelidir.

**Düşük maliyetler:** Üretim maliyetleri makinelerin performansı ile ilgilidir. Toplam ekipman etkinliği (OEE) ile düşürülmüş hazırlık sürelerinin makine performansı üzerindeki etkisi kolaylıkla gösterilebilir (Kemalbay, 2012)

En önce akla gelebilecek metod, elde kronometre ile yoğun iş analizi yapmaktır. Genellikle, işi çok iyi bilen bir usta veya operatörün sorgulanması önemli ipuçları verebilir. Hazırlık işlemini videoya kaydedip, sonradan analiz etmek de iyi bir metod olabilir. Böylece ilk bakışta gözden kaçmış hareketlerin yakalanması mümkün olur (Shingo, 1988)

Fabrikalarda, SMED yaklaşımı ile ilk çalışmalara başlandığında mevcut durumun gözden geçirilmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir. Bunun için kullanılan yöntemler; Yerleşim Planının Hazırlanması, Spagetti Diyagramı, Hazırlık Operasyon Adımları Zaman Çizelgesi, Araç Gereçlerin Hazırlık Öncesi Hazır Edilmesi, Hazırlık Talimatı ve Hazırlık kontrol listesi, Ekipmanın Önceden Çalışma Rejimine Getirilmesi, Fonksiyonel Standardizasyon, Kalıpların Hazır Vaziyette Tutulması, Renk faktörünün Kullanılması, Paralel Operasyonlar (Shingo 1988)

## 5. HATA TÜRÜ ETKİLERİ ANALİZİ (HTEA)

Bir sürecin, üretime hazır hale gelmesinin ardından veya üretime geçmiş bir proseste, önemli olan sürecin veya ürünün güvenilirliğini sağlamaktır. Ürünün veya sürecin güvenilirliğini sağlamak için atılacak adım, ortaya çıkabilecek olan hataların türlerini ve bunların ürün ya da sürece etkilerini belirleyebilecek bir risk analizinin yapılması ve kurulacak veya kurulmuş olan bir sürecin güvenilirliğinin kontrol altına alınmasıdır (Yılmaz, 2000).

Yöntemin ilgilendiği hatalar şu sebeplerden meydana gelir; kırılmalık, deformasyon, eskimişlik, çatlakların çoğalması, titreşim, sızıntı, ani duruşlar, korozyon/aşınma, kısa devreler vb (Erge, 2011).

HTEA'da sistematik yaklaşımla hataların tür ve etkilerinin analizinin belirlenmesi ve dokümantasyonuna yönelik olarak takımların sistemleri, süreçleri, tasarımları ve servisleri sorgulamaları gereklidir. HTEA; ürünün tasarımını ve montaj süreçlerinin değişkenliklerini daha iyi kontrol altına alabilmek veya ortadan kaldırmak için kullanılan çok güçlü bir kalite aracıdır. Genel olarak dört tür HTEA olduğu kabul edilmektedir: Sistem HTEA, Tasarım HTEA, Proses HTEA, Servis HTEA olarak ortaya çıkmaktadır.

HTEA'da işletme süreçlerinde ortaya çıkan her sorun için bir Risk Öncelik Sayısı (RÖS) oluşturulmaktadır. Bu adımı gerçekleştirdikten sonra tüm RÖS değerleri, en büyüğünden başlayarak sıralanmaktadır. Birinci sırada olan yüksek değerli RÖS ciddi olan hatayı göstermektedir. Yetkililer bu hata ile öncelikli ilgilenmelidirler (Oymak, 2015). RÖS denklem 1'deki formül yardımıyla hesaplanmaktadır.

$RÖS = \text{Hatanın Olasılığı} * \text{Hatanın Şiddeti}(\text{Önem Derecesi}) * \text{Hatanın Saptanabilirliği} (1)$

1-10 Skalasına göre yapılan RÖS hesaplamalarında ortaya çıkan sonuçlar şu şekilde değerlendirilir:

RÖS < 40 ise önemsiz

40 < RÖS < 100 ise önlem al

RÖS > 100 ise kesin önlem al

RÖS hesaplamalarında kullandığımız puanlandırma sistemi Tablo 2, 3 ve 4'te verilmiştir.

**Tablo 2. Saptanabilirlik Derecelendirme Tablosu I**

KEŞFEDEBİLİRLİK	DERECESİ	KİTAS
HEMEN HEMEN KESİN	1	Mevcut kontroller hata türünü hemen mutlaka yakalıyorlar. Benzer proseslerin güvenilir keşfetme kontrolleri biliniyor.
ÇOK YÜKSEK	2	Çok yüksek olasılıklı mevcut kontroller hata türünü keşfedeceklerdir.
YÜKSEK	3	Yüksek olasılıklı mevcut kontroller hata türünü keşfedeceklerdir.
ORTA ŞİDDETE YÜKSEK	4	Orta şiddette olasılıklı mevcut kontroller hata türünü keşfedeceklerdir.
ORTA	5	Orta olasılıklı mevcut kontroller hata türünü keşfedeceklerdir.
DÜŞÜK	6	Düşük olasılıklı mevcut kontroller hata türünü keşfedeceklerdir.
ÖNEMSİZ	7	Önemsiz olasılıklı mevcut kontroller hata türünü keşfedeceklerdir.
ÇOK ÖNEMSİZ	8	Çok önemsiz olasılıklı mevcut kontroller hata türünü keşfedeceklerdir.
PEK ZAYIF	9	Pek zayıf olasılıklı mevcut kontroller hata türünü keşfedeceklerdir.
HEMEN HEMEN OLANAKSIZ	10	Hata türünü keşfetmek için bilinen hiçbir kontrol yok.

**Tablo 3. Hata Olasılığı Dereceleri**

HATA OLASILIĞI	HATA ORANLARI	DERECE
HEMEN HEMEN KESİN	½ ve daha az	10
ÇOK YÜKSEK	1/3	9
YÜKSEK	1/8	8
	1/20	7
ORTA	1/80	6
	1/400	5
	1/2000	4
DÜŞÜK	1/15000	3
ÇOK DÜŞÜK	1/150000	2
HEMEN HEMEN OLANAKSIZ	1/1500000 ve daha yüksek	1

**Tablo 4. Etkinin Önem Derecesi Puanlama**

ETKİ	ETKİNİN ÖNEM DERECESİ	DERECE
TEHLİKELİ İKAZ OLMADAN	Emniyetle ilgili bir arıza Hata bir ikaz olmadan meydana gelir.	10
TEHLİKELİ İKAZLA	Emniyetle ilgili bir arıza Hata bir ikazla meydana gelir	9
ÇOK YÜKSEK	Ürün birincil fonksiyonlarını kaybederek kullanılmaz hale gelir.	8
YÜKSEK	Ürün performansı azalmış bir şekilde kullanılabilir. Müşteri memnuniyetsizliği ortaya çıkar.	7
ORTA	Ürün kullanılabilir ama müşteri ürünü kullanırken bazı rahatsızlıklar ortaya çıkar.	6
DÜŞÜK	Ürün kullanılabilir ama müşteri ürünü kullanırken biraz rahatsızlık duyar.	5
ÇOK DÜŞÜK	Hata müşterilerin çoğu tarafından fark edilir.	4
KÜÇÜK	Hata ancak dikkatli müşteriler tarafından fark edilir.	3
ÇOK KÜÇÜK	Hata ancak dikkatli müşteriler tarafından fark edilir.	2
ETKİ YOK	Hatanın hiç etkisi yok	1

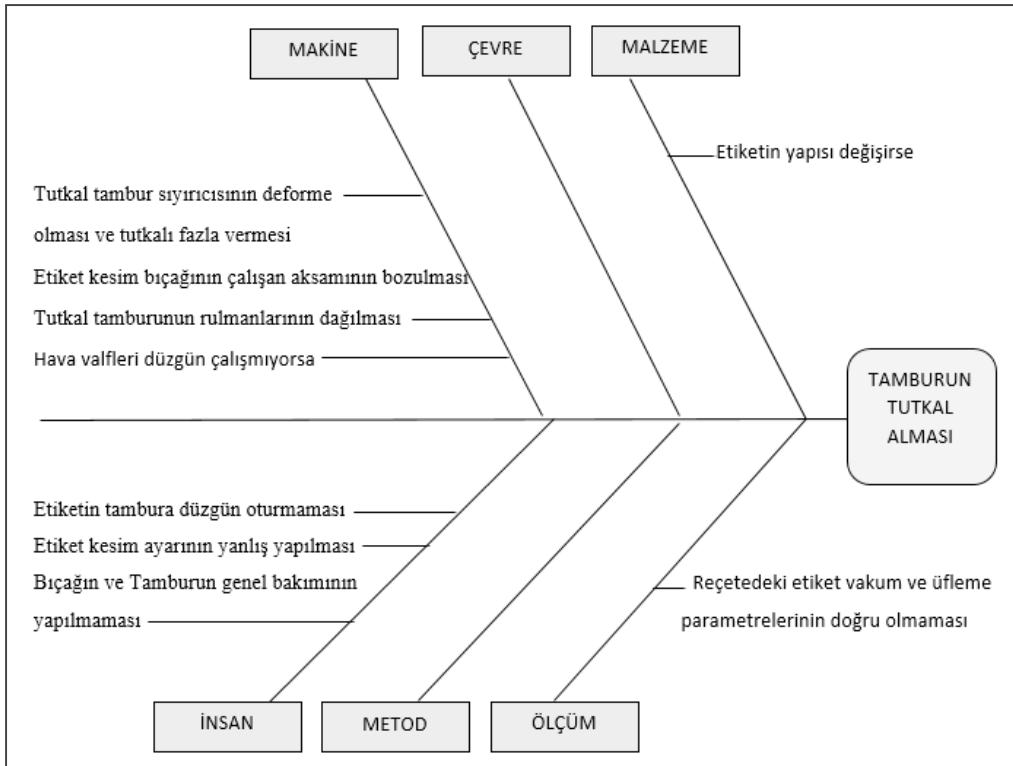
## 6. BİR SU DOLUM TESİSİNDE UYGULAMA

Bu çalışmada bir su dolum tesisinin 1,5 lt- 0,5 lt ve 0,33 lt dolum yapan hattında SMED ve HTEA yöntemleri uygulanarak verimliliğin artırılmasına çalışılmıştır. Yapılan uygulamalar sonucunda kalıp değişim süreleri %60 azaltılmakta; hataların RÖS (Risk Öncelik Sayısı) değerleri de belirtilmektedir.

Bu çalışmadaki süreçler TÖAİK prensibiyle ele alınmaktadır. İlk olarak uygulamanın tanımlama basamağından başlanarak Proje beyanıyla çalışmanın tanımı ve hedefleri netleştirilmektedir. Sonrasında son 6 ayın arşivlenmiş mevcut verileri üzerinden Toplam Ekipman Verimliliğinin (TEV) ölçülmesi amacıyla, kayda geçilen tüm duruş türleri incelenip sınıflanarak kullanılabilirlik, performans ve kalite yüzdeleri hesaplandı. Bu verilerden tesisin TEV %59,9 olarak ölçülmüştür. Yapılan Pareto Analizleri ve SIPOC Analizi sonuçlarına göre belirlenmiş olan, sistemde en yüksek faydayı sağlayacak çalışma alanlarında SMED ve HTEA yöntemlerinin uygulanmasıyla TEV oranı arttırılmaktadır.

### 6.1. HTEA Çalışmaları

Dolum ve etiket makinesindeki arızalara bakıldığında etiket makinesinde Tambur Tutkal Alması (TTA) ve dolum makinesinde Kapaklama Öncesi Şişe Sıkışması (KÖŞS) en sık görülen arıza duruşlarıdır. YAS'dan yola çıkarak başlanan bu çalışmada öncelikli amaç israf ve katma değersiz zamanın ortadan kaldırılmasıdır. Bakım sorumlusu, formenler, mühendisler ve tesis müdürünün katılımıyla gerçekleştirilen beyin fırtınası çalışması sonucunda TTA ve KÖŞS problemlerine neden olan durumların tespiti için yapılan balık kılıçığı çalışması Şekil 1'de gösterilmektedir. Bunu sonucunda HTEA yöntemiyle RÖS hesaplamak amacıyla her bir nedenin olasılık, şiddet ve saptanabilirlik parametreleri belirlenerek, kritik sorunlar tespit edilmiştir.



Şekil 1. Etiket makinesinde TTA problemi için balık kılıçığı diyagramı

**Tablo 5. Etiket Makinesinde RÖS Belirlenmesi**

Etiket makinası: Tambur tutkal Alması Sebepleri	Şiddet	Olasılık	Saptama	RÖS
Etiketin tambura düzgün oturmaması	3	6	5	90
Etiket kesim ayarının yanlış yapılması	3	7	10	210
Tutkal tambur sıyırıcısının deforme olması ve tutkalı fazla vermesi	10	1	4	40
Etiket kesim bıçağının çalışan aksamının bozulması	10	1	10	100
Tutkal tamburunun rulmanlarının dağılması	10	1	10	100
Bıçağın ve Tamburun genel bakımının yapılmaması	4	4	3	48
Hava valfleri düzgün çalışmıyorsa	7	2	4	56
Etiketin yapısı değişirse	5	5	6	150
Reçetede etiket vakum ve üfleme parametrelerinin doğru olmaması	3	9	7	189

Etiket makinesinde RÖS > 100 sonucunu veren kesin iyileştirme yapılacak kök sebepler, tablo 5'ten de görüldüğü üzere, etiket kesim ayarının yanlış yapılması (RÖS= 210), etiketin yapısı değişirse (RÖS=150), reçetede etiket vakum ve üfleme parametrelerinin doğru olmaması (RÖS=189) olarak belirlenmiştir.

HTEA yönteminden hareketle dolum makinesindeki en sık görülen problem olan kapaklama öncesi şişe sıkışmasının nedenleri ekip çalışmasıyla belirlendi ve uygun puanlamalar yapılarak risk öncelik seviyesi hesaplandı. Bunun sonucunda çok ciddi bir seviyede dolum makinesinde sensörün ıslanmasıyla kapak sıkışması olmasa bile hata verdiği tespit edildi.

**Tablo 6. Dolum Makinesinde RÖS Belirlenmesi**

Dolum: Kapaklama öncesi şişe sıkışması	Şiddet	Olasılık	Saptama	RÖS
Dolum seviyelerinin uygunsuzluğu nedeniyle sensöre su gelince sıkışma olmasa bile alarm vermesi	8	8	10	640
Giriş ve çıkış yıldızlarının senkron ayarının kaçık olması	6	2	5	60
Bariyerlerin ayarının kaçık olması	6	2	5	60

## 6.2. SMED Çalışmaları

Kalıp değişiminde makine parçalarının karakteristiği nedeniyle en çok kayıp şişirme ve dolum makinelerinde meydana gelmektedir. 1,5 lt'den 0,5 lt'ye geçiş, kalıp değişiminde şişirme makinesinde 20 adet kalıp değişimi, dolumda ise makine iç yıldızların sökülmesi oldukça zaman almaktadır. Genel olarak bakıldığında etiket makinesinin kalıp değişimi kısa sürse de dolum ve şişirme makinelerinin kalıp değişimlerinin bitmesi bekleniyor ve üretim geç başlıyor. Mevcut durumda dolum ve şişirme makinesinin kalıp değişimi iki operatör tarafından yapılmaktadır. Şişirme makinesinde kalıp değişimi için harcanan sürelere bir örnek Tablo 7'de görülmektedir.



**Tablo 7. SMED Gözlem Çizelgesi Örneği**

1,5 LT'den 0,5 LT'ye Geçiş Kalıp Değişim Çizelgesi	
Yapılan İşlem	Süre (saniye)
Taban Kalıbın Sökülmesi	8
Sol ve Sağ Yan Kalıpların Sökülmesi	46
Stoperin Sökülmesi	1
Yanların Takılması	53
Alt Kalıbın Takılması	15
Stoper Değişmesi	2
Toplam	123 saniye

Şişirme makinesinde kullanılan diğer kalıpların değişim süreleri ölçülerek Tablo 8'de verilmektedir. Kalıp değişim süresi ortalaması 154,75 saniye, Standart sapması 30,98'dir.

**Tablo 8. SMED Gözlem Sonuçları**

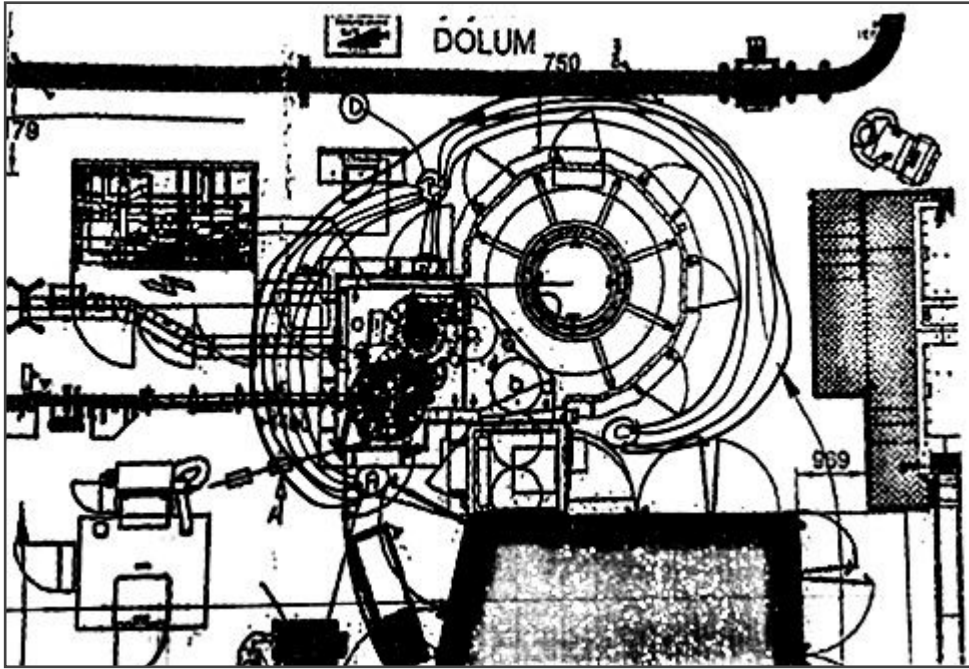
KALIP NO	SÜRE (s)	Durum	KALIP NO	SÜRE (s)	Durum
1	123	Çift operatör	11	176	Tek operatör
2	128	Çift operatör	12	145	Çift operatör
3	126	Çift operatör	13	211	Fitings arızalı
4	122	Çift operatör	14	164	Çift operatör
5	139	Çift operatör	15	221	Tek operatör
6	139	Çift operatör	16	170	Çift operatör
7	167	Operatör değişikliği	17	197	Fitings arızalı
8	159	Çift operatör	18	185	Çift operatör
9	119	Çift operatör	19	155	Çift operatör
10	129	Çift operatör	20	120	Çift operatör
Başlangıç saati	17.13		Ortalama	154,75	
Bitiş saati	18.35				

Toplam kalıp değişimi 1 saat 22 dakika sürmüştür. Dâhili süre hesaplandığında  $154,75 \times 20 / 60 = 51,5$  dk bulunmaktadır. Yıldızların dâhili değişme süresi 3,5 dakikada de buna eklendiği zaman toplamda dolum makinesinin katma değerli işlerinin kalıp değişim süresi 55 dakikadır. Yani 27 dakikalık bir israf söz konusudur.

Dolum makinesinde kalıp değişimi makinenin içinde yapılmaktadır. Yani bir operatör sabit halde makinenin içinde kalmaktadır. Her seferinde inip parçaları alıp tekrar makinenin içine girmesi zor olacağı için diğer operatör sökülen kalıbı alıp değişecek parçaları uzatmaktadır. Bu işlemin Spagetti Diyagramı Şekil 2'de verilmektedir. Operatörün gereksiz hareket ettiği belirlenmiştir. Operatör B noktasında yerde karışık halde bulunan kalıpların arasından gereken parçayı bulmaya çalışmakta bulduktan sonra da her seferinde yeni takılacak kalıbı getirip eskisini bırakmak için tekrar B noktasına dönmektedir. Bu yüzden çok fazla zaman kaybı ve bekleme meydana geldiği Şekil 2'deki Spagetti diyagramında ve Tablo 9'daki Dolum makinesine ait SMED gözlem çizelgesinde görülmektedir.

**Tablo 9. Dolum Makinesinde SMED Gözlem Çizelgesi**

1,5 LT'den 0,5 LT'ye Geçiş Kalıp Değişim Çizelgesi	
Yapılan İşlem	Süre (saniye)
Yıldızların Sökülmesi	93 saniye
Yıldızların Takılması	6 dk 25 sn
Makine içındekilerin Takılması	32 dk 35 sn

*Şekil 2. Dolum makinesinde Spagetti diyagramı*

### 6.3. Süreç İyileştirme Çalışmaları

HTEA yöntemiyle yapılan çalışmalar sonucunda belirlenmiş olan kritik problemlerin çözülmesi için beyin fırtınası tekniği kullanılarak süreçlerde iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Etiket makinesinde TTA problemiyle ilgili yapılan süreç iyileştirme çalışmaları:

Etiket yapısının değişmesi problemiyle ilgili; etiket karakteristiklerinin oluşturulması ve satınalmaya bildirilmesi sağlanmıştır.

Reçetede etiket vakum ve üfleme parametrelerinin doğru olmaması problemiyle ilgili olarak; makineye kullanıcı şifrelerinin tanımlanması, parametreleri değiştirme yetkilendirmesi bakım ekip liderliğine verilmiştir.

Etiket kesim ayarının yanlış yapılması problemini çözmek için; operatörlere gerekli eğitim verilmiştir.

Dolum makinesindeki sensöre su gelince sensörün kapak sıkışması olmasa bile hattı durdurması problemiyle ilgili olarak; dolum nozzle'larının bakımı yapıldı. Nozzle'ların mekanik aksamaları değiştirilmiştir. Reçeteden dolum seviye ayarlaması yapılmıştır.

SMED yöntemiyle yapılan çalışmalar sonucunda belirlenmiş olan kritik problemlerin de çözülmesi için

beyin fırtınası tekniği kullanılarak süreçlerde iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Oluşan tüm durumlar incelendiğinde kalıp değişiminde zaman kaybının sebepleri ve öneriler:

Şişirme makinesinde kalıp değişimi yapılırken kalıpların indirilip kaldırılması sırasında oldukça uzun bir zaman israfı söz konusu olmaktadır. Bu zaman kaybını ortadan kaldırmak için tekerlekli tezgâhlar kullanıma alınmıştır. Böylece kalıplar kolay taşınabilmekte ve iki operatör yerine tek operatör tezgâhtan kalıpları kolayca alıp takabilmektedir. Diğer operatörse başka bir makinenin kalıp değişimini yapabilecek duruma gelmektedir. Her makine için aynı yöntem uygulanarak kalıp değişiminin ortalama %60 daha kısa sürmesi sağlanmıştır.

Kalıp değişimini sürekli aynı operatörün yapması motivasyon kaybına neden olmaktadır. Diğer operatörlere de kalıp değişimi eğitimi verilerek iş yükü eşit dağıtılarak motivasyon artırılmıştır. Kalıp değişiminde daha uygun eldivenlerin kullanılmasıyla yırtılmayla kaybedilen zamanlar geri kazanılmıştır.

Dolum makinesinde yıldızların tek bir noktada ve karışık bulunması operatörün devamlı aynı noktaya gidip gelmesine sebep olmaktadır. Tekerlekli bir tezgâhla ve etiketli bölümlendirme yapılarak bu durumun yarattığı karışıklık ve zaman kaybı da giderilmiştir.

Dolum makinesinde kalıp sonlarına doğru arızalı Fitings'lerin takılmasının zorluk çıkarmaması amacıyla arızalı Fitings'lerin onarımı ve bakımı sağlandı.

HTEA ve SMED yöntemleriyle yapılan iyileştirmeler sonucunda her bir makinede bir operatör istihdam edilerek kalıp değişim süresi ortalama 4,5 saatten 1 saat 22 dakikaya indirilmiştir.

## 7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada YAS felsefesinin biraz emek dışında hiçbir maliyet istemeyen SMED ve HTEA gibi yöntemlerle uygulandığında, verimlilik ve iyileştirme üzerinde hem kısa hem uzun vadede önemli bir rolü olduğu, azalan kalıp değişim süreleriyle görülebilmektedir. Yapılan uygulamalar sonucunda kalıp değişim süreleri %60 azaltılmakta; hataların RÖS (Risk Öncelik Sayısı) değerleri de belirtilmektedir. HTEA ve SMED yöntemleriyle yapılan iyileştirmeler sonucunda her bir makinede bir operatör istihdam edilerek kalıp değişim süresi ortalama 4,5 saatten 1 saat 22 dakikaya indirilmiştir.

Önemsiz görünen hiçbir israfın çıkış gibi büyüyen ilerde daha büyük sorun oluşturmasına izin verilmemeli, sorun küçükken kolaylıkla halledilip ortadan kaldırılmalı, katma değerli işlere zaman harcanmalıdır.

## KAYNAKÇA

1. Acar, N. (2002), Tam Zamanında Üretim, Ankara, MPM Yayınları, s.85-103.
2. Enstitü Y. (2017), Yalın Düşünce, Erişim adresi : <https://lean.org.tr/yalin-dusunce-nedir/>, Erişim tarihi: 20.05.17.
3. Eren, N. S. (2017), Süreç İyileştirme Yöntemleri ve Altı Sigma Uygulamaları Bir İşletme Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
4. Erge, E. B. (2011), Sürekli Polimerizasyon İşletmelerinde Ürün Geçiş Miktarının Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
5. Firuzan, A. R. & Gerger, A. (2010), Reasons of Failure In Lean Six Sigma Projects, Journal of Yasar University, s.3384-3393.
6. Günalp, E. (2007), Yalın Altı Sigma ve Bir Şirket Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
7. Kemalbay, V. (2012), Tekli Dakikalarda Kalıp Değiştirme Zeki Karar Destek Sistemi ve Tekstil Sektöründe Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri En-

- stitüsü.
8. Kılıç, A. & Ayvaz B. (2016), Türkiye Otomotiv Yan Sanayiinde Yalın Üretim Uygulaması, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 15. Yıl Özel Sayı: 29, s.29-60.
  9. Shingo, S. (1988). A Revolution in Manufacturing the SMED System, Productivity Press Cambridge, MA. s.26- 38.
  10. Oymak, B. B. (2015), Altı Sigma Yönteminin Zeytinyağı Sektöründe Bir Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
  11. Özkan, H. (2006), Endüstride Altı Sigma Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
  12. Öztürk A., Arıkan V. S. & Öztürk M. U. (2011), Süreç İyileştirme Yöntemleri ve Yönelem Araştırması, Atatürk Üniversitesi İİBF Dergisi, 10. Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı, s.391-405.
  13. Öztürk E. (2014), Altı Sigma Metodolojisi ve Türkiye Orman Ürünleri Endüstrisinde Uygulanabilirliği, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
  14. Shingo, S. (1988), A Revolution in Manufacturing the SMED System, Productivity Press Cambridge, MA. s.87- 96.
  15. Sönmez Z. (2013), Altı Sigma Metodolojisi ile Süreç İyileştirme ve Hizmet Sektöründe Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
  16. Tosun C., Avşar B., Sökmen N. & İmirlioğlu İ. (2012), Yalın Düşünce, T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Anahtar Dergisi, Sayı 278, s.1-27.
  17. Yılmaz B. S. (2000), Hata Türü ve Etki Analizi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt 2, Sayı 4, s.1-18.



## 2. OTURUM

# Veri Madenciliği ve Endüstri 4.0

Oturum Başkanı

İBRAHİM YÜCESOY / EIM MEDAK Başkan Vekili

Müşteri İlişkileri Yönetiminin Başarısını Etkileyen Faktörlerin  
Değerlendirilmesi

Dr. HAKAN TURAN

Veri Madenciliği İçin Kritik Başarı Faktörlerinin Önceliklendirilmesi

Dr. HAKAN TURAN





## MÜŞTERİ İLİŞKİLERİ YÖNETİMİNİN BAŞARISINI ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

**Dr. Hakan TURAN**

hakanturan27@hotmail.com

**End. Yük. Müh. Gökmen TURAN**

Aktaş Holding, Bursa, gokmenturan543@yahoo.com

### ÖZET

Müşteri ilişkileri yönetimi firma ile müşteri arasında oluşturulan satış öncesi, satış ve satış sonrası aşamalarını içeren müşterinin tatmini odaklı bir yaklaşımdır. Müşteri ilişkileri yönetimini etkin bir şekilde yürütmek için müşterilerin tüm verilerine bakılmaktadır. Bu noktada bu verilere bakılarak oluşturulan istatistiksel modellere göre müşterilere teklifler sunulur. Bu tekliflere göre sonuçlar değerlendirilmektedir. Bu sayede mevcut müşterilerin elde tutulması sağlanmaktadır. Aynı zamanda yeni müşterilerin kazanılması için bir rekabet avantajı sağlarlar. Bu noktada müşteri ilişkileri yönetiminin başarısı şirketler için son derece önemlidir. Bu başarıyı elde etmek için bazı faktörler gerekmektedir. Bu çalışmada müşteri ilişkileri yönetiminin başarısını etkileyen faktörler ele alınmıştır. Bunun için çok kriterli karar verme tekniklerinden biri olan analitik hiyerarşi prosesi metodu uygulanmıştır. Sonuçların daha gerçekçi olması için bulanık mantık kullanılmıştır. Değerlendirmede 6 uzmanın görüşleri doğrultusunda değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirmelerin tutarlı olup olmadığını anlamak için tutarlılık oranı hesaplanmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Analitik Hiyerarşi Prosesi Metodu, Bulanık Mantık, Müşteri İlişkileri Yönetimi, Tutarlılık Oranı.

### EVALUATION OF FACTORS AFFECTING SUCCESS OF CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT

### ABSTRACT

Customer relationship management is a customer satisfaction-focused approach that includes pre-sales, sales and after-sales stages between the company and the customer. In order to effectively manage customer relationship management, all customer data is analyzed. At this point, according to the statistical models created by analyzing at these data, the proposals are presented to the customers. According to these proposals, the results are evaluated. In this way, the existing customers retention is provided. At the same time, they provide a competitive advantage for new customers to acquire. At this point, the success of customer relationship management is crucial for companies. Some factors are needed to achieve this success. In this study, the factors affecting the success of customer relationship management are discussed. For this, analytical hierarchy process method which one of the multiple

criteria decision making techniques has been applied. Fuzzy logic is used to make the results more realistic. Evaluation in line with the opinions of 6 experts has been conducted. The consistency rate is calculated to determine whether the assessments are consistent.

**Keywords:** Analytic Hierarchy Process Method, Fuzzy Logic, Customer Relationship Management, Consistency Ratio.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde müşteri ilişkileri yönetimi firmaların en çok tercih ettiği pazarlama yöntemlerinden biri olarak kullanılmaktadır. Müşteri ilişkileri yönetimi rekabete dayalı avantaj elde etmek isteyen firmaların başvurulan stratejik adımları içeren bir yaklaşımı ifade etmektedir. Geleneksel pazarlama anlayışının farklı olan bu yaklaşım ürün ve satış odaklı bir yaklaşımdan müşteri odaklı bir yaklaşımı sunar. Müşterilerin üründen veya hizmetten beklentilerinin giderek artması, müşteri ilişkileri yöntemini geleneksel pazarlama anlayışından üstün kılmaktadır. Gerek teknolojiadaki değişim, istenilen bilgiye anında ulaşım müşterilerin kararları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Müşteri kararlarını doğru bir şekilde yönetebilmek için müşterilere ait bilgilerin doğru bir şekilde yorumlanması gerekmektedir. Müşteri ilişkileri yönetimi mevcut müşteri bilgileri doğrultusunda ürün ve hizmet sunarken müşteri beklentilerini temel alır. Aynı zamanda, artık müşteri beklentilerini karşılamanın dışında müşterinin beklentisi olmayan yeni özelliklerin müşterinin beklentisi haline getirilmesi (örneğin tüplü televizyon kullanılırken, lcd ve led televizyonun müşterilere sunulması bir gereksinim haline getirilmesi) müşteri ilişkileri yönetiminin müşteri bilgileri doğrultusunda attığı proaktif stratejik adımlardan biri olarak görülebilmektedir.

Müşteri ilişkileri yönetimi müşteri memnuniyetini, müşteri sadakatini ve müşteriyi tutmayı içermektedir (Rigo ve diğerleri, 2016; Manzuma-Ndaaba, 2016; Adikram, 2016). Firmalar müşterilerine ilişkin gerçekçi bilgilere veri ambarlarından ulaşmaktadır (Kotler, 2000). Müşteri bilgi sistemi sayesinde firmalar müşterileri elde tutma, karını artırma fırsatı yakalarlar (Wayland, 2002).

Müşteri ilişkilerinin yönetiminin etkinliği müşteriyi analiz etme, proaktif olma, müşteriyi sınıflandırma ve çalışanları yetkin ve bağlı kılmaktan geçmektedir. (Smith, 2006). Bu bağlamda müşteri ilişkileri yönetimi süreci müşteri kazanımı, müşterinin elde tutulması, müşteri kaybı ve müşterinin geri kazanımı aşamalarından oluşmaktadır (Kumar ve Petersen, 2012).

Müşteri ilişkilerinin başarılı bir şekilde yürütülmesini sağlayan bazı faktörler vardır. Bu faktörlerin etkin bir şekilde yürütülmesi müşteri ilişkileri yönetiminin başarısı açısından son derece önemlidir. Bu faktörlerin hepsi aynı öneme sahip olmadığından uygulama ve öncelik verme açısından bunların önem derecelerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışmada müşteri ilişkilerini etkileyen faktörlerin önem ağırlıklarının değerlendirilecektir. Önem ağırlıklarını değerlendirmede hata yapılmaması için çok kriterli karar verme yöntemlerine başvurmak gerekmektedir. Çok kriterli karar verme teknikleri alternatifin ve kriterin fazla olduğu durumlarda karar vericiye kolaylık sağlamaktadır. Bu çalışmada, müşteri ilişkileri yönetiminin başarısını etkileyen kriterlerin ağırlıklandırılması için analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemine başvurulmuştur. İkili karşılaştırmaya dayanarak kriterleri ağırlıklandırmayı sağlayan AHP yöntemi (Saaty, 1980), bulanık yöntem olarak Chang tarafından geliştirilmiş genişletilmiş analizine başvurulmuştur (Chang, 1996). Sonuçların daha gerçekçi olması için AHP ile bulanık mantık birlikte ele alınmıştır. Hesaplanması kolay ve yaygın olması nedeniyle bulanık hesaplamada üçgensel değerler tercih edilmiştir.

Çalışmanın kalan kısmı aşağıdaki yapıda ele alınmıştır. İkinci bölümde, kriterlerin önem değerlerinin verilmesi ve alternatiflerin sıralanmasında uygulanan bulanık AHP yöntemi açıklanmıştır. Üçüncü bölümde, müşteri ilişkileri yönteminin başarısını etkileyen faktörlerin değerlendirmek için uygulama yapılmıştır. Son bölümde, sonuçlar ve gelecekte yapılacak çalışmalar için öneriler anlatılmıştır.



## 2. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ YÖNTEMİ

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kriterleri ağırlıklandırma amacıyla ikili karşılaştırmaya dayanan bu yöntem, daha gerçekçi ve daha anlamlı sonuçlar üretmek için bulanık mantıkla birlikte kullanılmaktadır. Böylece Saaty tarafından geliştirilen bu yöntem zaman içerisinde bulanık AHP olarak ta kullanılmaya başlanmıştır. Bulanık AHP yöntemleri içerisinde, Chang'ın genişletmiş analizi hesaplaması daha kolay ve anlamlı olduğu için genel olarak daha çok rağbet görmüştür. Bu çalışmada da, Chang'ın genişletilmiş analiz yöntemi uygulanmıştır. Buna göre adımlar aşağıdaki gibidir (Chang, 1996):

### Adım 1: Kriterleri belirleme ve bulanık ölçeği oluşturma

İkili karşılaştırmalar için belirlenen üçgensel bulanık sayılar ve ölçek değerleri Tablo 1'de gösterilmektedir.

**Tablo 1. İkili Karşılaştırmada Kullanılan Dilsel İfadeler ve Bulanık Önem Değerleri (Vahidnia Ve Diğerleri, 2009)**

Sözel Önem	Bulanık Değerler	Karşılık Ölçek
Eşit Önem (E)	(1,1,1)	(1/1,1/1,1/1)
Ara Değer (EI)	(1,2,3)	(1/3,1/2,1/1)
Biraz Önemli (M)	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
Ara Değer (MI)	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
Fazla Önemli (S)	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)
Ara Değer (SI)	(5,6,7)	(1/7,1/6,1/5)
Çok Fazla Önemli (VS)	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6)
Ara Değer (VSI)	(7,8,9)	(1/9,1/8,1/7)
Son Derece Önemli (EX)	(8,9,9)	(1/9,1/9,1/8)

### Adım 2: İkili karşılaştırmaları gerçekleştirme

Tablo 1'e göre, ikili karşılaştırmaları gerçekleştirilir.

### Adım 3: Tutarlılık oranını hesaplama

Eğer tutarlılık oranı 0,1'den büyükse ikili karşılaştırmalar yeniden yapılır. İkili karşılaştırmalar matriste yapıp sonrasında tutarlılık hesaplanır (Eşitlik 1 ve 2). Tablo 2'den elde edilen Tutarlılık İndeksi (CI) ve Rastgele İndeksi (RI) Tutarlılık Oranının hesaplamada kullanılır.

$$\text{Tutarlılık İndeksi CI} = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (1)$$

$$\text{Tutarlılık Oranı (CR)} = \text{Tutarlılık İndeksi (CI)} / \text{Rastgele indeksi (RI)} \quad (2)$$

**Tablo 2. Rastgele İndeksi (Saaty, 1980)**

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

### Adım 4: Bulanık AHP yöntemini seçme

Uygulaması kolay olduğu için Chang (196) tarafından geliştirilmiş üçlü üçgensel değerlere dayanan genişletilmiş bulanık yöntem seçilmiştir.

**Adım 5: Bulanık AHP yöntemini uygulama**

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  amaçlar kümesi ve  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  hedefler kümesidir. Bundan dolayı, her bir amaç için  $m$  genişletilmiş analiz değeri Eşitlik 3'te gösterilmiştir:

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m, \quad i=1,2,\dots,n \quad (3)$$

**Adım 5.1: i. Amaca göre, bulanık yapay büyüklük değeri (Eşitlik (4) ve Eşitlik (7)):**

$$S_Y = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{i=1}^n l_j, \sum_{i=1}^n m_j, \sum_{i=1}^n u_j \right) \quad (6)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_j}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_j}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_j} \right) \quad (7)$$

**Adım 5.2:  $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  olasılık değeri (Eşitlik (8) ve Eşitlik (9)):**

$$V(M_2 \geq M_1) = [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] \quad (8)$$

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1, & m_2 \geq m_1 \\ 0, & l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \end{cases} \quad (9)$$

**Adım 5.3: Bir bulanık sayının olasılığı diğer bulanık değerlerden  $M_i$  ( $i= 1, 2, \dots, k$ ) ve ağırlık vektöründen daha büyüktür (Eşitlik (10) ve Eşitlik (12)):**

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1), (M \geq M_2), \dots, (M \geq M_k)] \\ = \min V(M \geq M_i), i=1,2,3,\dots,k \quad (10)$$

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \text{ her biri için } k=1,2,\dots,n; k \neq j \quad (11)$$

$$\text{Ağırlıklandırma Vektörü } W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (12)$$

**Adım 5.4: Normalize edilmiş ağırlık vektörünü hesaplama (Eşitlik (13)):**

$$W=(d(A_1),d(A_2),\dots,d(A_n))^T \quad (13)$$

**3. MÜŞTERİ İLİŞKİLERİ YÖNETİMİNDE BULANIK AHP UYGULAMASI**

Şirketler müşterileriyle uzun süreli ilişkiler kurmak mecburiyetindedir. Müşterilerle kurulan ilişkilerdeki yetersizlikler müşteri ilişkileri yönetimi uygulamalarını zorunlu kılmaktadır.

Müşteri ilişkileri yönetimini uygularken belli başlı bazı noktalar önem kazanmaktadır. Bu noktaların üzerine gidildiğinde başarı unsuru artmaktadır. Bu çalışmada da, müşteri ilişkileri yönetiminin başarısını etkileyen kriterler incelenmiştir. Bu kriterlerin önem ağırlıkları belirlenerek hangi faktörün müşteri ilişkileri yönetimi için etkili olduğu ortaya konmuştur. Bunun için yapılan araştırmalar sonucu 6 faktör belirlenmiştir. Bu faktörler, değerlendirmek üzere 5 uzmanın görüşü alınmıştır. Çalışmada kriterlerin ağırlığını vermek için bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır.

Bulanık AHP yöntemiyle belirlenen bu altı kriter, fonksiyonel bir program kullanımı (C1), çalışanların bilgilendirilmesi (C2), üst yönetimin desteği (C3), stratejilerin belirlenmesi (C4), müşteri verilerinin kalitesi (C5) ve kaynakların etkin kullanımı (C6) şeklindedir. Karar vericiler için ikili karşılaştırmalar Tablo 5'teki gibidir.

**Tablo 5. Karar Vericiler İçin İkili Karşılaştırmalar**

Faktörler	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	E	EI,EI,EI,E,EI	EI,EI,EI,E,E	EI,EI,EI,E,E	E,E,E,E,E	M,M,EI,E,M
C2		E	E,E,E,E,E	E,E,1/EI,E,E	1/EI,1/EI,1/EI,E,1/EI	EI,EI,E,E,EI
C3			E	E,E,E,E,E	1/EI,1/EI,1/EI,E,1/EI	EI,EI,E,E,EI
C4				E	1/EI,1/EI,1/EI,E,1/EI	EI,EI,E,E,EI
C5					E	M,M,M,E,M
C6						E

Tutarlılıkları incelendiğinde;

1. uzmanın değerlendirmesi %0,22
2. uzmanın değerlendirmesi %0,22
3. uzmanın değerlendirmesi %1,73
4. uzmanın değerlendirmesi %0,00
5. uzmanın değerlendirmesi %1,19

şeklinde hesaplanmıştır. Hiçbir oranın %10'dan yüksek olmadığı görülmektedir.

Bulanık AHP yöntemine göre, kriterlerin ağırlıkları aşağıdaki gibidir (Tablo 6).

**Tablo 6. Kriterler İçin Ağırlıklar**

Faktörler	Ağırlıklar	Sıralama
C1	22,74	2
C2	14,55	5
C3	14,81	4
C4	15,46	3
C5	24,85	1
C6	7,59	6

Tablo 6'daki sonuçlar C5'nin yani müşteri verilerinin kalitesinin en önemli kriter olduğunu ortaya koymuştur. C1 olarak tanımlanmış olan fonksiyonel bir programın kullanılması önem olarak C5'i takip etmektedir. En az öneme sahip kriter olarak C6 yani eldeki mevcut kaynakların etkin kullanımı ortaya çıkmıştır.

#### 4. SONUÇ

Yürütülen çalışmada, müşteri ilişkileri yönetiminin başarısını etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Kriterlerin ağırlıklandırmasında AHP yöntemine başvurulmuştur. Daha gerçekçi sonuçlara ulaşmak için bulanık mantıktan faydalanılmıştır. Bulanık yöntem olarak kullanım kolaylığı ve yaygınlığı nedeniyle üçgensel değerler tercih edilmiştir. İkili karşılaştırmaya dayanan bu yöntemde, değerlendirmelerin doğru olup olmadığını anlamak için tutarlılıkları incelenmiştir. Bu çalışma ile üst yönetimin müşteri ilişkileri yönetimi çalışmalarında karar vermesinde kolaylı sağlaması, elindeki imkanları kullanmada bir ışık tutması amaçlanmıştır. Bütünsel bir bakış açısıyla değerlendirme imkanı sunması hedeflenmiştir. İleride yürütülecek çalışmalar için değerlendirme kriterlerine ek kriterler eklenebilir. Bulanık AHP yöntemi yerine farklı bir çok kriterli karar yöntemi ya da başka bir disiplinle kriterlerin önem ağırlıkları belirlenebilir.

#### KAYNAKLAR

1. Adikaram, C. H. (2016), The Relationship between Customer Relationship Management and Customer Satisfaction, *International Journal of Arts and Commerce*, 5(2), 69-95.
2. Chang, D. Y. (1996), Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP, *European Journal of Operational Research*, 95, 649-655.
3. Kotler P. (2000) , *Kotler ve Pazarlama*, Çeviren: Ayşe ÖZYAĞCILAR, Sistem Yayıncılık, İstanbul.
4. Kumar, V. ve Petersen, J. A. (2012). *Statistical Methods in Customer Relationship Management*. John Wiley & Sons, Ltd.
5. Manzuma-Ndaaba, N., Harada, Y., Romle, A. ve Shamsudin, A. (2016), Cognitive, Affective and Conative Loyalty in Higher Education Marketing: Proposed Model for Emerging Destinations, *International Review of Management and Marketing*, 6(S4): 168-175.
6. Rigo, G., Pedron, C., Caldeira, M. ve Araújo, C. (2016), CRM Adoption in a Higher Education Institution, *Journal of Information Systems and Technology Management*, 13(1), 45-60.
7. Saaty, T. L. *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill, 1980.
8. Smith, A. (2006) "CRM and Customer Service: Strategic Asset or Corporate Overhead?", *Handbook of Business Strategy*, 7(1), 87-93.
9. Vahidnia, M. H., Alesheikh, A. A. and Alimohammadi, A. (2009), "Hospital Site Selection Using Fuzzy AHP and its Derivatives", *Journal of Environmental Management*, 90(10), 3048-3056.
10. Wayland R. E., COLE Paul M. (2000), *Müşteri Bağlantıları*, Editör: Ünal ÇAĞLAR, Alfa Yayınları, İstanbul.



## VERİ MADENCİLİĞİ İÇİN KRİTİK BAŞARI FAKTÖRLERİNİN ÖNCELİKLENDİRİLMESİ

**Dr. Hakan TURAN**

hakanturan27@hotmail.com

**End. Yük. Müh. Gökmen TURAN**

Aktaş Holding, Bursa, gokmenturan543@yahoo.com

### ÖZET

Firmaların rekabete dayanan avantaj elde etmesindeki önemli noktalardan bir tanesi elde edilen verinin etkin bir şekilde kullanılmasıdır. Veriler firmalar için mevcut durumu yansıttırmasının yanında ileriye yönelik adımlar atmasında önemli bir katkıda bulunmaktadır. Günümüzde veri madenciliği konusu gittikçe önem kazanmaktadır. Birçok sektörde de veri madenciliği çalışmaları uygulanmaktadır. Firmaların stratejilerini oluşturmak için veri madenciliğine başvurduğu görülmektedir. Çok büyük miktardaki veriyi kullanarak analiz etmeyi sağlayan veri madenciliği ile tahminleme yapılmaktadır. Veri madenciliğinin başarılı bir şekilde yürütülmesi için önemli kriterleri değerlendirmek gerekmektedir. Bu çalışmada veri madenciliğinin başarısını etkileyen kritik faktörler incelenmiştir. Bu değerlendirme için çok kriterli karar verme tekniklerinden biri olan basit toplamlı ağırlıklandırma yöntemi uygulanmıştır. Sonuçların daha güvenilir olması için bulanık yöntemle başvurulmuştur. Değerlendirme için 5 uzmanın görüşü alınmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yöntemi, Bulanık Mantık, Kritik Başarı Faktörleri, Veri Madenciliği

### PRIORITIZATION OF CRITICAL SUCCESS FACTORS FOR DATA MINING

#### ABSTRACT

One of the key points for the companies which aim to a competitive advantage is the efficient use of the existing data. In addition to reflecting the current situation for the companies, the data also make a significant contribution in taking forward steps. Today, data mining is getting more and more important. Data mining studies are also applied in many sectors. It is seemed that companies apply to data mining to create their strategies. Data mining that allows analysis using very large amounts of data is used to make prediction. In this study, critical factors affecting the success of data mining are examined. For this evaluation, simple additive weighting which is one of the multiple criteria decision making techniques has been applied. The fuzzy method is implemented to attain the outcomes more reliable. Opinions of five experts were received for evaluation.

**Keywords:** Simple Additive Weighting Method, Fuzzy Logic, Critical Success Factors, Data Mining

## 1. GİRİŞ

Şirketler stratejilerini belirlerken mevcut ellerindeki bilgiden faydalanırlar. Bu bilgi kimi zaman işlenmemiş kimi zaman işlenmiş halde bulunmaktadır. Şirketlerin bunu stratejilere dönüştürebilmesi için verinin anlamsızlıklarından temizlenip anlamlı hale dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu bilgilerin stratejiye dönüştürülmesinde veri madenciliği önemli bir yer tutar.

Veri madenciliği, elde bulunan verilerin çok net kullanılmaması ama potansiyel bilgilerin ortaya çıkarılmasıdır. Verinin analiziyle ilgilidir (Vahaplar ve İnceoğlu, 2000). Bu bilgilerin istatistiksel yöntemler ışığı altında tahminleme yapılması sağlanmaktadır. Veri madenciliğinde kullanılan modeller tahmin edici ve tanımlayıcı olarak görülmektedir (Akpınar, 2000). Veri madenciliği gerek verinin depolanması gerekse rakiplerle rekabet edebilme gerekse tahminler oluşturmak açısından son derece önemlidir.

Veri madenciliğinin etkin bir şekilde uygulanmasını sağlayan kritik başarı faktörleri vardır. Kritik başarı faktörlerinin etkin bir şekilde ele alınması veri madenciliğinin başarısını ciddi anlamda etkilemektedir. Bu başarı faktörlerin önem ağırlıkları aynı ölçüde olmadığından bu ağırlıkların belirlenmesiyle, bu faktörlere ilişkin yürütülecek faaliyetleri de etkileyecektir. Bu çalışmada veri madenciliğinin başarısını etkileyen kritik başarı faktörlerinin önem dereceleri belirlenmiştir. Önem derecelerini belirlemede daha iyi sonuç almak için çok kriterli karar verme yöntemlerine başvurmak gerekmektedir. Bu çalışmada, veri madenciliğinin başarısını etkileyen kritik başarı faktörlerinin ağırlıklandırılması için basit toplamlı ağırlıklandırma (SAW) yöntemine başvurulmuştur. İlk olarak 1945 yılında Churchman ve Ackoff tarafından SAW yöntemi portföy seçimi problemi için uygulanmıştır (Churchman ve Ackoff, 1954). Ağırlıklandırılmış lineer kombinasyon ve skorlama yöntemi olarak ta bilinen çok kriterli karar verme tekniğidir (Savitha ve Chandrasekar, 2011). Sonuçların daha gerçekçi olması için SAW yöntemine ek olarak bulanık mantıktan da faydalanılmıştır. Hesaplanması kolay ve yaygın olması nedeniyle bulanık hesaplamada üçgensel değerler tercih edilmiştir.

Çalışmanın kalan kısmı aşağıdaki şekilde organize edilmiştir. İkinci bölümde, kriterlerin önem değerlerinin verilmesi ve alternatiflerin sıralanmasında uygulanan bulanık SAW yöntemi anlatılmıştır. Üçüncü bölümde, veri madenciliği için kritik başarısını etkileyen faktörlerin değerlendirmek için uygulama gerçekleştirilmiştir. Son bölümde, sonuçlar ve gelecekte yapılacak çalışmalar için öneriler anlatılmıştır.

## 2. BULANIK SAW YÖNTEMİ

İlk olarak SAW yöntemi 1945 yılında Churchman ve Ackoff tarafından portföy seçimi problemi için uygulanmıştır (Churchman ve Ackoff, 1954). Bu yöntemin bir diğer adı ağırlıklandırılmış lineer kombinasyon ve skorlama metodudur ve çok kriterli karar verme metodlarından biridir (Savitha ve Chandrasekar, 2011). SAW yöntemi ağırlıklandırılmış ortalamayı hesaplamaktadır (Afshari ve diğerleri, 2010). Hesaplaması son derece kolay olduğu için çok kriterli karar verme problemlerinde tercih edilen bir methodur. (Podvezko ve diğerleri, 2010; Memariani ve diğerleri, 2009; Ginevicius ve Gineviciene 2009 ; Podvezko, 2008). Bu yöntemin daha gerçekçi sonuç üretmesi için bu çalışmada bulanık mantıkla birlikte ele alınmıştır. Nitekim, Widayanti ve diğerleri (2013)'e göre, SAW yönteminin normalizasyon sürecindeki eksikliklerinden kurtulmak için bulanık SAW yöntemi kullanmak daha gerçekçi değerler verecektir. İnsan düşünceleri arasındaki bulanıkların önüne geçmek için Zadeh bulanık teoriyi oluşturmuştur ve bulanık değerler için oluşturduğu üyelik fonksiyonu ile amaçların değerleri 0 ile 1 arasındadır (Zadeh, 1965). Böylelikle karar verici tarafından kullanılan dilsel terimlerin kullanımıyla oluşacak subjektif değerlendirmenin önlenmesi hedeflenmektedir (Zadeh, 1975).

Bulanık SAW'ın adımları aşağıdaki gibidir (Modarres ve Sadi-Nezhad, 2013):

1. Karar vermede kullanılacak kriterlerin seçilmesi
2. Uzmanlar ( $E_k$ ;  $k = 1, 2, \dots, n$ ) tarafından her bir kriterin ( $C_j$ ;  $j = 1, 2, \dots, m$ ) dilsel terimler için ifade edilmesi
3. Üçgensel bulanık değerlere göre tüm kriterler için bulanık karar matrisinin oluşturulması

$$DM_k = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & & X_{mn} \end{bmatrix}$$

4. Her bir kriterin ortalama bulanık skorunun, durulanmış değerinin ve normalize ağırlığının [ $W$ ] belirlenmesi

$$\text{Ortalama bulanık skor } (A_{jk}) = \frac{(f_{j1}^k + f_{j2}^k + \dots + f_{jn}^k)}{n}; j = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n$$

$$\text{Durulaştırılmış değerler } (e) = (a + b + c) / 3$$

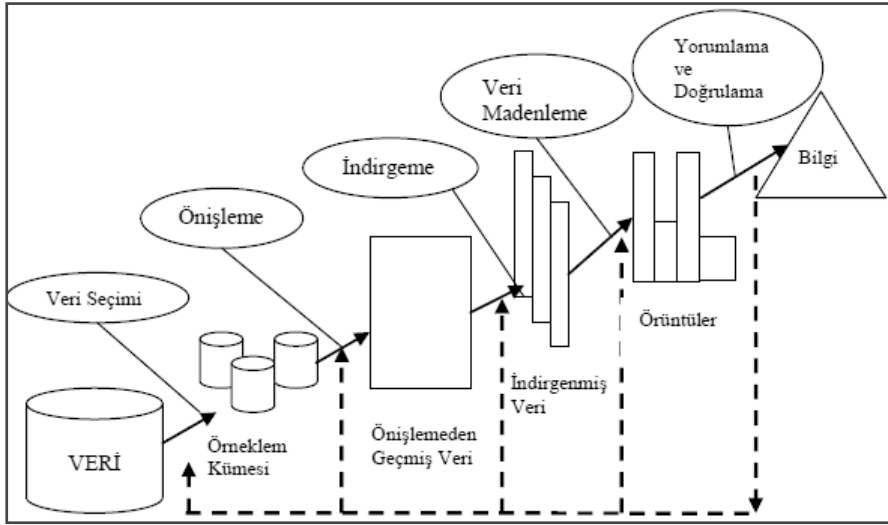
5. Her bir alternatif için uzmanlar ( $A_i$ ;  $i = 1, 2, \dots, 5$ ) tarafından dilsel değerlerin ifade edilmesi
6. Her bir alternatifin ortalama bulanık skorunun, durulanmış değerinin belirlenmesi
7. Tüm kriterler ve alternatifler için karar matrisinin [ $X_{ij}$ ] oluşturulması
8. Tüm kriterler ve alternatifler için normalize karar matrisinin [ $R_{ij}$ ] oluşturulması
9. SAW yöntemine göre her bir alternatifin toplam skorunun  $TS = [R_{ij}] [W_j]$  oluşturulması
10. En iyi alternatif değerine göre normalizasyonun yapılması
11. Alternatifler için nihai skorlar ve sıralamanın belirlenmesi

### 3. VERİ MADENCİLİĞİNDE KRİTİK BAŞARI FAKTÖRLERİ İÇİN BULANIK SAW UYGULAMASI

Veri madenciliği şirketlere ellerindeki verilerin aralarındaki ilişkileri veren modeller ile anlamlı değerlendirmeler yapmasını sağlar. Veri madenciliği süreci Şekil 1'de de görüldüğü gibi 5 aşamadan oluşmaktadır. Veri Seçimi aşamasında, uygun örneklem kümesi için verinin birleştirilmesi aşamasıdır. Veri Ön işleme aşamasında, eksik ve hatalı verinin çıkarılarak veya değiştirilerek veri kalitesi artırılır. Veri İndirgeme aşamasında, ilgisiz ve mükerrer kayıtların atılmasıdır. Veri Madenleme aşamasında veri sorgusu yapılmaktadır. Veri Yorumlama ve Doğrulama aşamasında geçerlilik, yenilik, yararlılık ve basitlik noktalarına göre değerlendirilmesidir.

Veri madenciliği çalışmaları firmaların ellerindeki veri ile müşteri arasındaki, bağı kuvvetlendirmeyi sağlamaktadır. Bunun için hazırlanan modeller bu bağı sadakate dönüştürmeyi sağlar. Bu çalışmada, veri madenciliğinin başarılı bir şekilde uygulanması için gerekli parametreler incelenmiştir. Bu ortaya konulan faktörlerin önem ağırlıkları açısından değerlendirme yapılmıştır. Böylece veri madenciliği çalışmaları yürütürken hangi parametrenin daha fazla öneme sahip olduğu hangisinin daha az öneme sahip olduğu ortaya konulmuştur. Bu bilgiler ışığında veri madenciliği çalışmaları yürütecek veya yürütmekte olan firmaların hangi noktalara önem vermeleri konusunda bilgi sunmaktadır.

Bunun için veri madenciliği konusunda 5 uzmanın fikirleri doğrultusunda firma seçimini etkileyen 10 kritik başarı faktörü belirlenmiştir. Bu kriterler Verinin Kalitesi (C1), Firmanın Teknolojik Yeterliliği (C2), Organizasyonun Uyumunu (C3), Üst Yönetimin Desteği (C4), Yeterli Zamanın Ayrılması (C5), Verinin Standardizasyonu (C6), Verinin Açıklığı (C7), Programın Kullanım Kolaylığı (C8), Programın Fonksiyonelliği (C9) ve Programın Performansı (C10) şeklindedir.



Faktörlerin değerlendirilmesinde çok kriterli karar verme yöntemleriyle belirlenmiştir. Çalışma için çok kriterli karar yöntemlerinden biri olan SAW yöntemi kullanılmıştır. Sonuçların daha anlamlı olması adına bulanık mantıkla birlikte ele alınmıştır. Bulanık sayılar olarak üçgensel değerler tercih edilmiştir. Dilsel deyimler için kullanılan üçgensel bulanık sayılar Tablo 1'deki gibidir. Çok Düşük (ÇD), Düşük (D), Orta Düşük (OD), Orta (O), Orta Yüksek (OY), Yüksek (Y), Çok Yüksek (ÇY) şeklinde kısaltılmıştır.

Uzmanlara göre her bir kriterin dilsel değişkenlere göre değerlendirilmesi Tablo 2'deki gibidir. Her bir kriterin ortalama bulanık sayıları, durulaştırılmış değerleri ve normalize edilmiş ağırlıkları Tablo 3'teki gibidir.

**Tablo 1. Dilsel Deyimler İçin Bulanık Sayılar**

Dilsel Deyimler	Bulanık Değerler		
ÇD	0	0	0,1
D	0	0,1	0,3
OD	0,1	0,3	0,5
O	0,3	0,5	0,7
OY	0,5	0,7	0,9
Y	0,7	0,9	1
ÇY	0,9	1	1

**Tablo 2. Uzmanlara Göre Her Bir Kriterin Dilsel Değişkenlere Göre Değerleri**

Kriterler	DM1	DM2	DM3	DM4	DM5
C1	VH	VH	VH	VH	H
C2	MH	M	H	MH	M
C3	ML	H	H	M	H
C4	H	MH	ML	M	ML
C5	ML	M	M	ML	M
C6	MH	M	MH	H	H
C7	MH	H	H	H	MH
C8	MH	M	H	H	H
C9	VH	H	H	VH	H
C10	VH	VH	VH	H	H



**Tablo 3. Her Bir Kriterin Ortalama Bulanık Sayıları, Durulaştırılmış Değerleri Ve Normalize Edilmiş Ağırlıkları**

Kriterler	Ortalama Bulanık Sayılar			Durulaştırılmış Değerler	Normalize Değerler
C1	0,86	0,98	1	0,946667	0,12874
C2	0,46	0,66	0,84	0,653333	0,088849
C3	0,5	0,7	0,84	0,68	0,092475
C4	0,34	0,54	0,72	0,533333	0,072529
C5	0,22	0,42	0,62	0,42	0,057117
C6	0,54	0,74	0,9	0,726667	0,098821
C7	0,62	0,82	0,96	0,8	0,108794
C8	0,58	0,78	0,92	0,76	0,103354
C9	0,78	0,94	1	0,906667	0,1233
C10	0,82	0,96	1	0,926667	0,12602

Tablo 3'te görüldüğü gibi verinin kalitesi veri madenciliği çalışmalarında en önemli faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Bu faktörü kullanılan programın performansı ve fonksiyonelliği izlemektedir. En az öneme sahip kriter ise yeterli zamanın ayrılması olarak görülmektedir.

#### 4. SONUÇ

Yürütülen çalışma ile veri madenciliği çalışmalarının başarısını etkileyen kriterler incelenmiştir. Bu kriterlerin önem ağırlıklarının hesaplanmasında bulanık SAW yönteminden faydalanılmıştır. Değerlendirme için 5 uzmanın düşüncelerine göre faktörler, bulanık dilsel ifadelerle değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme ile 10 faktörün önem ağırlıkları hesaplanmıştır. Bulanık SAW yöntemi sonuçlara ulaşmada kolay olduğu için çok kriterli karar verme problemleri için rahatlıkla uygulanabileceği görülmüştür. Bundan sonraki uygulanacak çalışmalar için bu kriterleri değerlendirmede farklı çok kriterli karar verme yöntemlerine başvurulabilir. Daha fazla sayıda uzmanın görüşü alınarak çalışma daha anlamlı hale getirilebilir. Ayrıca çalışmada başvuru bulanık SAW yöntemi ile çok farklı çok kriterli karar verme problemi karşılaşılan sektörlerde de değerlendirme yapılabilir.

#### KAYNAKLAR

1. Akpınar, H. (2000). Veri Tabanlarında Bilgi Keşfi ve Veri Madenciliği, İşletme Fakültesi Dergisi. 29(1), 1-22.
2. Afshari, A., Mojahed, M. ve Yusuff, R.M. (2010), Simple Additive Weighting Approach to Personnel Selection Problem, International Journal of Innovation, Management and Technology, 1(5), 511-515.
3. Churchman, C.W. ve Ackoff, R.L. (1954), An Approximate Measure of Value", Journal of the Operations Research Society of America, 2(2), 172-187.
4. Ginevicius, R.ve Gineviciene, V.B. (2009), The Compliance of Master's Degree Studies with the Economic Needs of the Country. Technological and Economic Development of Economy, 15(1), 136-153.
5. Memariania, A., Aminib, A. ve Alinezhad A. (2009), "Sensitivity Analysis of Simple Additive Weighting Method (SAW): The Results of Change in the Weight of One Attribute on the Final

- Ranking of Alternatives”, Journal of Industrial Engineering 4, 13-18.
6. Modarres, M. ve Sadi-Nezhad, S. (2005), “Fuzzy Simple Additive Weighting Method by Preference Ratio”, Intelligent Automation and Soft Computing, 11(4), 235-244.
  7. Podvezko, V., Mitkus, S.ve Trinkuniene, E. (2010). “Complex Evaluation of Contracts for Construction”, Journal of Civil Engineering and Management, 16(2), 287-297.
  8. Podvezko, V. (2008). “Comprehensive Evaluation of Complex Quantities”, Business: Theory and Practice, 9(3), 160-168.
  9. Savitha, K. ve Chandrasekar, C. (2011),Trusted Network Selection using SAW and TOPSIS Algorithms for Heterogeneous Wireless Networks, International Journal of Computer Applications, 26(8), 22-29.
  10. Vahaplar, A. ve İnceoğlu, M., 2000. Madenciligi ve Elektronik Ticaret, <http://www.bayar.edu.tr/bid/dokumanlar/inceoglu.doc>, Ege Üniversitesi, İzmir.
  11. Widayanti D., Oka S. ve Arya S. (2013), “Analysis and Implementation Fuzzy Multi-Attribute Decision Making SAW Method for Selection of Achieving Students in Faculty Level”, International Journal of Computer Science, 10(2), 674-680.
  12. Zadeh, L.A. (1975), “The Concept of A Linguistic Variable and Its Application Approximate Reasoning, Part 1, 2, and Part 3”, Information Sciences, 8(3), 199-249.
  13. Zadeh, L.A. (1965), “FuzzySets”, Information Control, 8, 338-353.



## 3. OTURUM

# Talep Tahminleri ve Endüstri 4.0

Oturum Başkanı

SAADET SAYIN / EİM MEDAK Sekreteri

Bir Üniversite Yemekhanesi İçin Talep Tahmin Modelleri Geliştirilmesi

PROF. DR. MEHMET AKTAN

Değer Akışı Esaslı Maliyet Ve Yatırım Analizleri: Beyaz Eşya  
Endüstrisinden Bir Uygulama

DOÇ. DR. EMRE ÇEVİKCAN

Perakende Giyim Sektöründe Yapay Sinir Ağları İle Talep Tahmini

DOÇ. DR. ŞULE İTİR ŞATOĞLU





## BİR ÜNİVERSİTE YEMEKHANESİ İÇİN TALEP TAHMİN MODELLERİ GELİŞTİRİLMESİ

**Prof. Dr. Mehmet AKTAN**

Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Tuba ULUSOY**

Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Fatma ATEŞ**

Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

### ÖZET

Personeline veya öğrencilerine yemek hizmeti sunan üniversite yemekhanelerinde, gün içerisinde yemekhanede kaç kişiye yetecek kadar yemek hazırlanacağı kritik bir karar verme problemi ve sonuçta yemek hizmeti alan kişi sayısı da, zaman, maliyet ve müşteri memnuniyeti açısından önemlidir. Bu sayının mümkün olduğu kadar doğru olarak tahmin edilmesi, kuruma ve yemek yiyen kişilere önemli faydalar sağlayacaktır. Doğru tahmin sayesinde, gerçekleşecek talepten fazla yemek yapılması ve yemeğin israf edilmesinin önüne geçilebilecektir. Aynı zamanda, yemeğin eksik miktarda hazırlanması ve yemek için yemekhaneye gelen kişilere yemek sunulmaması sorunu da önlenilecektir.

Bu çalışmada, bir üniversite yemekhanesinin geçmiş yıllara ait yemekhane verileri, farklı talep tahmin yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Verilerin davranışını açıklayan farklı talep tahmin modelleri geliştirilmeye çalışılmıştır. Ayrıca talep tahmin yöntemlerinin performansları karşılaştırılmıştır.

### 1. GİRİŞ

Bu çalışmada incelenen üniversite yemekhane sisteminde, yemek yenilecek günler önceden belirlenerek, o günler için karta para yüklemesi yapılması gerekmektedir. Yemek yenilecek günlerin kararının günler, hatta haftalar öncesinden verilmesi, yemek yenilmeyecek bir gün için yükleme yapmaya, ya da yenilecek bir gün için yükleme yapmamaya neden olmaktadır. Bu durum ise hem kişilerin gereksiz harcama yapmaları, hem de ihtiyaçtan fazla ya da eksik yemek yapılması sorununu ortaya çıkarmaktadır. Bazen yemek kartı yüklendiği halde bile yemekhaneye gidildiğinde yemek kalmaması problemiyle karşılaşmaktadır.

Bu çalışmada, bir üniversite kampüsü yemekhanesi için uygun bir talep tahmin modeli geliştirilmesi amaçlanmıştır. Uygun bir talep tahmin modeli kurulduğu takdirde, yemek yenecek günlerin önceden belirlenmesi zorunluluğu ortadan kalkacak ve kampüse gönderilen yemek miktarı, yemek yiyecek kişi sayısının çok altında ya da çok üzerinde olmayacaktır.

Literatürde üretim ve hizmet sistemleri için yapılmış birçok talep tahmin çalışması bulunmaktadır. Kalchschmidt (2012), talep tahmini için yapılan literatürdeki uygulamaları 3 gruba ayırmıştır.

1. Evrensel nitelikli uygulamalar: Her şirketin kullanabileceği yöntem ve teknikleri içeren uygulamalardır.
2. Özel durum ve şartlara bağlı olarak yapılan uygulamalar: Şirketlerin kendi yapılarına veya üretimleri ürün ve hizmetin yapısına bağlı olarak spesifik özellikler içeren uygulamalardır.
3. Konfigürasyonel uygulamalar: Sinerjik etkileri olan ve birlikte kullanılabilen, yani birlikte kullanıldığında etkileri artan ve birbirine uyumlu yöntem ve tekniklerin birlikte kullanıldığı uygulamalardır.

Tahmin yapabilmek için geliştirilen en eski yöntemlerden biri Üstel Düzeltme tekniğidir. İşletmelerde ve endüstri kuruluşlarında çok fazla tercih edilen bu tekniği, Brown (1959), Holt (1957), Winters (1960) ve Pegels (1969) yaptıkları çalışmalarda tanıtmış, geliştirmiş ve kullanmışlardır. Bu tekniğin istatistiksel olarak temellerinin gelişimine ise Muth (1960) katkıda bulunmuştur.

Literatürde en yaygın kullanılan üstel düzeltme teknikleri, Basit üstel düzeltme, Doğrusal Holt metodu, Holt-Winter metodu, Çarpımsal Holt-Winter metodudur (De Gooijer ve Hyndman, 2006). İlerleyen yıllarda mevcut yöntemler üzerinde Carreno ve Madinaveitia (1990) ve Williams ve Miller (1999) üstel düzeltme tekniği üzerinde bazı değişiklikler önermişlerdir. Rosas ve Guerrero (1994), üstel düzeltme tekniğine birden fazla kısıt eklenebileceğini göstermiştir. Mevsimsel bileşenin nasıl ve ne zaman normalize edileceği konusunda da çalışmalar yapılmıştır. Lawton(1998), ortalama seviyenin ve mevsimsel bileşenin tahminindeki yanlılığı yok etmek için renormalizasyon yapılması gerektiğini savunmuştur. Roberts (1982) ve McKenzie (1986) farklı normalizasyon şekilleri önermişlerdir. Archibald ve Koehler (2003), orijinal metotlarla aynı nokta tahmini veren ve kullanımı daha kolay olan renormalizasyon eşitlikleri geliştirmişlerdir. Basit üstel düzeltme ve Holt metodu arasında bir geçiş olan farklı bir Basit üstel düzeltme tekniği de, Hyndman ve Billah (2003) tarafından önerilmiştir (De Gooijer ve Hyndman, 2006).

Yule (1927), her zaman serisinin stokastik bir süreçten geldiğinin düşünülebileceğini ve zaman serilerindeki belirsizliğin de modellenebileceğini öne sürmüştür. Otoregresif (Autoregressive-AR) ve Hareketli ortalama (Moving average-MA) metotları, bu fikir doğrultusunda geliştirilen zaman serisi metotlarıdır. Kolmogorov'un (1941) doğrusal tahmin probleminin formüle edilebilmesine ve çözülebilmesine, bu fikir doğrultusunda geliştirilen Wold'un ayrışma teorisi öncülük etmiştir. Bu tarihten itibaren, tahmin, model kontrolü, tanımlama ve parametre tahmini gibi konular, zaman serisi alanında oldukça fazla yer kaplayacak şekilde çalışılmıştır (De Gooijer ve Hyndman,2006).

Box-Jenkins yaklaşımı olarak bilinen, zaman serilerini tanımlama, tahmin ve doğrulama ile ilgili tutarlı, çok yönlü ve 3 aşamalı iteratif bir yaklaşım Box ve Jenkins (1970) tarafından geliştirilmiştir. Yine Box ve Jenkins (1970)'in yazdığı Time Series Analysis: Forecasting and Control kitabının, modern zaman serileri analizi ve tahmininde büyük bir etkisi olmuştur. Bilgisayarların gelişimiyle, Otoregresif birleşik hareketli ortalama (ARIMA-Autoregressive integrated moving average) metodu ve bu metodun uzantıları, bilimin birçok alanında popülerlik kazanmıştır. ARIMA'nın uzantıları olarak geliştirilen, tek değişkenli ARIMA, dinamik regresyon/transfer fonksiyonu, VARIMA gibi metotlar çok çeşitli alanlarda talep tahmininde kullanılmıştır (De Gooijer ve Hyndman,2006).

Yukarıda saydığımız doğrusal modellere göre, doğrusal olmayan modellerin geliştirilmesi biraz daha geç olmuştur. Volterra'nın (1930) yaptığı çalışmalar, doğrusal olmayan zaman serisi analizlerinin başlangıcı olarak bilinmektedir. Volterra (1930), herhangi bir doğrusal olmayan fonksiyonun, bir Volterra sınırlı serisine yaklaştığını göstermiştir (De Gooijer ve Hyndman,2006).

Wiener (1958), fonksiyonel serilerin temsili ve geliştirilmesi ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Bu modellerin

olasılıklı özelliklerinin çok fazla çalışılmasına rağmen, parametre tahmini, model uydurma ve tahmin gibi konular uzun süre ihmal edilmiştir. Bu ihmalin sebebi ise önerilen Wiener modelinin karmaşık olmasıdır. Anı zamanda bu model büyük bir hesaplama zorluğuna sahiptir. Doğrusal özellik, yardımcı bir yaklaşım ve güçlü bir araç olmasına rağmen, 1970'li yıllarda ve 1980'lerin başlarında, doğrusal modellerin çoğunun gerçek uygulamada yetersiz kaldığı görülmüştür. Bunlar için de doğrusal olmayan zaman serileri modelleri önerilmiştir (De Gooijer ve Hyndman, 2006). Genelleştirilmiş doğrusal olmayan AR modelleri için Chapman-Kolmogorov metodu uygulanmıştır. Monte Carlo simülasyonu da doğrusal olmayan modeller ile tahmin yapmakta kullanılmıştır. Daha sonra kullanılan yaklaşımlar ise hatanın dağılımı için herhangi bir varsayımda bulunulmasını gerektirmediği için tercih edilmiştir (De Gooijer ve Hyndman, 2006). 1980'li yılların ikinci yarısından itibaren, çok katmanlı sinir ağları özellikle doğrusal olmayan bir ilişkiyi içeren zaman serilerinin tahmininde başarılı sonuçlar vermiştir (Hamzaçebi, 2011).

Yapay sinir ağları, doğrusal olmayan özellikteki verileri modellemekte ve tahmin yapmakta tercih edilen metotlardandır (De Gooijer ve Hyndman, 2006). ARIMA, doğrusal özellik gösteren verileri, yapay sinir ağları ise doğrusal olmayan verileri modellemekte kullanılmaktadır. Gerçek hayattaki veriler ise saf doğrusal veya saf doğrusal olmayan yapıda değildir. Yani veriler iki özelliği birden gösterebilmektedirler.

Zhang (2003), talep tahmininde çok fazla kullanılan tekniklerden ARIMA ve yapay sinir ağları tekniklerini birlikte uygulamıştır. Zhang (2003), doğrusal ve doğrusal olmayan davranış gösteren verileri modellemekte, hem ARIMA hem de yapay sinir ağları tekniklerini içeren hibrit bir yaklaşım kullanılmasının tahminin doğruluk payını yükselteceğini öngörmüştür. Bu yaklaşımı literatürde bilinen veri setlerine uygulandığında, hibrit yaklaşımın, tekniklerin ayrı ayrı uygulanmasından elde edilen performanstan daha iyi bir performans sergilediğini göstermiştir. Kılıç (2015), yapay sinir ağları ile yemekhane günlük talep tahmini çalışması yapmıştır. Yücesoy (2011), temizlik kâğıtları sektöründe yapay sinir ağları ile talep tahmini modellemesi yapmıştır. Karasu (2012), petrokimya sektöründe talep tahmininde yapay sinir ağlarını kullanmıştır.

## 2. YÖNTEM

Talep tahmin yöntemleri genel olarak kalitatif ve kantitatif yöntemler olarak iki bölümde incelenmektedir. Bu çalışmada, talep tahmini için kantitatif yöntemlerden yararlanılmıştır. Kantitatif yöntemlerden sebep-sonuç ilişkisine dayalı analizler yapan regresyon analizi, bir bağımlı değişken ile bir veya daha fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkinin matematiksel olarak ifade edilmesini sağlayan istatistiksel bir tekniktir. Bir tek bağımsız değişkenin kullanıldığı regresyon tek değişkenli regresyon analizi, birden fazla bağımsız değişkenin kullanıldığı regresyon analizi de çok değişkenli (çoklu) regresyon analizi olarak adlandırılır.

Tek değişkenli (basit) regresyon modelinde  $x$  bağımsız değişkeni,  $y$  bağımlı değişkeni belirtmek üzere;  $y_i = a + bx_i + \epsilon_i$  şeklinde gösterilebilir.  $a$  ve  $b$  katsayı değerleri sırasıyla, regresyon doğrusunun  $y$  eksenini kestiği nokta ve doğrunun eğimini ifade etmektedir.  $y_i$  tahmin değerini,  $x_i$  tahmini etkileyen değişken değerini ifade etmektedir.

Regresyon analizini tahmin işleminde kullanabilmek için denklemdaki katsayıların belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için gözlemlenen değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki hatayı en küçüklemek gerekmektedir. Basit doğrusal regresyon denklemindeki katsayıları bulabilmek için en küçük kareler metodundan yararlanır. Katsayılar aşağıdaki gibi bulunur:

Yapay sinir ağları, doğrusal olmayan özellikteki verileri modellemekte ve tahmin yapmakta tercih edilen metotlardandır. 1980'li yılların ikinci yarısından itibaren, çok katmanlı sinir ağları özellikle doğrusal olmayan bir ilişkiyi içeren zaman serilerinin tahmininde başarılı sonuçlar vermiştir.

### 3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çok değişkenli regresyon modeli oluşturmak için yemekhane binası, yıl, ay, her ayın haftaları ve her haftanın günleri bağımsız değişkenler olmak üzere, bağımlı değişken olan, her yemekhanede bir günde yenen yemek sayısı modellenmiştir. Sadece yıl sayısal değişken, diğer faktörler ise kategorik değiş-

$$a = \frac{\sum Y}{n} - b \frac{\sum X}{n}$$
$$b = \frac{n \sum X.Y - (\sum X \sum Y)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

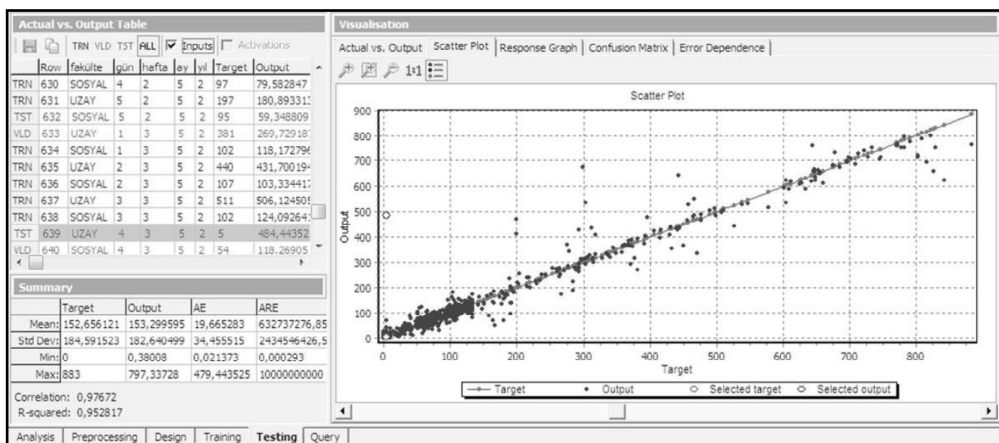
kenler olarak ele alınmıştır. Aşağıda analiz sonuçları verilmiştir. Sonuçlarda görüldüğü gibi, ayın haftaları haricindeki tüm faktörler yenen yemek sayısını istatistiki olarak etkilemektedir. Ancak, R2 değeri %43,69 gibi düşük bir düzeyde çıktığı için, modelin veriler arasındaki değişkenliği açıklama kabiliyeti zayıftır.

Kaynak	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regresyon	21	10822942	515378	26,05	0,000
yıl	1	488339	488339	24,68	0,000
fakülte	1	3115862	3115862	157,48	0,000
gün	4	609506	152377	7,70	0,000
hafta	4	43700	10925	0,55	0,697
ay	11	6742112	612919	30,98	0,000
Error	705	13948878	19786		
Total	726	24771820			

S	R-sq	R-sq(adj)
140,661	43,69%	42,01%

Yapay sinir ağını oluşturmak için, çok değişkenli regresyon modelindeki gibi yemekhane binası, yıl, ay, her ayın haftaları ve her haftanın günleri bağımsız değişkenler olmak üzere, bağımlı değişken olan her yemekhanede bir günde yenen yemek sayısı modellenmiştir. Sadece yıl sayısal değişken, diğer faktörler ise kategorik değişkenler olarak ele alınmıştır. 727 tane girdi kullanılmış, bunların 495 tanesi yapay sinir ağı için eğitim için, 116 tanesi model doğrulaması için, diğer 116 tanesi ise test için rassal olarak seçilerek kullanılmıştır. Gizli katmanda aktivasyon için lojistik fonksiyonu kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Yapay Sinir Ağı Modeli



Çok değişkenli regresyon modelinde R2 değeri %43.69 gibi düşük bir düzeyde çıkmasına karşın, yapay sinir ağı modelinde R2 değeri %95.28 olmuştur. Diğer bir ifadeyle, yapay sinir ağı modeli veriler arasındaki değişkenliğin %95.28'ini açıklayabilmektedir. Serpilme diyagramı da yapay sinir ağının tahmin yeteneğinin yüksek olduğuna işaret etmektedir. Model tahminlerinde ortalama hata, günde 19 yemektir. Büyük sapma gösteren ve özel bir nedene sahip günler de incelenip, gerekirse veri setinden çıkarılarak yeniden model kurulursa çok daha düşük hata oranıyla çalışan bir yapay sinir ağı kurulması mümkün olacaktır. Bu nedenle, yemek sayısının tahmini için yapay sinir ağının kullanılmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKÇA

1. Archibald, B. C., & Koehler, A. B. (2003). Normalization of seasonal factors in Winters methods. *International Journal of Forecasting*, 19, 143– 148.
2. Box, G. E. P., Jenkins, G. M. (1970). *Time series analysis: Forecasting and control*. San Francisco: Holden Day.
3. Brown, R. G. (1959). *Statistical forecasting for inventory control*, McGraw-Hill, New York
4. Carreno, J. J., & Madinaveitia, J. (1990). A modification of time series forecasting methods for handling announced price increases. *International Journal of Forecasting*, 6(4), 479-484.
5. De Gooijer, J. G., Hyndman, R. J. (2006). 25 years of time series forecasting. *International journal of forecasting*, 22(3), 443-473.
6. Hamzaçebi, C. (2011). Yapay sinir ağları: tahmin amaçlı kullanımı MATLAB ve Neurosolutions uygulamalı. Ekin Basım Yayın Dağıtım.
7. Holt, C. C. (1957). *Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted averages*. O.N.R. Memorandum 52/1957, Carnegie Institute of Technology
8. Hyndman, R. J., & Billah, B. (2003). Unmasking the Theta method. *International Journal of Forecasting*, 19, 287– 290.
9. Kalchschmidt, M. (2012). Best practices in demand forecasting: Tests of universalistic, contingency and configurational theories. *International Journal of Production Economics*, 140(2), 782-793.
10. Karasu, F. (2012). Petrokimya sektöründe talep tahmininde Yapay sinir ağlarının kullanılması: Petkim A.Ş. Örneği Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
11. Kılıç, G. (2015). Yapay Sinir Ağları İle Yemekhane Günlük Talep Tahmini. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli.
12. Kolmogorov, A. N. (1941). Stationary sequences in hilbert space. *Linear Least-Squares Estimation*, 66.
13. Lawton, R. (1998). How should additive Holt–Winters estimates be corrected? *International Journal of Forecasting*, 14, 393 – 403.
14. McKenzie, E. (1986). Error analysis for Winters additive seasonal forecasting system. *International Journal of Forecasting*, 2, 373– 382.
15. Muth, J. F. (1960). Optimal properties of exponentially weighted forecasts. *Journal of the American Statistical Association*, 55, 299– 306.
16. Pegels, C. C. (1969). Exponential smoothing: Some new variations, *Management Science*, 12, 311 –315.
17. Roberts, S. A. (1982). A general class of Holt–Winters type forecasting models. *Management Science*, 28, 808– 820.

18. Rosas, A. L., & Guerrero, V. M. (1994). Restricted forecasts using exponential smoothing techniques. *International Journal of Forecasting*, 10, 515–527.
19. Volterra, V. (1930). *Theory of functionals and of integro-differential equations*. New York:Dover.
20. Yule, G. U. (1927). On the method of investigating periodicities in disturbed series, with special reference to Wölfer's sunspot numbers. *Philosophical Transactions of the Royal Society London, Series A*, 226, 267– 298.
21. Wiener, N. (1958). *Non-linear problems in random theory*. London: Wiley.
22. Williams, D. W., & Miller, D. (1999). Level-adjusted exponential smoothing for modeling planned discontinuities. *International Journal of Forecasting*, 15, 273– 289.
23. Winters, P. R. (1960). Forecasting sales by exponentially weighted moving averages. *Management Science*, 6, 324–342.
24. Yücesoy, M. (2011). Temizlik kâğıtları sektöründe Yapay sinir ağları ile talep tahmini. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
25. Zhang, G. P. (2003). Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model. *Neurocomputing*, 50, 159-175.



## DEĞER AKIŞI ESASLI MALİYET VE YATIRIM ANALİZLERİ: BEYAZ EŞYA ENDÜSTRİSİNDEN BİR UYGULAMA

**Pelin BİROL**

İstanbul Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği 34367 Şişli-İstanbul/Türkiye  
Tel: (0 212) 293 13 00 pelinbirol@gmail.com

**Prof. Dr. M. Bülent DURMUŞOĞLU**

İstanbul Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği 34367 Şişli-İstanbul/Türkiye  
Tel: (0 212) 293 13 00 durmusoglu@itu.edu.tr

**Doç. Dr. Emre ÇEVİKCAN**

İstanbul Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği 34367 Şişli-İstanbul/Türkiye  
Tel: (0 212) 293 13 00 cevickan@itu.edu.tr

### ÖZET

Küresel tabanda işletmelerdeki rekabetin artması ile birlikte, işletmeler maliyetlerini azaltma ve bunu yaparken de müşterilere sundukları değeri arttırarak müşteri beklentilerini karşılama konusunda gide rek daha büyük bir baskı altına girmektedir. Şirketler bu amaçta başarılı olabilmek için yalın düşünceyi öğrenme ve uygulama yoluna gitmektedirler. Bir diğer yandan, Endüstri 4.0 doğrultusunda otomasyona geçişin doru yapılandırılmış sistemler ve süreçler üzerinden olması büyük önem taşımaktadır. Yatırım maliyetinin yüksek olduğu bu tip uygulamalarda yatırım analizinin doğru yapılması kritik başarı faktörüdür. Bu bağlamda, değer akış yardımıyla maliyet ve yatırım analizlerine odaklanılan bu çalışmada, gerçek bir termoeleman üretim sisteminde uygulama içermektedir. Uygulama mevcut durum, hücresel üretim sistemi ve Endüstri 4.0 vizyonlu otomasyon sistemi olarak üç aşamayı ele almaktadır. Öncelikle, mevcut duruma ait değer akışı haritalandırma ve maliyet analizi yapılmıştır. Uygulamanın ikinci aşamasında ise, yalın üretim teknikleri kullanılacak şekilde gelecek durum tasarlanmış ve değer akış haritası çizilmiştir. Yalın teknikler uygulandığı takdirde oluşabilecek tahmini maliyetler saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yalın Muhasebe, Değer Akışı Maliyetleme, Yalın Dönüşüm, Endüstri 4.0.

## 1. GİRİŞ

Değer akışı, her ürün için esas olan ana akışlar boyunca bir ürünü meydana getirmek için ihtiyaç duyulan, katma değer yaratan ve yaratmayan faaliyetlerin bütünüdür. (Rother ve Shook,1999) Mevcut bir sistemi iyileştirmek için faaliyetleri tek tek incelemek ve değerlendirmek yerine, sürecin bütününe bakmak ve bütünü iyileştirmek gerekmektedir. Bu amaçla, toplam değer akışını bir bütün içinde gösteren Değer Akış Haritalama yöntemi adımları kullanılmaktadır.

Teknoloji geliştikçe organizasyonlar büyümekte ve rekabet hızlı bir ivmeyle artmaktadır. Müşteri beklentileri her geçen gün artarken, müşteriler daha iyi ürün ve hizmeti daha az maliyetle almak istemektedir. Müşterinin tüm bu beklentilerini karşılamak amacıyla şirketler teknolojilerini geliştirirken, üretim maliyetlerini düşürmek zorundadır. Bir süreçte katma değer yaratan faaliyetlerin oranı %5 iken, %95 oranındaki faaliyet ise katma değer yaratmamasına rağmen bu katma değer yaratmayan faaliyetler ürünün maliyetini ciddi oranda yükseltmekte ve birim çıktı süresini arttırmaktadır. Maliyetleri düşürebilmek için katma değeri olmayan faaliyetlerin yani süreçlerdeki beklentiler, stoklar, hazırlık süreleri, yeniden işlemler gibi israf olarak nitelendirilen faaliyetlerin azaltılması gerekmektedir.

Süreçlerdeki kayıp zaman ve faaliyetleri görebilmek amacıyla kullanılan en iyi metotlardan biri Değer Akışı Haritalamadır. Süreci bir bütün olarak görmeyi sağlar ve değişim/iyileştirme sürecini yönetmek için bir yol izleme, planlama aracı olarak kullanılır.

Yalın üretim sistemlerinde muhasebe hesapları da yalın muhasebe yaklaşımıyla yapılmalıdır. Yalın maliyet muhasebesi yaklaşımı ile maliyetler değer akışına atanmalıdır. Yalın örgütlerin, değer akışlarına odaklanan, basit ve kullanımı kolay, değer akış performans ölçüleri sağlayan, kayıt ve genel gider hesaplarına ihtiyaç duymayan, herkes tarafından net bir şekilde anlaşılabilir bir maliyet muhasebesi sürecine ihtiyacı vardır ve değer akış maliyetlemesi bu ihtiyaçları karşılamaktadır (Maskell ve Baggaley, 2004).

Yalın değer akışlarının etkinliğini yorumlamak için kullanılan planlama aracı olan Kısımlandırılmış Performans Değerleri Tablosu (Box Score), aynı zamanda süreç içerisindeki değer akışındaki değişimlerin ve gelişmelerin incelenmesini sağlar. Değer akışlarına ait veriler toplanarak doldurulan bu tablo sayesinde değer akışındaki kapasite kullanımı, darboğazlar görülebilmekte ve maddi faydanın gelişimi açıkça takip edilebilmektedir.

Bu çalışmada öncelikle yalın maliyet muhasebesi ve kısımlandırılmış performans değerleri oluşturma konusunda ayrıntılı bilgi verilecektir. Daha sonra gerçek bir termoeleman üretim sisteminde değer akış haritalama kullanılarak yatırım ve maliyet analizleri yapılacak olup, çalışmanın son bölümünde ise konu ile ilgili sonuç ve önerilere yer verilecektir.

## 2. YALIN MUHASEBE

Yalın üretimi esas alan muhasebe sistemi, yalın muhasebedir. Yalın muhasebe, geleneksel muhasebe yaklaşımından farklı, yeni bir muhasebe yaklaşımı olup, yalın düşüncüyü esas almaktadır. Yalın bir organizasyonda sadece üretim faaliyetler değil, işletmedeki bütün faaliyetler yalınlaşmalıdır. İşletmelerin rekabet avantajı sağlamasına yönelik yalın muhasebenin işletmede geliştirilebilmesi ve yerleştirilebilmesi için işletmedeki üretim sisteminin ve işletme faaliyetlerinin yalınlaştırılması gerekmektedir.

Yalın muhasebe, Değer Akışın ölçümüne ve muhasebe kontrolüne yalın düşüncüyü uygulayan bir disiplindir. Yalın muhasebe, yalın şirketin finansal performansını yönetmede ve ölçmede bir "yalın sistemler görüşü"ne dayanan bir yaklaşımı bünyesinde bulundurur. Müşteri için değer yaratan yönetsel sistemin bir parçasıdır. Yalın Üretim çabalarını destekleyici bilgileri üretmeyi amaçlayan bir muhasebe yaklaşımıdır.

Yalın muhasebe aynı zamanda stratejik karar verme için önemli bir araçtır. Yalın muhasebe görel olarak yalın yönetim felsefesi geliştirildikten sonra ortaya çıkan yeni bir tekniktir. Yalın yönetim uygulamaya çalışan firmaların, geleneksel muhasebeyi çevreleyen israf ve hataları yok etmek için yalın muhasebeyi uygulamaya ihtiyacı vardır.

## 2.1. Geleneksel Muhasebe ile Yalın Muhasebesinin Karşılaştırılması

Yalın muhasebe, yalın üretim ve yalın düşünceyi desteklemek için işletmenin muhasebe, kontrol, ölçme ve yönetim süreçlerinde gerekli değişiklikler için kullanılan genel terimdir. Bu açıdan bakıldığında yalın muhasebe ilkeleri, geleneksel muhasebe ilkelerinden farklılaşmaktadır.

Yalın muhasebenin temel felsefesi, hedef maliyetlemedir. Hedef maliyetleme esas alınarak mamul maliyetlemesi gerçekleştirilir. Hedef maliyetleme, mamul maliyetinin ve brüt kâr marjının yönetimini esas alan bir yaklaşımdır. Geleneksel muhasebede ise mamul maliyeti, satış fiyatından arzulan kâr marjının çıkarılması ile hesaplanır. Diğer bir ifadeyle bu iki maliyetleme yöntemi arasındaki fark, hedef maliyetlemenin maliyetler üzerine, geleneksel muhasebenin ise satış fiyatı üzerine odaklanmasıdır. Yalın muhasebede maliyetler, değer akışları itibarıyla hesaplanır. Bundan dolayı birim mamul maliyeti hesaplanmaz. Geleneksel gelir tablosu, satışların maliyeti, genel üretim giderleri ve üretim sapmalarını gösterir.

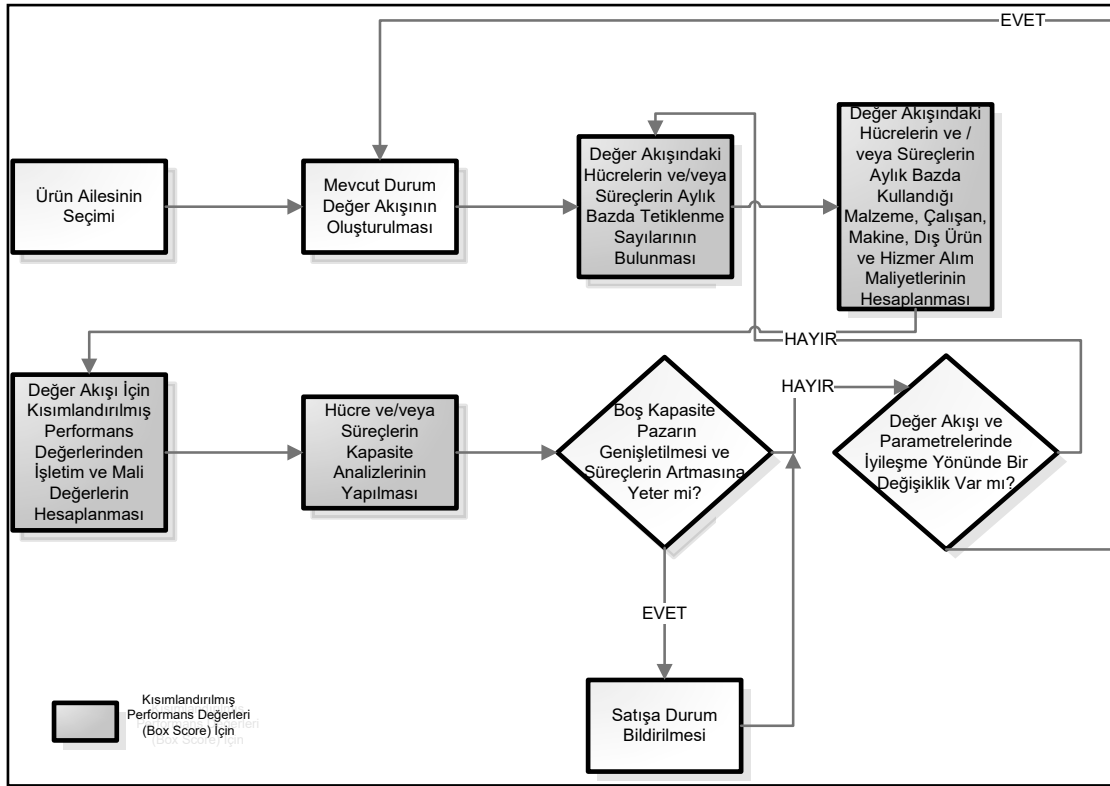
Yalın üretimi uygularken çoğu geleneksel muhasebe raporları artık karar verme için yararlı bilgiler içermemektedir. Üretim sürecinin her bir unsuru tamamen değiştiğinden muhasebe fonksiyonunun da değişmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Finans fonksiyonundaki değişim sürecinin ilk aşaması geleneksel muhasebenin kitle üretim için bulguları olan yedi düşüncenin tanınmasıdır. Tablo 2.1 bu düşünceleri özetlemektedir ve karşılığındaki yalın ilkeyi içermektedir (Ertürk ve Özçelik, 2008).

**Tablo 2.1. Geleneksel Muhasebe İnanışları ve Yalın İlke**

Geleneksel Muhasebe İnanışları	Yalın İlkeler
Stok bir varlıktır.	Kâr, ürünler satılarak elde edilir.
Departmanlarının performansları ile müşteri değeri özdeşleştirilmektedir.	Değer akışları müşteri tatmini sağlar.
Muhasebeciler gelişmelere, sapmalar için açıklamalar arayarak yön verirler.	Finansal olmayan operasyonel veriler, işçilerin iş süreçlerini yönetmelerine yardımcı olur.
Aylık finansal muhasebe döngüsü karar vericilere raporlanacak veriler için zaman dilimini tanımlamalıdır.	Gerçek zaman verileri süreç iyileştirmesini sağlamak için gereklidir.
Boş zaman verimsizliğin işaretidir.	Eğer karşılanacak herhangi bir müşteri talebi yoksa boş zaman sorun değildir.
İşletmeler, kendi gerçek performanslarını içsel olarak oluşturdukları durağan performans standartları ile karşılaştırarak başarı göstermektedir.	Dünya çapındaki işletmelerin amacı gerçek performansı rakiplerden daha hızlı geliştirmektir.
Giderler azaltılarak kârlar maksimize edilmektedir, bunlardan en büyüğü işçilik giderleridir.	Ön safhalardaki çalışanlar çapraz bir şekilde eğitilmesi gereken ve kalifiye olması gereken varlıklardır.

Geleneksel maliyet muhasebesi, faaliyet tabanlı muhasebe ve yalın maliyet muhasebesinin kısaca karşılaştırılması Tablo 2.2'de gösterilmiştir. Buradan da anlaşılacağı gibi yalın üretim sisteminin uygulandığı süreçlerde Değer Akışı Maliyetleme ile karar vermeye yardımcı ve daha basit olan yalın maliyet muhasebesi kullanılması daha doğru olmaktadır.

Şekil 2.1'de ise yalın maliyet muhasebesi sisteminin uygulanması için takip edilmesi gereken aşamalar verilmiştir.



Şekil 2.1. Yalın Maliyet Muhasebe Sistemi Aşamaları

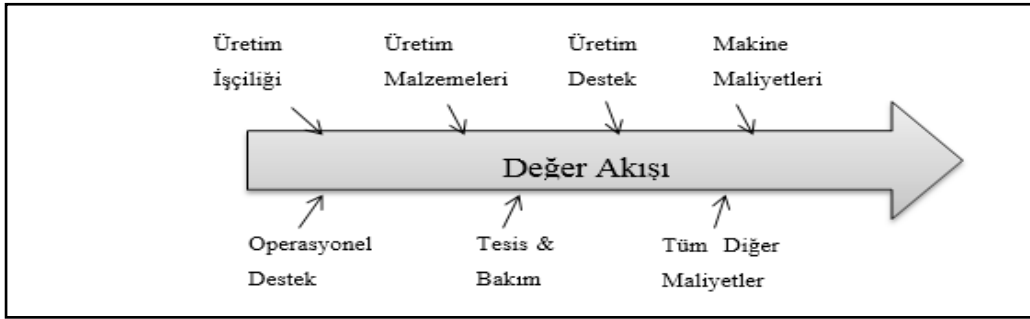
Tablo 2.2. Maliyet Muhasebesi Yaklaşımlarının Karşılaştırılması

Faktör	Geleneksel Maliyet Muhasebesi	Faaliyet Tabanlı Maliyet Muhasebesi	Yalın Maliyet Muhasebesi
Üretim Şekline Uygunluk	Kitle Üretimi	İsırlama Seri Üretim	İsırlama Seri Üretim
Odak Noktası	İşçilik (insan-saat)	Faaliyet Merkezi	Değer Akışı
Basitlik Derecesi	Basit	Karmaşık	Basit
Ön Koşul	Koşul Yok	Koşul Yok, Tasarım Gerekli	Yalın Üretim Sistemi
Anahtar Kullanımı	Hacim Esaslı	Gerektiği Kadar Çok	Kullanılmaz
Maliyetin Nedeni	Ürünler	Faaliyetler	Değer Akışı
Ana Amaç	Finansal Raporlama	Ürün Maliyeti Bulma	Kaizen

## 2.2. Değer Akış Maliyetleme

Yalın örgütlerin, değer akışlarına odaklanan, basit ve kullanımı kolay, değer akış performans ölçüleri sağlayan, kayıt ve genel gider hesaplarına ihtiyaç duymayan, herkes tarafından net bir şekilde anlaşılabilir bir maliyet muhasebesi sürecine ihtiyacı vardır ve değer akış maliyetlemesi bu ihtiyaçları karşılamaktadır (Maskell ve Baggaley, 2004; Baysan ve Durmusoglu, 2008). Değer akış maliyetlemesi maliyetler ile faaliyetler arasındaki neden sonuç ilişkisini kapsar. Yalın felsefe ile değer akış maliyetlemesi kavramsal açıdan bütünleşmektedir (Kayakutlu ve diğerleri, 2007). Yalın yönetim kavramları, değer katmayan faaliyetlerin ortadan kaldırılarak müşteri memnuniyetinin sürekli olarak iyileştirilmesi amacıyla faaliyetler ile müşteri ihtiyacı arasındaki bağa odaklanmaktadır. Değer akış maliyetlemesi de bu amaç ve odağı vurgulamaktadır. (Gordon, 2010)

Değer akış maliyetlemesi, bir işletmenin genel harcamalarının, ürünlere, hizmetlere veya bölümlere değil, değer akışlarına atanması sürecidir (Stenzel, 2007). Şekil 2.2, toplam değer akış maliyetini oluşturan maliyetleri göstermektedir. Bu, geleneksel direkt maliyetler ve geleneksel endirekt maliyetler olmak üzere tüm işçilik maliyetlerini içermektedir.



Şekil 2.2. Değer Akış Maliyetleri

## 2.3. Kısımlandırılmış Performans Değerleri

Kısımlandırılmış Performans Değerleri (Box Score), yalın uygulamaların etkinliğini yargılamak için kullanılan bir planlama aracıdır. Tablo 2.3'te Kısımlandırılmış Performans Değerleri bulunmaktadır.

Yalın Değer Akışı Kısımlandırılmış Performans Değerleri'nde kullanılan veriler kısaca şu şekilde açıklanabilir:

### I. Operasyonel / İşletim Verileri

**Temin Süresi:** Değer akışı boyunca malzeme akışını ölçmektedir. Değer akışında hammaddenin nihai ürüne dönüşüm hızıdır. Temin süresi, değer akışındaki toplam stok sayılarak ve sevk edilen ürünlerin ortalama hızına bölünerek hesaplanmaktadır. Stoklar, hammadde, yarı mamul ve mamulleri içermektedir. Sevkiyatın hızı, saatte sevk edilen bitmiş ürünlerin ortalama sayısıdır. Sonuç, saat veya gün olarak ifade edilen değer akışındaki stoktur.

**İlk Seferde Doğru:** Kalitenin bir ölçüsüdür. Değer akışında hiç yeniden ele alma, tamir etme, yeniden test etme, yeniden ayarlama veya hurda olmadan bir kerede %100 doğru olarak üretilen ürünlerin yüzdesini ölçmektedir. Değer akışındaki bütün işlemlerin hata oranlarınının 1'den çıkarılıp çarpılmasıyla elde edilir.

**Tablo 2.3. Yalın Değer Akışı Kısımlandırılmış Performans Değerleri**

Yalın Değer Akışı Kısımlandırılmış Performans Değerleri						
Değer Akışı Tanımı:						
		Mevcut Durum	Gelecek Durum	Değişim	Uzun Dönemli Gelecek Durum - Seçenek No	Mevcut Durumdan Değişim
İşletim	Temin Süresi (gün)					
	İlk Seferde Doğru (%)					
	Zamanında Sevkiyat (%)					
	Çalışma Alanı (m <sup>2</sup> )					
	Kişi Başına Satış (TL/insan)					
	Ortalama Birim Maliyet (TL/adet)					
Kaynak Kapasitesi	Üretkenlik Oranı (%)					
	Üretken Olmayan (%)					
	Boş Kapasite (%)					
Mali	Envanter (TL)					
	Gelir (TL/ay)					
	Malzeme Maliyeti (TL/ay)					
	Dönüştürme Maliyeti (TL/ay)					
	Değer Akış Kan (TL/ay)					

**Zamanında Teslim:** Müşterilere zamanında ve doğru olarak teslim edilen siparişlerin yüzdesinin ölçüsüdür ve değer akışındaki kontrol seviyesini ölçmektedir. Eğer değer akışı kontrol altında ise zamanında teslimler yüksektir. Eğer zamanında teslimler düşükse değer akışı görevini yerine getirmiyordur ve süreçler kontrol dışıdır.

**Çalışma Alanı:** Değer akışının tesis içinde kapladığı toplam alanın ölçüdür. Yalın sistemlerde değer akışının kapladığı alanın ve dolaşımın az olması beklenmektedir.

**Kişi Başına Satışlar:** Değer akışının verimliliğini ölçmektedir. Toplam değer akışının satış miktarının, değer akışında çalışan kişi sayısına bölünmesi ile bulunur.

**Kişi Başına Satışlar = Değer Akışının Toplam Satı Miktarı / Değer Akışındaki Çalışan Sayısı**

**Birim Ortalama Maliyet:** Değer akışının belirlenen dönem içindeki tüm maliyetleri toplanıp, o dönemdeki müşterilere teslim edilen birim sayısına bölünerek hesaplanmaktadır.

**Alacakların Vadesi:** Müşterilerden paranın tahsil edilme hızının ölçümüdür. Yalın üreticiler akışla ilişkilir ve bu da nakit akışını kapsamaktadır. Alacak hesapları nakit akışının önemli bir unsurudur.

## II. Kaynak Kapasitesi

Sahip olunan kapasitenin hangi oranda verimli harcadığını gösteren bölümdür. Verimli kullanım oranının yüksek olması beklenmektedir. Aynı zamanda yararlanılabilir kapasite oranının düşük olması, sistemdeki kaynak kapasitesinin yüksek oranda kullanıldığını göstermektedir.



### III. Maliyet / Finansal Veriler

**Malzeme Maliyetleri:** Değer akış malzeme maliyetleri, değer akışı tarafından kullanılan gerçek malzemeye dayanarak hesaplanmaktadır. Değer akışı tarafından kullanılan gerçek malzeme, satın alınan gerçek malzemeye veya ham madde stokundan değer akışına gönderilen gerçek malzemeye dayandırılabilir. Eğer işletmenin hammadde stokları (ve yarı mamul stokları) düşükse (örneğin 30 günlük veya daha az) ve kontrol altındaysa, gerçek malzeme satın almaları değer akışına yüklenebilir (Stenzel, 2007). Bu durumda üretim malzeme maliyetleri genelde hafta boyunca değer akışı için ne kadar malzeme satın alındığından hesaplanır. Fabrikaya her malzeme geldiğinde maliyeti değer akışına atanır. Eğer hammadde stokları yüksekse o zaman değer akış malzeme maliyetleri, değer akışına gönderilen hammaddelere dayanarak hesaplanır. Bu da üretime aktarılan ürünün malzeme senetlerinden hesaplanabilir (Stenzel, 2007).

**Dönüştürme Maliyetleri:** Değer akışına atanan beyaz ve mavi yaka çalışan maliyetleri, makine maliyetleri, tesis maliyetleri gibi değer akışına etki eden tüm maliyetleri kapsar.

**Çalışan Maliyetleri:** Değer akışında çalışan işçiler, ürünü yapmalarına, malzeme taşımalarına, ürünü tasarlama ve bakımına, makinelerin bakımını yapmalarına, üretimi planlamalarına, satış yapmalarına veya muhasebede çalışmalarına bakılmaksızın dahil edilmektedir.

Değer akış maliyetlemesi için makine maliyetleri, makinelerin amortisman giderlerine ek olarak yedek parça maliyetleri, tamir maliyetleri ve erzak maliyetleri vardır.

Değer akış tesis maliyetleri; kira, tamir, bakım, alt yapı hizmetleri gibi gerçek maliyetlerden oluşmaktadır. Tesis maliyetleri değer akışlarına, değer akışının metrekaresine göre dağıtılmaktadır. Toplam tesis maliyetleri binanın toplam metrekaresine bölünerek metrekare başına maliyet elde edilir. Değer akışının metrekaresi, metrekare başına maliyetle çarpılır. Değer akışı tarafından işgal edilen metrekare alanı, depo alanı ve değer akışı çalışanları tarafından kullanılan ofis alanını içermektedir. Tesis maliyetlerinin tamamını dağıtma çabası yoktur, sadece değer akışı tarafından kullanılan metrekare maliyetleri kapsamaktadır (Maskell ve Baggaley, 2004).

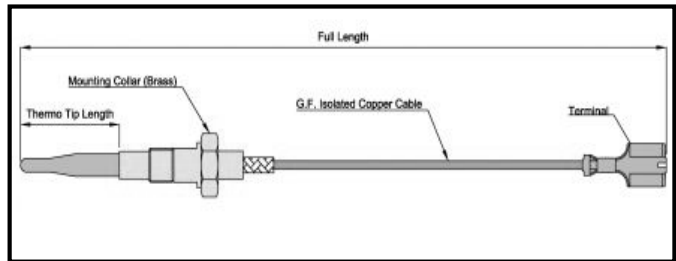
Bir değer akışı için destek maliyetleri; genelde bakım, kalite, mühendislik, denetçi, malzeme yönetimi gibi geleneksel "endirekt" maliyetlerden oluşmaktadır.

**Gelir:** Belirlenen dönem içindeki değer akış satışlarından elde edilen gelirin toplamıdır.

**Değer Akış Kârı:** Dönem içindeki gelirden dönüştürme ve malzeme maliyetlerinin çıkarılmasıyla elde edilen değerdir. Değer akışında işletmelerin en çok önemseydiği ve takip ettikleri finansal gösterge olduğu söylenebilir.

### 3. UYGULAMA

Üretim ortamında değer akışı maliyetlerinin takibi ve kontrolünü gerçek bir sistem üzerinde sağlamak amacı ile İstanbul'da beyaz eşya endüstrisinde faaliyet gösteren bir elektromekanik firmasının termoeleman üretim sistemine odaklanılmıştır. Bu ürün grubunda Termoeleman Pilot (Kablo lu) 250 mm ve 500 mm boyundaki ürünlere ait üretim akışı ve maliyetler ayrıntılı olarak incelenecektir.



Şekil 3.1. Termoeleman

### 3.1. Mevcut Durum

Seçilen ürün grubu için günlük talep 5000 adettir. Bir günde 28800 (8 saat, 1 vardiya) saniye montaj hattında üretim yapıldığından, değer akışının takt süresi 5,76 saniye olarak hesaplanmıştır.

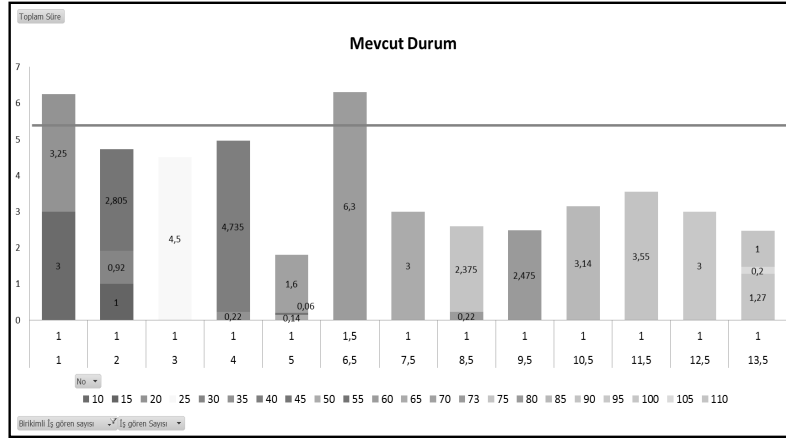
Termoeleman ürün ailesi mevcut durum değer akışı haritasına göre çevrim süresi 83,13 saniyedir. Yarı mamul temin süresi 51,52 gün, montaj temin süresi 37,55 gün ve hammaddeden sevkiyata temin süresi 879,52 gün olarak hesaplanmıştır. Değer akışında kullanılan hammaddelerin birçoğu yurtdışından temin edilmektedir. Kara ya da deniz ulaşımıyla temin edilen hammaddeler için yüksek oranda stok tutulmaktadır. Aşağıda Tablo 3.1'de mevcut durumdaki montaj hattındaki işler, numaraları ve işlem süreleri verilmiştir. Bu işlem süreleri Yamazumi şemalarında kullanılmıştır.

**Tablo 3.1. Montaj Hattı İşlem Elemanları**

No	İş Adı	Süre (sn)
10	Termo İç Kaynağı	3,00
15	Göz Kontrol	1,00
20	Döner Sivama	3,25
25	Termo Uç Kaynağı	4,50
30	Göz Kontrol	0,92
35	Makaron Kesme	0,22
40	Makaron Takma	4,74
45	Pirinç Burç Takma	2,81
50	Ring Sarma	0,14
55	Ring Kesme	0,06
60	Pirinç Burç Çakma	6,30
65	Ön Kaynak	3,00
70	Temizleme + Kurutma	1,60
73	Sarı Makaron Kesme	0,22
75	Makaron Takma	2,38
80	Terminal Basma	2,375
85	Terminal Lehimleme	3,14
90	Göz Kontrol	3,55
95	Makaron Yerleştirme	3,00
100	Sayma+Bağlama+Tartma	1,27
105	Somun Sayma+Somun Paketleme	0,20
110	Paketleme	1,00
120	Zincir Hat	7

Şekil 3.2'de Mevcut durum için şema çizilmiştir. Şemadaki grafiğin altındaki 1. Satır o iş istasyonu için mevcut durumda görev alan iş gören sayısını, 2. Satır ise birikimli iş gören sayısını göstermektedir. Takt süresi 5,76 kırmızı çizgi ile gösterilmektedir. 10 ve 20 numaralı işleri yapan 1. iş görene fazla iş atanmış durumdadır, aynı şekilde 50,55 ve 60 numaralı işleri yapan 5. iş görene ise az iş atanmıştır. Yani 1. iş görende MURİ, 5. iş görende MURA bulunmaktadır. Grafik bu şekilde yorumlandığında mevcut durumda montaj hattının dengesiz olduğu grafikte açıkça görülmektedir.

Ayrıca, değer akışına ait yıllık dolaşım mesafesi aşağıdaki gibi hesaplanarak 27,61 km/yıl olarak bulunmuştur.

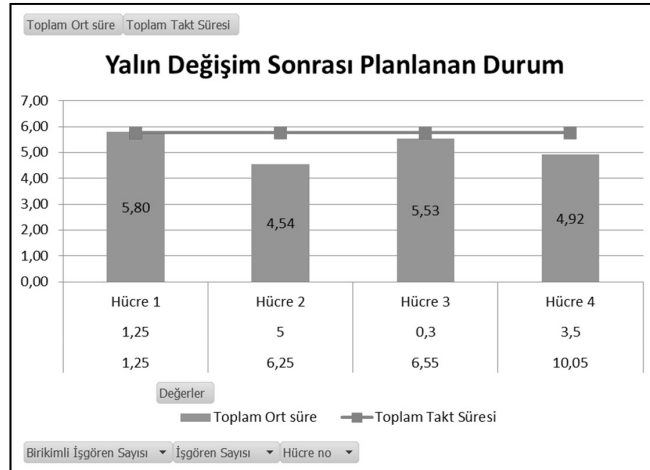


Şekil 3.2. Mevcut Durum Hat Dengesi

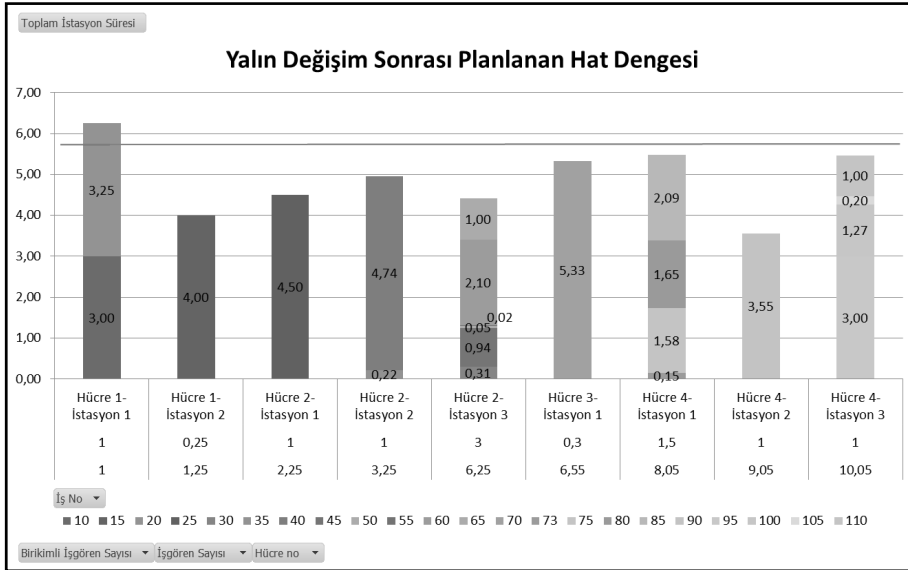
### 3.2. Yalın Dönüşüm

Mevcut durum değer akışı sonrasında, yalın dönüşümlerin uygulanmasıyla planlanan gelecek durum değer akış haritası hazırlanmıştır.

Montaj işlemleri için 4 hücre kurulması planlanmaktadır. Şekil 3.3'te Yalın değişim sonrası planlanan hücre dengesi görülmektedir. Grafiğin altındaki 1.sütunda hücredeki iş gören sayısı, 2. sütunda ise hatta görevli birikimli iş gören sayısı gösterilmiştir. Planlanan değişimle montaj katında 10,05 iş gören çalışacaktır. Şekil 3.4'te ise hücrelerde çalışan personele atanan işler ayrıntılı gösterilmiştir. 2.hücredeki 3. İstasyonda 6 farklı işlem yapılması planlanmıştır. Bu istasyona 3 iş gören atanacaktır. Bu 3 iş gören "Tavşan Kovama" diye adlandırılan ayakta çalışma usulü ile çalışacaktır ve bu sayede bu istasyondaki ortalama çevrim süresi 4,42 sn. olacaktır.



Şekil 3.3. Yalın Montaj Hücreleri



Şekil 3.4. Yalın Hücrelerinin İstasyon İş Yükleri

Oluşturulması planlanan hücrelerde Süreç Kaizen çalışmaları ile de işlem süreleri bir miktar kısaltılabilecek ve Poka-yoke uygulamaları ile hata oranları düşürülebilecektir.

Makine dairesinde yer alan CNC makinalarda ve eksantrik preste uzun süren hazırlık süreleri bulunmaktaydı. Hazırlık süreleri de SMED çalışmalarıyla kademeli olarak düşürülerek 30 dk'ya indirilmesi planlanmaktadır.

Planlanan hücrelerin kurulması ve yalın felsefenin benimsenmesi ile mevcut durumda 879,52 gün olan hammaddeden sevkiyata temin süresi 161 güne kadar düşürülebilir. Hücresel üretim ile kesintisiz bir üretime geçilir, poka-yoke ve süreç kaizen çalışmalarıyla da üretim sistemi desteklenirse %80 olan tek seferde doğru oranının %90 seviyelerine çıkarılabileceği planlanmaktadır.

### 3.3. Otomasyon Hattı

Firmanın Endüstri 4.0 vizyonu doğrultusunda, planlanan termoeleman otomasyon projesinde bir akış hattı tasarlanacaktır. Birbiriyle eş zamanlı çalışan istasyonların olacağı hattaki istasyonların her birinde bir işlem gerçekleştirilecektir ve ana hatta besleme robotlar ile sağlanacaktır. Göz kontrolleri, temizleme-kurutma ve ring sarma-kesme, bu hattın kullanılmasıyla kalkmış olacaktır.

Mevcut durum değer akışı sonrasında, yalın dönüşümlerin ve Endüstri 4.0 yatırımının birlikte uygulanması ile planlanan yalın sonrası değer akış haritası hazırlanmıştır. Hatta meydana gelebilecek hataları önlemek adına otonom bakım faaliyetleri düzenli olarak yapılmalıdır. Zincir hat sonrasındaki 3.hücrede ise 1 kişi son göz kontrolünü ve diğer paketleme işlemlerini yapacaktır. Oluşturulması planlanan hücrelerde Süreç Kaizen çalışmaları ile de işlem süreleri bir miktar kısaltılabilecek ve Poka-yoke uygulamaları ile hata oranları düşürülebilecektir.

### 3.4. Tasarlanan Sistemlerin Değer Akışı Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Seçilen değer akışında yalın üretim teknikleri kullanılarak çeşitli iyileştirme önerileri sunulmuş ve otomasyona geçilmesini sağlayacak endüstri 4.0 yatırımı incelenmiştir. Bu duruma ait öngörülen maliyet ve performans değerleri kısımlandırılmış performans değerleri Tablo 3.1'deki gibi oluşturulmuştur.

Yatırım yapıldığı takdirde yalın değişime göre yukarıdaki tabloda da görüldüğü üzere değer akış performansında şu değişikliklerin olması öngörülmektedir:

- Kişi başına satış 1516 adet artacaktır.
- Çalışma alanından 330 m<sup>2</sup> kadar bir tasarruf sağlanacaktır.
- Tek seferde doğru oranı %98,6'a çıkacaktır.
- Makine boş kapasitesi azalacaktır.
- Değer akış kârı %13,8'den %15,4'e yükselecektir. Yatırım maliyetine rağmen öngörülen kâr %1,7 artacaktır.

**Tablo 3.1. Endüstri 4.0 Yatırımı Sonrası Planlanan Kısımlandırılmış Performans Değerleri**

Değer Akışı Kısımlandırılmış Performans Değerleri							
Değer Akışı: Simeco Değer Akışı							
		Mevcut Durum (şubat2017)	Yalın Sonrası Gelecek Durum	Yalın Sonrası Değişim	Endüstri 4.0 Yatırım Sonrası	Endüstri 4.0 Yatırım Sonrası Değişim	
İşletim	Kişi Başına Satış	1.968,00	2.419,14	451,14	3.936,00	1.516,86	
	Zamanında Sevkiyat Oranı	100%	100%	-	100%	-	
	Temin Süresi	879,52	161 gün	718,52	160 gün	1 gün	
	Çalışma Alanı	510 m2	440 m2	70 m2	110 m2	330 m2	
	İlk Seferde Doğru Oranı	80%	90,0%	0,10	98,6%	9%	
	Ortalama Birim Maliyet (TL)	1,74	1,61	0,13	1,58	0,03	
Kaynak Kapasitesi	Personel	Üretken Kapasite	37,2%	43,7%	6,5%	7,0%	-36,7%
		Üretken Olmayan Kapasite	23,3%	34,9%	-11,6%	60,7%	-25,8%
		Hareketli ve Boş Kapasite	39,5%	21,4%	18,2%	32,3%	-10,9%
	Makine	Üretken Kapasite	45,3%	45,3%	0,0%	59,1%	13,9%
		Üretken Olmayan Kapasite	1,4%	0,9%	-0,5%	0,5%	0,3%
		Boş Kapasite	53,3%	53,9%	-0,5%	40,3%	13,5%
Mali	Envanter (TL)	1.486,29	1.372,76	113,53	1.345,89	26,87	
	Gelir	67.861,86	67.861,86	-	67.861,86	-	
	Malzeme Maliyeti	22.289,23	22.231,76	57,47	21.916,94	314,82	
	Dönüştürme Maliyeti	41.074,67	36.292,05	4.782,63	35.461,35	830,70	
	Değer Akış Karı (TL)	4.497,96	9.338,06	4.840,10	10.483,57	1.145,52	
	Satışların Geri Dönüş Oranı	6,6%	13,8%	7,1%	15,4%	1,7%	

## 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Teknolojinin zamanla gelişmesi ve birçok fabrikanın üretimde otomasyona geçmesiyle üretim maliyetleri düşmektedir. Sektörde rekabet artmaktadır ve fabrikalar bu rekabete ayak uydurabilmek için kendilerini geliştirmelidir. Endüstri 4.0 yatırımları, yatırım maliyetlerine rağmen üretim adetlerini arttırabiliyor, hata oranlarını ve insana bağlılığı azaltıyor ise yatırım yapılması kararı alınmalıdır. Bu kararı almadan önce yalın maliyet muhasebesi kullanılarak yatırım analizi yapılmalıdır. Eğer yatırım belli bir dönemde kârlı görünüyorsa ise şirketler yatırımları göze almalıdır. Böylece şirketler daha uygun fiyata daha kaliteli ürünler üretecektir. Şirketler yeni müşteriler kazanarak rakiplerine karşı avantaj sağlayabilecek ve sektörde tutunmaya devam edebilecektir.

Yalın üretimin ve yalın maliyet muhasebesinin şirketlerde kullanılması ve bir prensip olarak benimsenmesi gerekmektedir. Şirketler Endüstri 4.0 doğrultusunda yapacakları yatırımları israflardan arındırılmış sistemler üzerinde kurgulamalı ve yatırım kararları almadan önce yalın maliyet maliyetlerini değer akışına atamalı ve analiz etmelidirler.

Yapılan çalışmada üç farklı termoeleman üretim sistemi konfigürasyonunun değer akışı maliyetleri analiz edilmiş ve ayrıntıları ile sunulmuştur. Değer akışı maliyetlerinin sonucunda yakın gelecekte yalın üretim teknikleri uygulanarak firmanın değer akış aylık kârının %13,8'e yükselmesi öngörülmektedir. Çalışmada anlatılan otomasyon sistemine geçilmesi durumunda ise yatırım maliyetlerine rağmen bu kâr %15,4 seviyelerine yükselebilir. 4 yıl sonra yatırımın amortisman gideri maliyet kalemlerinden çıktıktan sonra bu kâr yüzdesi %26 civarında olacaktır. Bu oranlara bakıldığında firmanın öncelikle yalın teknikleri benimseyerek uygulaması daha sonrasında da yatırım yaparak otomasyona geçmesi rekabet ve maliyet avantajı sağlayacaktır.

Gelecekte konu ile ilgili olarak, otomasyon sistemine bilgi ve iletişim teknolojilerinin entegre edilmesi ve bu yatırımın maliyet analizinin yapılması planlanmaktadır. Ayrıca, değişkenlik ve aşırı yüklemenin değer akışındaki maliyet etkilerinin analizi ile ilgili yapılacak çalışma(lar)ın ilgili literatüre katma değer sağlayacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Baysan, S. & Durmusoglu, M. B. (2008). Lean Accounting System Design for a Real Life Cellular Manufacturing Environment, The 3rd World Conference on Production and Operations Management, Tokyo, Japan.
2. Gordon, G. (2010). Value Stream Costing As A Management Strategy For Operational Improvement, Cost Management, 24, 11-17.
3. Kayakutlu, G., Satoglu, S. I. and Durmusoglu, M. B. (2007) Waste Detection and Optimization by Applying Bayesian Causal Map Technique on Value Steam Maps, The 19th International Conference on Production Research, Valparaiso, Chile.
4. Maskell, B. H. & Baggaley, B. (2004). Practical Lean Accounting: A Proven System for Measuring and Managing the Lean Enterprise, Productivity Press, New York.
5. Özçelik, F. & Ertürk, H. (2010). Yalın Üretim İşletmeleri için değer akış yönetimi ve değer akış maliyetlemesi, Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 51-84.
6. Rother, M. & Shook, J. (1999). Learning to See, Lean Enterprise Institute, USA.
7. Stenzel J. (2007) Lean Accounting: Best Practices for Sustainable Integration, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.



## PERAKENDE GİYİM SEKTÖRÜNDE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TALEP TAHMİNİ

**Uğurkan EREN**

Endüstri Mühendisi

İstanbul Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, 34369, Maçka, Şişli, İstanbul.

uurkan@gmail.com

**Doç. Dr. Şule İtir SATOĞLU**

İstanbul Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, 34369, Maçka, Şişli, İstanbul.

onbaslis@itu.edu.tr

### ÖZET

Geleneksel olarak, talep tahmin çalışmalarında geçmiş verilerin oluşturduğu zaman serisinin yapısının gelecekte de aynı şekilde devam edeceği varsayılarak bir model kurulur ve gelecek satış miktarları tahmin edilir. Ancak Zaman Serisi Modellerinde talebe etki eden zaman dışındaki faktörler göz ardı edilir. Özellikle, Perakende sektöründe satış miktarları üzerinde, uygulanan indirimler, rakiplerin durumu, hava durumu, özel günler gibi birçok faktör etki eder. Bu çalışmada, Perakende Giyim sektöründe faaliyet gösteren mağaza zincirinin bir mağazasına ait, talebi düzenli olan, biri mevsimsel talep karakteristiğine sahip ürün ile talebi mevsimsel olmayan diğer bir ürün için geçmiş verileri toplanmıştır. Hava sıcaklığı, indirim (özendirme) ve mağazaya gelen müşteri sayısı faktörlerinin her iki ürünün talebine etki ettiği düşünülerek iki farklı Yapay Sinir Ağı Modeli (ANN) kurulmuştur. Birinci tip ANN modeli mevsimselliği dikkate almakta ve diğeri mevsimsel olmayan yapıdadır. Her iki ürün için ANN modelleri kullanılarak tahmin edilmiş ve Regresyon Katsayısı ve Hataların Karelerinin Ortalaması (MSE) ölçütleri bakımından modeller başarılı sonuçlar vermiştir. Özellikle mevsimselliği dikkate alan Zaman Serisi ANN modelinin, klasik ANN modeline kıyasla mevsimsel talep yapısına sahip ürünün talebini daha doğru tahmin ettiği görülmüştür.

### GİRİŞ

Perakende ve hızlı tüketim sektörlerinde, müşterinin aradığı ürünü mağazada bulabilmesi için doğru ürün karışımının, doğru zamanda raflarda hazır bulunması sağlanmalıdır. Çünkü müşteri, aradığı özellikteki ürünü rafta bulmadığı takdirde kayıp satışlar meydana gelebilmektedir. Bu nedenle özellikle perakende ve hızlı tüketim sektörlerinde, etkin bir talep tahmini ve stok yönetimine ihtiyaç duyulur.

Tahmin çalışması, geleceğe ilişkin olması nedeniyle belirsizlik içerir ve ürün talep miktarları genellikle tam olarak doğru tahmin edilemez. Ancak olabildiğince az hata ile tahminin gerçekleştirilmesi hedeflenir. Ürün talepleri tahmin edilirken, ilgili ürünlerin geçmişte gerçekleşmiş satış değerleri önemli bir veri sağlar (Satoğlu ve Kulak, 2014).

Talep tahmini için geleneksel olarak geçmiş verilerin oluşturduğu zaman serisinin yapısının gelecekte

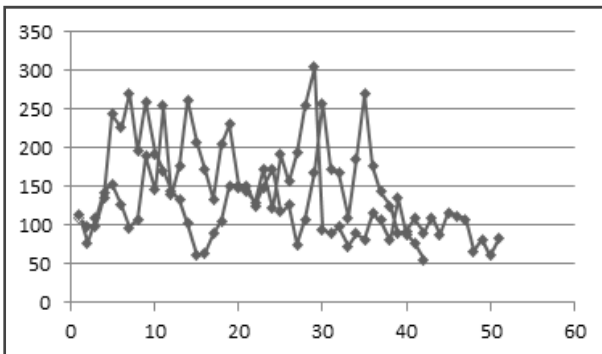
de aynı şekilde devam edeceği varsayılarak bir model kurulur ve gelecek satış miktarları tahmin edilmeye çalışılır. Diğer deyişle, Zaman Serisi Modellerinde talebe etki eden zaman dışındaki faktörler göz ardı edilir. Özellikle perakende sektöründe uygulanan indirimler, rakiplerin belirledikleri fiyatlar ve uygulanan indirimler, rakiplerin durumu, hava durumu, özel günler gibi birçok faktör satış miktarlarına etki eder. Bu nedenle, perakende tüketim sektöründe, talebin tahmini için Zaman Serisi Modellerinden farklı olarak, talebe etki eden faktörleri dikkate alan, gelişmiş tahmin tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yapay sinir ağları, çok çeşitli girdi faktörlerinin çıktılara nasıl etki ettiğini öğrenen, buna bağlı olarak çıktılarının daha doğru kestirimini sağlayan gelişmiş analitik bir yöntemdir.

Bu çalışmanın amacı, perakende giyim sektöründe talebe etki eden indirim, özel günler, hava sıcaklığı gibi etmenler dikkate alınarak daha az hata ile talebi tahmin edebilen bir yapay sinir ağı geliştirmektir. Geliştirilen yöntem, çok sayıda mağazası olan bir perakende giyim firmasının verisi kullanılarak, seçilen bir mağazaya ait iki farklı ürün ailesi için test edilmiştir.

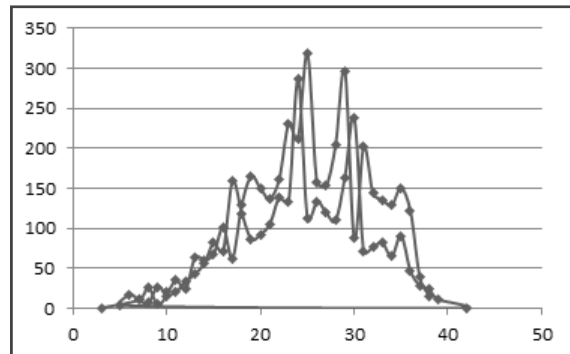
Talep tahmini için çeşitli faktörleri dikkate alan Yapay Sinir Ağı uygulamaları mevcuttur. Yapay Sinir Ağları kullanılarak Türkiye'nin enerji talebinin (Hamzaçebi ve Kutay, 2004)(Es vd., 2014), konaklama işletmelerinde doluluk oranının (Çuhadar ve Kayacan, 2005), altın ürünlerinin talebinin (Adıyaman, 2007), ülke bazında ihracat miktarlarının (Karahan, 2015), otomobil satışlarının (Sarı, 2016), geri dönüştürülen beyaz eşya sayısına etki eden faktörlerin (Bal vd., 2017) tahmini gerçekleştirilmiştir. Literatürde, enerji talebinin tahmini için yapay sinir ağları sıklıkla kullanılmıştır.

#### Geliştirilen Yapay Sinir Ağları ve Uygulama

Bu çalışmada, talebi tahmin edilmeyen çalışılan firma, çok sayıda mağazaya sahip bir perakende giyim şirkettir. Bu çalışmada, düzenli müşteriye sahip bir mağaza seçilmiştir. Bu mağazada satılan ve talebi düzenli olan, biri mevsimsel talep karakteristiğine sahip ürün ile talebi mevsimsel olmayan diğer bir ürün için geçmiş verileri toplanmıştır. Birinci ürün her mevsim satışı düzenli olan, belirli bir markaya sahip spor ayakkabısıdır. Diğer ürün ise, yine markası belli olan t-shirttür. Şekil 1 ve 2'de sırasıyla spor ayakkabı ve t-shirt ürünlerinin haftalık talep yapısı gösterilmiştir. Şekil 2'de görüldüğü gibi, t-shirt ürününün talebi, dönemsel olarak yılın 20. Haftası ile 30. Haftası arasında artmakta sonra azalmaktadır ve dolayısıyla mevsimsellik özelliği taşımaktadır. Spor ayakkabı ise görece daha sabit bir talep yapısına sahiptir.



Şekil 1. Spor Ayakkabı Ürününün Haftalık Talep Grafiği



Şekil 2. T-Shirt Ürününün Haftalık Talep Grafiği

Firma, talebin sadece zaman serileri ile tahmin edilmesinin doğru bir yaklaşım olmadığını farkına varmıştır ve daha gelişmiş bir yöntem kullanarak talebini tahmin etmek istemektedir. Yapay sinir ağları, talebin tahmini için kullanılmıştır. Ancak yapay sinir ağına girdi nöronlarının yani faktörlerin seçimi tahmin performansını etkilemektedir ve bu nedenle doğru seçilmelidir. Firma yetkilileri hava sıcaklığının,



ürüne uygulanan indirimlerin, özel günlerin mağazaya gelen müşteri sayısının, satış temsilcisi etkisinin talep üzerinde etkili olduğunu ifade etmiştir. Özel günlerin yapay sinir ağında temsil edilebilmesi için mağazaya gelen müşteri sayısı girdi nöronlarında faktör olarak göz önüne alınmıştır. Çünkü özel günlerde, mağazaya gelen müşteri sayısı belirgin biçimde artmaktadır. Bu bilgiler ışığında, hava sıcaklığı, indirim (özendirme) ve mağazaya gelen müşteri sayısı faktörlerinin her iki ürünün talebine etki ettiği düşünülerek iki farklı Yapay Sinir Ağı Modeli (ANN) kurulmuştur. Birinci tip ANN modeli mevsimselliği dikkate alan yapıda ve diğeri ise mevsimsel olmayan yapıdadır. İki farklı ANN'nin kurulmasının nedeni, ürünlerin farklı talep karakteristiğine sahip olmasıdır. 36 aylık geçmiş talep (satış) verisi her iki ürün için toplanmıştır. Aynı 36 aylık dönem için hava durumu, mağazaya gelen müşteri sayısı, promosyon verileri de toplanmıştır. Ancak bu verilerin birimleri birbirinden farklı olduğu için bir normalizasyon işlemi gerekmektedir (Jayalakshmi ve Santhakumaran, 2011). Yani, tüm faktörlerin ortak bir ölçüğe getirilmesine gerek duyulmaktadır. Literatürdeki normalizasyon teknikleri şunlardır (Jayalakshmi ve Santhakumaran, 2011):

- İstatistiksel Normalizasyon
- Min-Maks Normalizasyon
- Medyan Normalizasyon
- Sigmoid Normalizasyon

Bu çalışmada Min-Maks Normalizasyon tekniği kullanılmıştır. Bu tekniğe göre, her faktör için minimum ve maksimum değerler belirlenmelidir. Ardından Eşitlik (1)'de gösterildiği şekilde her gözlem değeri normalize edilir:

$$X_{\text{yeni}} = \frac{X - X_{\text{min}}}{X_{\text{maks}} - X_{\text{min}}}$$

Örnek vermek gerekirse, Tablo 1'de gösterilen hava, promosyon, müşteri sayısı ve satış verileri Min-Maks Tekniği ile normalize edildiğinde Tablo 2'deki veriler elde edilir.

**Tablo 1. Örnek Normalizasyon Verisi**

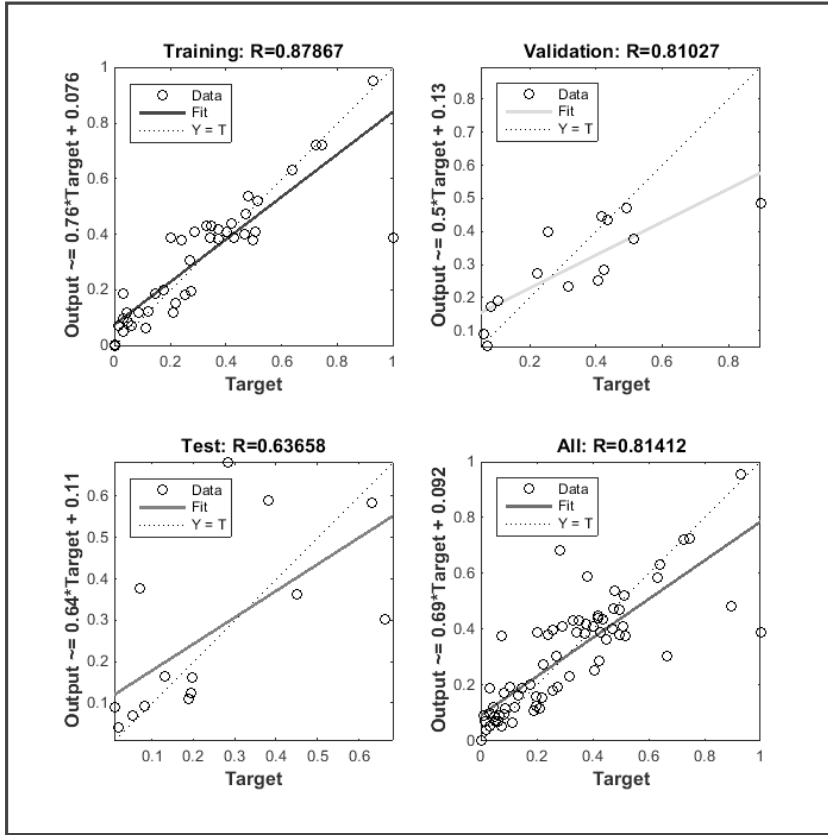
	Hava Sıcaklığı	Promosyon	Müşteri Sayısı	Satış
	7,4	3.078,87	78.986	109
	8,4	4.237,62	50.967	99
	11,9	3.297,53	57.462	99
	11,5	5.380,54	83.693	136
<b>Maksimum değer</b>	11,9	5380,5	83693,0	136,0
<b>Minimum değer</b>	7,4	3078,9	50967,0	99,0
<b>Maksimum-Minimum</b>	4,5	2301,7	32726,0	37,0

**Tablo 2. Örnek Normalize Edilmiş Veri**

Hava Sıcaklığı	Promosyon	Müşteri Sayısı	Satış
0,00	0,00	0,86	0,27
0,22	0,50	0,00	0,00
1,00	0,10	0,20	0,00
0,93	1,00	1,00	1,00

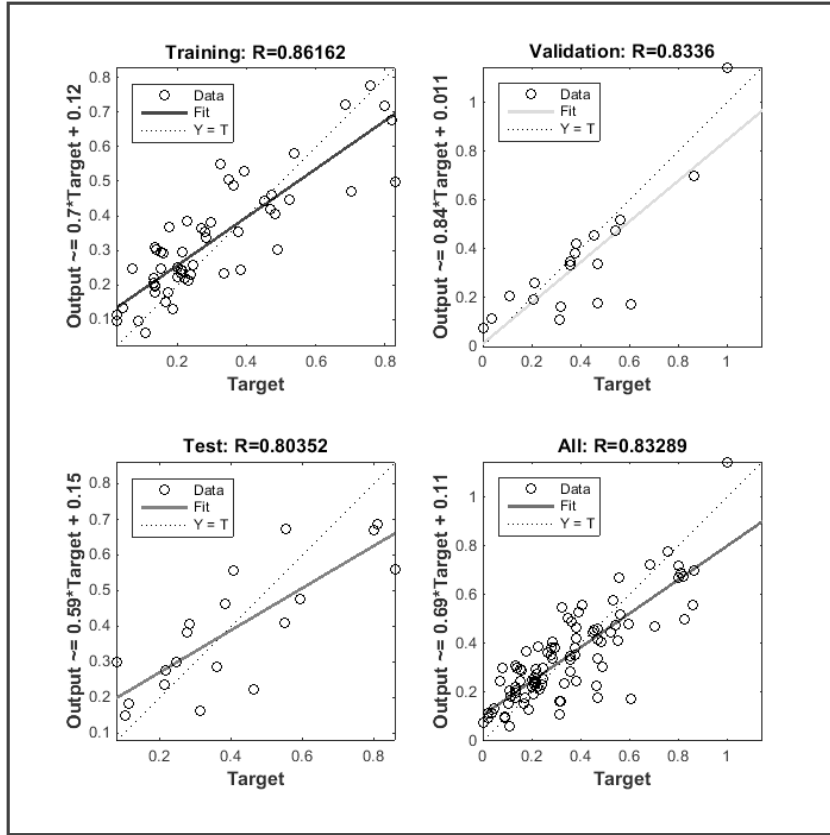
ANN'lerde eldeki veriler üçe ayrılır. Birinci kısım ANN'yi eğitmek için kullanılır. ANN'nin eğitilmesi, girdi nöronlarına ağırlık verilerek çıktılar tahmin edilmesi sonucunda, tahmin ile gerçek değer arasındaki sapmaların karesi (İng.: mean square error)'ni küçültecek şekilde ağırlıkların değiştirilerek yeni değerler verilmesi ve daha iyi sonuç alınmaya çalışılmasına ilişkin bir süreçtir. Eldeki verinin Matlab® yazılımında %70'i eğitim verisi, %15'i doğrulama (İng.: validation), kalan %15'i ise test verisi olarak kullanılmaktadır. Kullanıcı bu yüzdeleri belli sınırlar için değiştirebilir. Kurulan ANN'lerde Levenberg-Marquardt öğrenme algoritması kullanılmıştır.

T-shirt ürünü için yukarıda belirtilen üç çevresel faktörü dikkate alan Zaman Serisi ANN (Non-linear Otoregresif) kurulmuştur. Yedi adet gizli nöron ANN'de bulunmaktadır. Gecikme süresi (İng.: delay) bir hafta olarak kabul edilmiştir. Tahmin hatalarının karesi (MSE) değeri 0.018941 olarak raporlanmıştır. Ancak tahmin hatası tek başına tahmin performansının anlaşılması ve yorumlanması için yeterli değildir. Regresyon katsayısı Şekil 3'de gösterildiği gibi yazılım tarafından raporlanmıştır. Veri setinin bütünü için bulunan Regresyon katsayısı 0,81412'dir. %80 ve üzeri bir değer sonucunda kurulan ANN'nin başarılı olduğu ifade edilebilir.



Şekil 3. T-Shirt Ürünü için Mevsimsel ANN ile Ulaşılan Regresyon Katsayıları

Spor ayakkabı için de Zaman Serisi ANN ile tahmin yapılmıştır. Bu teknikler ulunan Regresyon Katsayısı (R) 0,660811'dir Yani, Zaman Srisi ANN, spor ayakkabının talep tahmini için yüksek hata vermiştir ve uygun bir teknik değildir. Ancak klasik ANN ile SporAyakkabı ürününün talebi tahmin edildiğinde (gizli nöron sayısı=7) raporlanan Regresyon katsayısı Şekil 4'te görüldüğü gibi 0,83289 olarak bulunmuştur. Dolayısıyla spor ayakkabı ürünü için klasik ANN uygun sonuç vermiştir.



Şekil 4. T-Shirt için Bulunan Regresyon Katsayısı Değerleri

## SONUÇ

Bu çalışmada yapay sinir ağları kullanılarak bir perakende giyim firmasının seçilen bir mağazasındaki iki ürün için klasik bir AN ile Zaman Serisi ANN modelleri oluşturulmuş yapay sinir ağı oluşturulmuş ve bu yöntemle talep tahmini gerçekleştirilmiştir. Zaman Serisi ANN modeli mevsimsel talebe sahip t-shirt için başarılı, ancak mevsimsel olmayan diğer ürün olan spor ayakkabı için başarısız sonuç vermiştir. Kurulan Klasik ANN modeli spor ayakkabı için başarılı bir tahmin performansı göstermiştir.

Gelecek çalışmalarda, perakende giyim sektöründe talebe eki eden diğer faktörler de dikkate alınarak ANN modelleri geliştirilebilir. Ayrıca tek bir mağaza için gerçekleştirilen talep tahmini işlemi, çeşitli coğrafi bölgelerdeki mağaza grupları için gerçekleştirilip, ürün talebine etki eden faktörlerdeki bölgesel farklılıklar incelenebilir.

## KAYNAKLAR

1. Adıyaman, F., 2007. Talep Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
2. Bal, A., Sarvari, P.A., Satoğlu, Ş.I., 2017. Analyzing Recycling Operations Data of White Appliances Industry in Turkish Market. GJCIE 2017-Global Joint Conference on Industrial Engineering and Its Applications.

3. Çuhadar, M., & Kayacan, C. (2005). Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Konaklama İşletmelerinde Doluluk Oranı Tahmini: Türkiye'deki Konaklama İşletmeleri Üzerine Bir Deneme. *Anatolia: Turizm Arastirmalari Dergisi*, 16(1).
4. Es, H. A., Kalender, F. Y., & Hamzaçebi, C. (2014). Forecasting the Net Energy Demand of Turkey by Artificial Neural Networks. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 29(3), 495-504.
5. Hamzaçebi, C., & Kutay, F. (2004). Yapay sinir ağları ile Türkiye elektrik enerjisi tüketiminin 2010 yılına kadar tahmini. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(3).
6. Jayalakshmi, T. and Santhakumaran, A., 2011: Statistical Normalization and Back Propagation for Classification. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, Vol.3, No.1.
7. Karahan, M., 2015. Yapay Sinir Ağları Metodu İle İhracat Miktarlarının Tahmini: ARIMA ve YSA Metodunun Karşılaştırmalı Analizi, *Ege Akademik Bakış*, 15(2), 165-172.
8. Sarı, M., 2015. Yapay Sinir Ağları ve Bir Otomotiv Firmasında Satış Talep Tahmini Uygulaması, Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi.
9. Satoğlu, Ş.I., Kulak, O., 2014. Talep Tahmini ve Üretim Planlama. Editör: O. Kulak, *Uygulamalı Üretim Yönetimi El Kitabı*, s.135-176.



## 4. OTURUM

# Türkiye'de Endüstri 4.0

Oturum Başkanı

DEVRİM TUTKU ATEŞ / EİM Kurultayı Düzenleme Kurulu Üyesi eteri

Dördüncü Endüstri Devrimi İle Endüstri Mühendisliği Eğitimindeki  
Dönüşüm

Yrd. Doç. Dr. ÇİĞDEM KADAIFÇI

Endüstri 4.0 Uygulamalarının Endüstriyel Dönüşüme Etkisi

SAMET GÜRSEV

Ekonominin Dönüşümünde Mühendisler İçin Yeni Bir Meslek:  
İnovasyon Yönetimi Sistemi

MÜJGAN ÇETİN

Türkiye Endüstri 4.0 İçin Yol Haritası Çıkardı Mı?

NEŞE GÜNDOĞDU





## DÖRDÜNCÜ ENDÜSTRİ DEVRİMİ İLE ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİNDEKİ DÖNÜŞÜM

**Yrd. Doç. Dr. Çiğdem KADAİFÇİ**  
Doğuş Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü  
ckadaifci@dogus.edu.tr

**Doç. Dr. Sezi Çevik ONAR**  
İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü  
cevikse@itu.edu.tr

### ÖZET

Dördüncü Endüstri Devrimi ile özellikle bilgi teknolojileri, veri bilimleri ve üretim alanındaki farklı bilgi ve yeteneklerin birleşiminden doğan yeni iş alanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. İş alanlarındaki bu dönüşüm, birçok mevcut iş alanının ortadan kalkmasına yol açacağından, şirketlerin istihdam politikalarını gözden geçirip yeni çağın gereklerine uygun elemanlar seçmesi ve kişilerin gelişimlerini bu doğrultuda planlaması kaçınılmazdır. Bu noktada, üniversitelere ve özellikle üniversitelerin mühendislik bölümlerine, eğitim programlarını bu alanlara odaklayarak çağa ayak uyduracak bir nesil yetiştirmek adına önemli bir görev düşmektedir. Her ne kadar lisans ve yüksek lisans düzeyinde yeni programlar açılmış olsa da henüz hangi bölümlerin hangi alanlara odaklanacağı ve yeni çağın gerektirdiği ihtiyaçları karşılamada hangi rolleri üstleneceği tanımlı değildir. Bu amaçla, çalışma kapsamında 27 üniversitenin Endüstri Mühendisliği bölümlerinin araştırma alanları ve odak alanları (diğer bir ifadeyle ders opsiyonları) incelenmiş, bu alanların benzerliği ve ayrıştığı noktalar araştırılmıştır. Mühendislik eğitiminde yaşanacak dönüşümde Endüstri Mühendisliği bölümlerinin üstlenebileceği roller gösterilmiş, elde edilen bulgular doğrultusunda Türkiye'deki ve dünyadaki Endüstri Mühendisliği bölümlerinin Dördüncü Endüstri Devrimi'ne ve yenilikçiliğe yaklaşımları karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Dördüncü Endüstri Devrimi, Endüstri Mühendisliği, Mühendislik Eğitiminde Dönüşüm

### GİRİŞ

Dünyada gelişen ekonomilere sahip ülkelerde, endüstriyel üretimlerini daha üretken ve verimli kılmak adına yeni gelişen bilişim ve iletişim teknolojilerine uyum sağlamak giderek önem kazanmaktadır. Dördüncü Endüstri Devrimi ile birlikte klasik üretim teknolojileri yetersiz kalmaya başlamış, akıllı fabrikalar, akıllı makineler, nesnelerin interneti (internet of things), endüstriyel otomasyon, zeki robotlar, siber güvenlik ve büyük verilerin yönetimi gibi konular öne çıkmış [1] ve yeni iş alanlarına duyulan ihtiyacı beraberinde getirmiştir. Fiziksel ve sanal boyutların birlikte temsil edilmesine olanak veren görsel prog-

ramlama (visual computing) yaklaşımları, akıllı makinalar ve bulut teknolojilerinin desteğiyle, hem süreç hem de ürün açısından kritik durumların gözlemlenebilmesi, ihtiyaç duyulan esnekliğin sağlanabilmesi, kaynak ve enerji verimliliği, çalışanların eğitimi gibi birçok alanda avantaj sağlamaktadır [1].

Dördüncü Endüstri Devrimi ile birlikte, klasik üretim teknolojilerini kullanan geleneksel organizasyonların sahip olması gereken dört temel özellik [2]:

- Akıllı üretim sistemlerinin dikey ağ oluşturması: siber-fiziksel üretim sistemleri ile talep ve stok seviyelerindeki değişime anında cevap verebilme, müşteriye özel ve bireyselleştirilmiş üretim yapabilme, verimli kaynak kullanımını beraberinde getirir.
- Yeni nesil değer zinciri ağları üzerinden yatay entegrasyon: şeffaflık, yüksek düzeyde esneklik ve optimizasyon olanağı sunar. Tüm müşteriler ve iş ortakları tamamen yeni bir iş modeli ve işbirliği yaklaşımı geliştirmelidir.
- Değer zinciri boyunca mühendislik: Ürün ve hizmetlerin tasarımı, geliştirilmesi ve üretimi boyunca ürün geliştirme ve üretim arasındaki sinerjiyi sağlayacak mühendislik yaklaşımı takip edilmelidir.
- Üstel şekilde artan teknoloji üzerinden ivme kazanma: otomasyon, robot bilimi, yapay zeka, nano malzemeler, katmanlı üretim (additive manufacturing) gibi teknolojilere uyum sağlamak gerekmektedir.

Yeni çağın gerektirdiği yeni uzmanlık alanları, şirketlerin gelecek yatırımlarını bu doğrultuda yönlendirmelerini, istihdam politikalarını gözden geçirip mevcut personellerinin yetenek ve yetkinliklerini geliştirecek eğitimler organize etmelerini gerektirmektedir.

Mesleki eğitimin önemli bir ayağını oluşturan üniversitelerin, ortaya çıkan bu uzmanlık alanlarını gözeteerek eğitim programlarını güncellemesi, hatta bu alanlara odaklanan yeni bölümler geliştirmesi kaçınılmazdır. Söz konusu gelişmelerle birlikte sadece eğitim programlarının içeriği değil, eğitim araçları da değişmektedir. Üç boyutlu modelleme (3D modeling), sanal gerçeklik ve sanal laboratuvarlar (Virtual reality and virtual labs), zenginleştirilmiş gerçeklik (Augmented reality), oyunlaştırma (Gamification) gibi yeni eğitim araçları üniversitelerin büyük bölümünde kendilerine yer bulmuştur. Peter Fisk, "Eğitim 4.0" adını verdiği eğitimin geleceğine yönelik öngörülerini aşağıdaki gibi özetlemiştir [3]:

- Yeni olası durumları mümkün kılabilmek adına insan ve makinanın uyumluluğunu sağlayacak şekilde Dördüncü Sanayi Devrimi gerekliliklerine cevap verebilmek
- Dijital teknolojiler, kişisel veriler, açık kaynaklı içerikler ve küresel olarak bağlantılı şekilde yaşayan insanlığın potansiyelini kullanabilmek
- Toplumda daha iyi bir rol alabilmek adına yaşam boyu ve sürekli öğrenmenin taslağını oluşturabilmek.

Bu çalışma kapsamında dünyadaki farklı ülkelerden 27 üniversite seçilmiş, bu üniversitelerdeki Endüstri Mühendisliği programları araştırma ve odak alanları açısından incelenmiştir. Dördüncü Endüstri Devrimi'nin gerektirdiği uzmanlık alanlarına yönelik bu bölümlerin kendilerine ne gibi roller biçtiği, hangi alanların eğitimini üstlendiği, yaklaşımlarının benzerliği ve farklılığı araştırılmış, Türkiye'deki ve dünyadaki üniversiteler karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde uzmanlık alanlarına yönelik bilgi verilmiş, üçüncü bölümünde analiz ve bulgular yorumlanmış ve son olarak dördüncü bölümünde sonuçlar paylaşılmıştır.



## 2. ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİNDE DÖNÜŞÜM

Dördüncü Endüstri Devrimi ile birlikte ortaya çıkan ve giderek önem kazanan akıllı fabrikalar, akıllı makinalar, nesnelerin interneti, endüstriyel otomasyon, zeki robotlar, siber güvenlik ve büyük verilerin yönetimi gibi alanlar incelendiğinde, Endüstri Mühendisliği programlarının kendi temel araştırma alanlarına yakın ya da benzer alanlara odaklanması gerektiği açıktır. Yüksek teknolojik gelişmeler, bilgisayar programlama uzmanlığı gerektirebilecek geliştirmeler ve dijitalleşme gibi alanlarda bu bölümlerin mesleki eğitim verebilmesi zordur. Dolayısıyla ortak noktaları da söz konusu olmasına rağmen temelde birbirine uzak olan bu gelişmelerin üstesinden gelenebilmesi için disiplinler arası çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmalarda Endüstri Mühendisliği bölümleri yönlendirici ve birleştirici bir rol üstlenebilecektir.

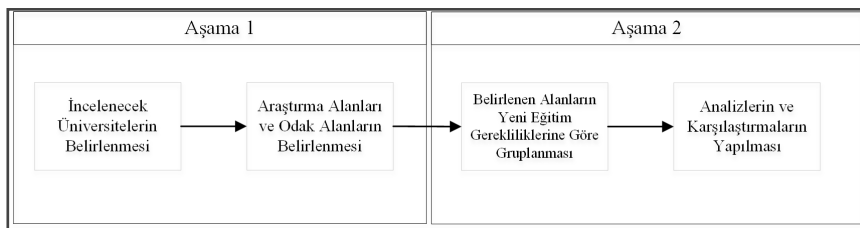
Dördüncü Endüstri Devrimi ile birlikte ortaya çıkan yeni uzmanlık alanları aşağıdaki gibi gruplandırılmıştır:

- **Veri Bilimi ve Programlama Teknolojileri:** Bu grupta veri modelleme ve büyük veri, veri analitiği ve makina öğrenmesi yer almaktadır. İnternet çağında verinin hacmi büyüdükçe ve farklı veri türleri ortaya çıktıkça geleneksel analiz yaklaşımları büyük boyutlarda veriyi analiz etme konusunda yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle özellikle IT şirketleri bu verileri analiz etmek için yeni modelleme yaklaşımları ve programlama teknolojileri üzerinde çalışmaktadır [4]. Veri analitiği, veriyi değerlendirmek ve bu veriden kullanılabilir bir bilgi ortaya çıkarabilmek için izlenen süreçtir [5]. Makine öğrenmesi ise, insanın bilgiyi edinme ve birleştirme yoluyla sürekli öğrenmesine benzer şekilde, bilgisayarların geçmiş verileri kullanıp deneme-yanılma yoluyla belirli bir problem alanına yönelik öğrenmesi prensibine dayanır [6].
- **Yenilikçilik ve Girişimcilik:** Bu grupta yenilikçi malzemeler ve yenilikçilik ve girişimcilik yer almaktadır.
- **Otomasyona Dayalı Üretim Teknolojileri:** Bu grupta otomasyon, robot bilimi, nesnelerin interneti, katmanlı üretim bu grupta yer almaktadır [7].

## 3. ANALİZ VE BULGULAR

Dördüncü Endüstri Devrimi ile birlikte üniversitelerde verilen eğitimdeki dönüşümleri örneklemek adına Endüstri Mühendisliği bölümleri seçilmiştir. Daha önce vurgulanan uzmanlık alanlarına yönelik eğitimin hangi üniversitelerde verilmeye başlandığı ya da verilmesinin planlandığı iki aşamalı bir süreç ile araştırılmıştır. Bu sürece ait akış Şekil 1'de verilmektedir.

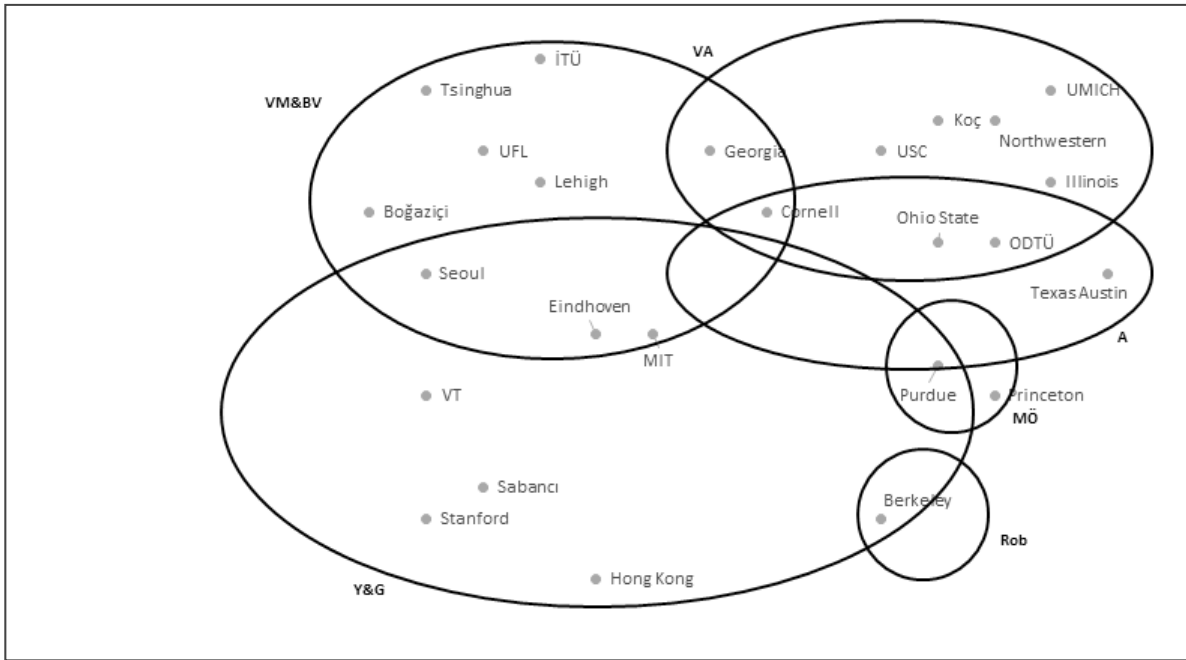
Birinci aşamada, dünyada, çeşitli kriterlere göre belirlenen en iyi üniversiteler seçilmiştir. Seçilen üniversiteler Amerika'dan 17, Türkiye'den beş, Hollanda, Güney Kore, Çin, Hong Kong ve Japonya'da birer üniversite olacak şekilde dağılım göstermektedir. İlgili üniversitelerin Endüstri Mühendisliği programları incelenmiş, araştırma alanları ve odak alanlarına (diğer bir ifadeyle ders opsiyonları) ait bilgiler toplanmıştır. Endüstri Mühendisliği'nin temel araştırma alanlarının yanı sıra Dördüncü Endüstri Devrimi ile birlikte ihtiyaç duyulan uzmanlık alanları ile karşılaşmıştır.



Şekil 1. Analizin Aşamaları

İkinci aşamada, araştırma ve odak alanları daha önce belirlenen uzmanlık alanlarına göre gruplandırılmıştır. Temel Endüstri Mühendisliği alanları analizlere dahil edilmemiştir. Üniversitelerin benzerliği ile birbirinden ayrıştığı noktaları gösterebilmek adına haritalar ve şemalar hazırlanmıştır.

Şekil 2'de şeması verilen araştırma alanlarının %46.34'ü veri bilimi ve programlama teknolojileri ve %34.15'i yenilikçilik ve girişimcilik olarak gruplanmaktadır. Ayrıca makina öğrenmesi, robot bilimi ve ağlar karşılaşılan diğer uzmanlık alanlarıdır. Şekilde üniversitelerin kendilerini hangi araştırma alanı ya da alanlarına konumlandığı görülmektedir. Buna göre, bazı üniversiteler tek bir alanda uzmanlaşmayı tercih ederken, bazıları da iki ya da üç alanı kapsayacak şekilde araştırmalar yürütmektedir. Türkiye'deki üniversiteler özelinde bir inceleme yapıldığında her birinin ayrı alanlarda uzmanlaşmayı tercih ettiği görülmektedir. Boğaziçi Üniversitesi ve İstanbul Teknik Üniversitesi "Veri Modelleme ve Büyük Veri", Sabancı Üniversitesi "Yenilikçilik ve Girişimcilik", Koç Üniversitesi "Veri Analitiği" ve Orta Doğu Teknik Üniversitesi "Veri Analitiği" ve "Ağlar" alanlarına konumlanmıştır.

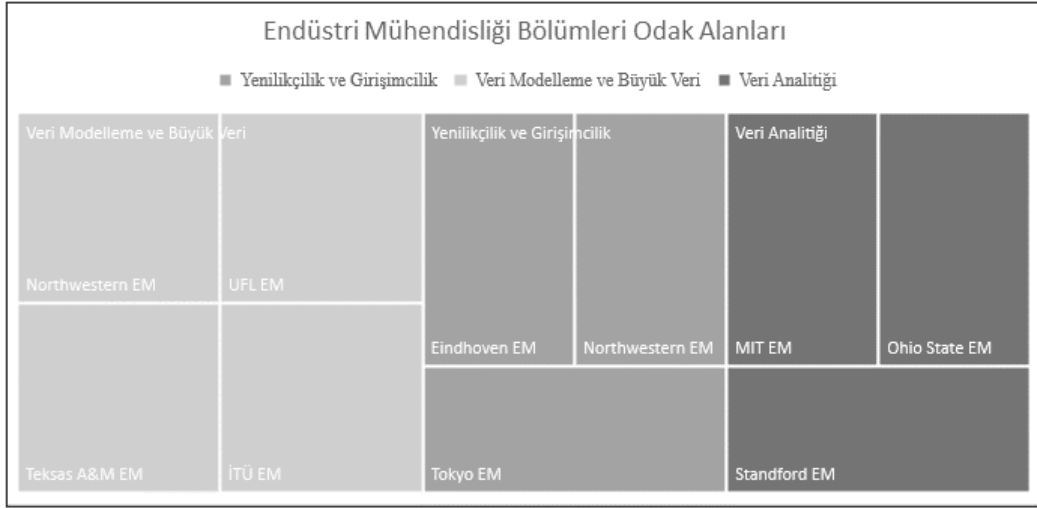


Şekil 2. Araştırma Alanlarının Üniversite Dağılımları<sup>1</sup>

Şekil 3 ve Şekil 4'te ilgili bölümlere ait odak alanların haritası ve şeması verilmektedir. İncelenen 27 üniversitenin sadece dokuz tanesinde derslerin opsiyonlarına yönelik bilgi verilmekte ve öğrencilerin uzmanlaşması için odak alanlar sunulmaktadır. Endüstri Mühendisliği özelinde, üniversitelerin eğitim programlarını yönelem araştırması, üretim ya da yönetim konularına odaklaması söz konusudur. Diğer bir ifadeyle, her üniversite temel eğitim alanlarından bir veya birkaçına yönelik uzmanlaşmıştır. Her ne kadar Dördüncü Endüstri Devrimi'nin gerektirdiği uzmanlık alanları, bu üniversitelerin araştırma alanları arasına girmiş olsa da, henüz bu alanlara yönelik ders grupları ya da opsiyonlar sunulmamaktadır.

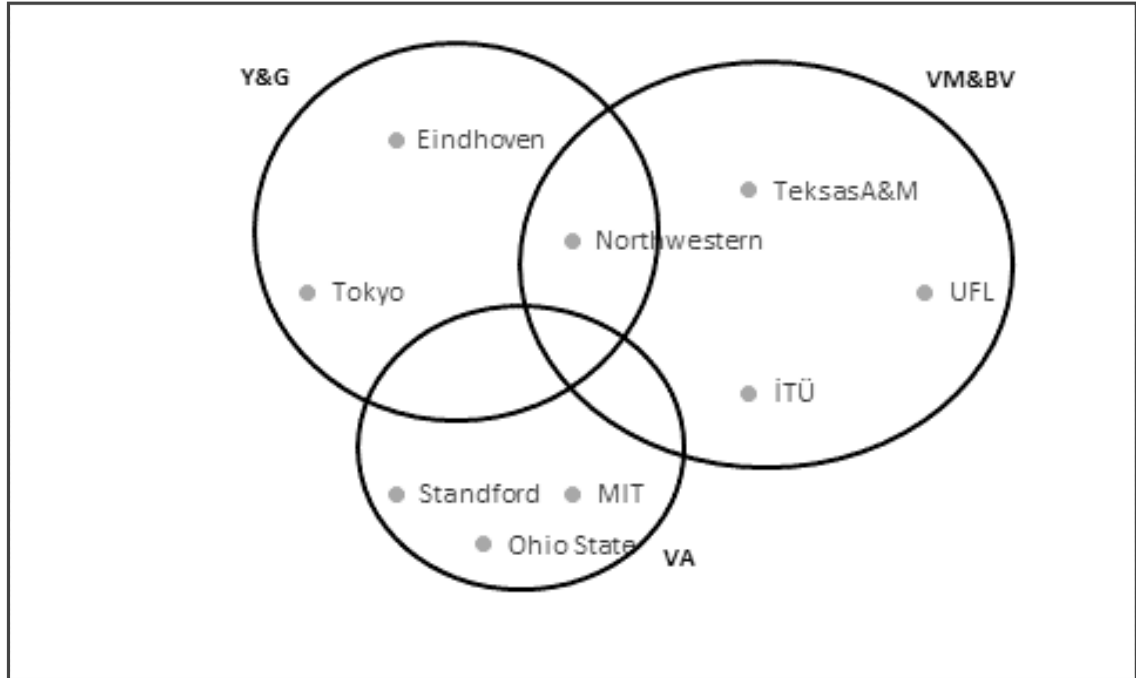
Veri bilimi ve programlama teknolojileri ile yenilikçilik ve girişimcilik üzerine odaklanıldığı, seçilen üniversitelerin eğitimdeki dönüşümde kendilerine biçtiği rolü göstermektedir.

<sup>1</sup> VM&VA: Veri Modelleme ve Büyük Veri; VA: Veri Analitiği, Y&G: Yenilikçilik ve Girişimcilik, MÖ: Makina Öğrenmesi, A: Ağlar, R: Robot Bilimi



Şekil 3. Odak Alanları Haritası

Türkiye'deki üniversiteler özelinde inceleme yapıldığında, İstanbul Teknik Üniversitesi'nin uzmanlaşma alanları arasında bilgi yönetimi yer almaktadır. Bu alan, veri modelleme ve büyük veri grubu altında incelendiğinden üniversitenin odak alanlar kapsamında hangi rolü üstleneceğini işaret ettiği söylenebilir.



Şekil 4. Odak Alanların Üniversite Dağılımları

## 4. SONUÇLAR

Son yirmi yılda hızla yaşanan teknolojik gelişmeler sadece endüstrileri değil, yoğun olarak günlük hayatı ve iş yapış biçimlerini de değiştirmiştir. Bu değişim sürecinin önümüzdeki yıllarda daha da yoğun bir şekilde yaşanacağı düşünülmektedir. İlk ortaya atıldığında teknolojik değişimlerin ağırlıklı olarak imalat süreçlerine yansımaları anlatan bir kavram olarak kullanılan Dördüncü Endüstri Devrimi dönemi kavramı, günümüzde teknolojik gelişmelerin tetiklediği tüm dönüşümleri içeren bir dönemi tasvir için kullanılmaktadır. Bu dönemde iş yapış biçimlerindeki değişim tüm meslekleri, özellikle mühendislerin çalışma şekillerini değiştirmektedir. Bu çalışmada, yeni bilgi ve beceriler kümesini zorunlu kılan bu dönemde endüstri mühendislerinin hangi becerilere sahip olması gerektiği ortaya konulmuş, mevcut durumda verilen eğitimlerin hangi alanları kapsadıkları incelenmiştir. Yapılan inceleme, çok disiplinli, farklı öğrenme metotları kullanan, iş hayatı ile sıkı bağları olan bir eğitime geçilmesinin zorunlu olduğunu göstermektedir.

## KAYNAKLAR

1. Posada, J., Toro, C., Barandiaran, I., Oyarzun, D., Stricker, D., de Amicis, R., Pinto, E.B., Eisert, P., Döllner, J. ve Vallarino, I. (2015). Visual computing as a key enabling technology for industrie 4.0 and industrial internet, IEEE Computer Graphics and Applications, 35(2), 26-40.
2. Industry 4.0: Challenges and Solutions for the Digital Transformation and Use of Exponential Technologies, Deloitte, 2014.
3. Fisk, P. (2017). Education 4.0. <http://www.thegeniusworks.com/2017/01/future-education-young-everyone-taught-together/>
4. Zhu, J. Ve Wang, A. (2012). Data Modeling for Big Data, CA Technology Exchange: Insights from CA Technologies, 3(3), 77-80.
5. Le Roux, Y. (2012). Privacy and Data Analytics, CA Technology Exchange: Insights from CA Technologies, 3(3), 17-23.
6. Oberlin, S. (2012). Machine Learning, Cognition, and Big Data, CA Technology Exchange: Insights from CA Technologies, 3(3), 44-60.
7. Cevik Onar, S., Ustundag, A., Kadaifci, C., Oztaysi, B. The Changing Role of Engineers in Industry 4.0 Era, Industry 4.0: Managing The Digital Transformation, Springer (basım aşamasında).



## ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMALARININ ENDÜSTRİYEL DÖNÜŞÜME ETKİSİ

**Yrd. Doç. Dr. Halil Halefşan SÜMEN**

Maltepe Üniversitesi İİBF Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi (İng)

**Dr. Bülent CERİT**

İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği

**Samet GÜRSEV**

Doktora Öğrencisi, Marmara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Yönetimi (İng)

### ÖZET

Tüm sektörleri etkileyen derin değişimlere tanıklık eden yeni iş modelleri kuran yeni bir sanayi devrimine tanıklık ediyoruz. Bu yeni devrimin hızını ve genişliğini henüz tam olarak anlayamadık. Milyarlarca insanın mobil cihazlara bağlanması, veri depolaması, yapay zeka, robotik, nesnelerin interneti, 3D yazıcılar hayatımıza etki etmeye başlamış durumda. Teknolojinin yaşamlarımızı ve gelecek kuşakların yaşamlarını nasıl değiştireceğine ilişkin kapsayıcı ve küresel paylaşılan bir görüşe sahip olmamız gerekiyor. Çoğu sanayi kuruluşu bu sebeple endüstri 4.0 üzerine çalışmakta ve kendini bu seviyeye getirmek için çaba göstermektedir. Her ne kadar çok tartışılan bir konu olsa da aslında akademik veya endüstri alanında Endüstri 4.0 yol haritası da çok açık değildir. Mevcut üretim sistemleri ile yeni endüstri çağının getirdikleri arasındaki bağlantılar da henüz tam olarak kurulmuş değil. Endüstriyel dönüşüm sürecinin tamamlanması ve baştan sonra yenilenmesi sürecinde yeni endüstri çağının parametreleri ve getirdiği yenilikler büyük rol oynayacaktır. Endüstri 4.0 süreci çok katmanlı bir yapıdan oluşmaktadır ve gereksinimlerini tanımlamak önemli bir aşamadır. Çalışmamızdaki hedefimiz endüstri 4.0 sürecinin ülkemize ve dünyaya getireceği yenilikleri sunmak ve buna bağlı olarak bizi bu hedefte başarılı bir dönüşüme iletecek olan bir yol haritası hazırlamayı amaçlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstri 4.0, Üretim Sistemleri, Yol haritası, İnovasyon

### 1. ENDÜSTRİ 4.0 VE GETİRDİĞİ YENİLİKLER

İnsanlık dünya üzerinde olduğu müddetçe sürekli daha iyiye gitmek için çalışmış ve çevresindeki her olayı sorgulayarak ilerleme kaydetmiştir. Tarih boyunca insanların icat ettikleri ve keşfettikleri tüm yenilikler sosyal hayat üzerinde, ekonomi ve ticaret üzerinde belirgin etkiler bırakmıştır. Yeni sanayi devrimi olarak adlandırılan Endüstri 4.0 konsepti aslında hızla gelişmekte olan bilgi ve iletişim teknolojilerinin ve üretim sistemlerinin dijitalleşmesi sonucu ortaya çıkmış yeni bir yapıdır.

Bu aşamaya gelmeden önce diğer endüstri devrimlerini kısaca özetlemek gerekebilir. Şekil 1 de görüldüğü gibi sanayi kavramı ve bizim bugün Endüstri 1.0 dediğimiz kavram aslında 18. yüzyıl sonlarında oluşmuş ve aslında buhar makinesi icadıyla oluşan ilk mekanik üretim tesislerinin ortaya çıkışını içer-

mektedir. Endüstri 2.0 dediğimiz kavram elektrik enerjisi hızlanan sistemlerin iş bölümü ve seri üretim yaklaşımlarının oluşturduğu dönemi içermektedir. Bu 2 sanayi devrimi devletleri büyük dünya savaşları aşamasına getiren, ulaşım ve ticaret sistemlerini değiştiren ve dahası gündelik yaşamları etkilediği için insanları ve toplumları derinden etkileyen süreçleri oluşturmuştur. 1970 sonrası endüstri 2.0 dediğimiz seri üretim yaklaşımının eksik kaldığı noktalar gelişen teknoloji ile endüstri 3.0 olarak adlandırılan ve hala günümüz dünyasının büyük oranda etkileyen bir çağa sokmuştur. Burada verimlilik ve kalite çalışmalarını daha da önem kazanmış ve otomasyon sistemleri ve robot kullanımı yer almaya başlamıştır. Endüstri 4.0 robotların ve otomasyon sistemlerinin yine çağımızın getirdiği yeni teknolojiler ile eksiklerinin tamamlanması amacıyla Siber fiziksel sistemler üzerinden daha etkin olmasını hedeflemektedir. Her sanayi devrimi temel olarak kendinden öncekilerin eksik ve zayıf yönlerini kapatmış ve daha verimli, daha hızlı, daha esnek ve daha çevik üretim sistemlerine ulaşmak için ilerleme kaydetmiştir (Adeyeri ve diğerleri, 2015).



Şekil 1. Sanayi Devrimi Aşamaları (Tusiad,2016)

Sanayi devrimleri sonrası ülkelerin arasındaki sosyal iletişim ve ticaret hacmi artmıştır. Bu durum artan finansal kapasite ile küreselleşme denilen kavramı artırmıştır. Teknolojinin artması ve erişilebilir olması da sanayi devrimleri sürelerinin kısalmasına neden olmuştur. Sanayi devrimlerine baktığımızda tarih aralıklarının çok daha kısa olduğunu görmekteyiz. Endüstri 4.0 sonrası gelecek yeni sanayi dönemleri de bir önceki dönemlerden çok daha kısa sürelerde olacaktır. Bu sebeple mevcut sanayi çağını yakalamak ve değişikliklere adapte olabilmek ülkelerin ekonomik güçleri için çok önemlidir (Peres vd. 2016).

Endüstri 4.0 kavramı 2011 yılında Almanya'da ilk olarak anılmıştır. ABD,Çin gibi diğer küresel güçlerde aynı terimi farklı isimler vererek kendi yol planlarını açıklamışlardır. İngiltere bu sürece «Akıllı İmalat Koalisyonu», AB «Geleceğin Fabrikaları», Japonya «Toplum 5.0», Fransa «Geleceğin Endüstri Girişimi» isimleri vermektedir. Aslında Almanya tarafından yapılan bu tanım ve açıklama diğer sanayi devrimlerinden farklı olarak planlanmış bir sanayi devrimi kavramını oluşturmuştur. Daha önceki sanayi devrim-

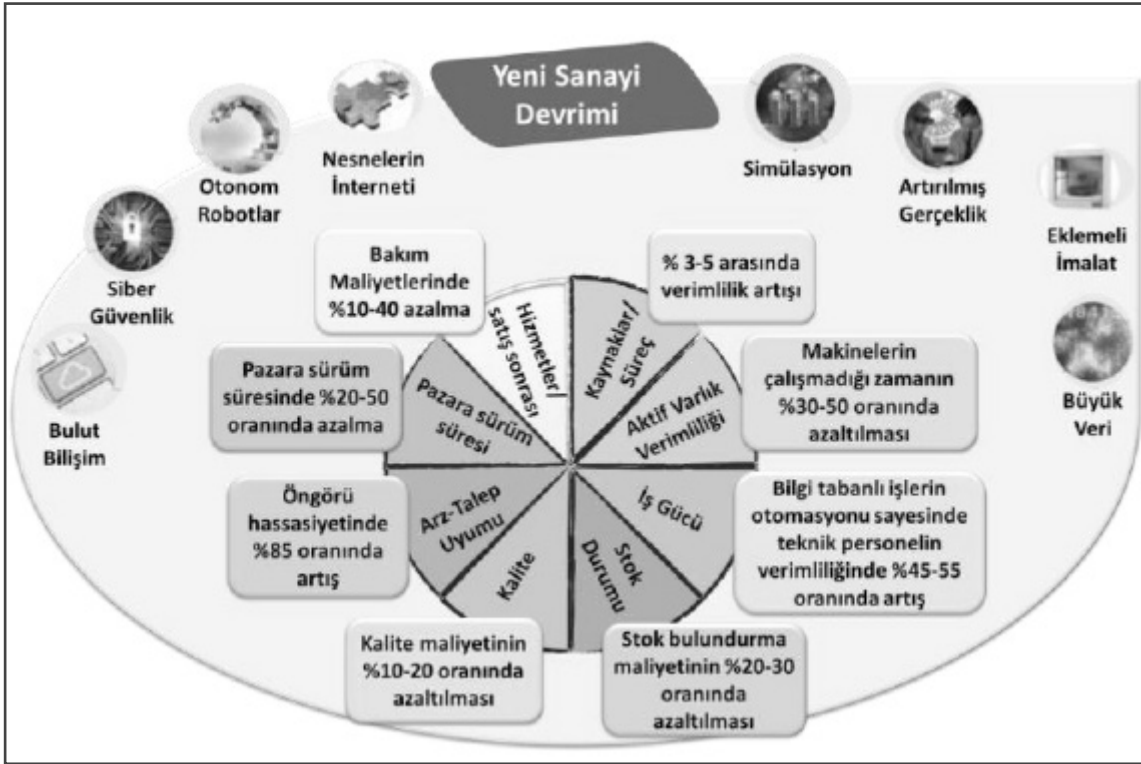
leri bir sonraki sanayi devrimi etkilerini göstermeye başladıktan sonra isimlendirilmiştir. Almanya tarafından yapılan tanımlama ve açıklama 2011 sonrası yapılan çalışmaların önümüzdeki 20 yıl içerisinde bizi götüreceği yeni dönemi tanımlamaktadır. Ülkemizin ekonomik hedefleri ve ilk 10 ekonomi arasında olma talebi de bu sebeple benzeri bir planlama ve çalışma ihtiyacını oluşturmaktadır.

Endüstri 4.0 kavramı aslında şu an ucuz işgücü sunarak maliyet azaltan ülkeler için bir tehdit oluşturmaktadır. Kavramsal olarak insan gücüne dayalı üretimin yerine siber fiziksel sistemlerin ve robotların yer aldığı akıllı fabrikaları koyan bir yaklaşıma sahiptir. Bir çok sektörde büyük küresel firmalar ucuz işgücü nedeniyle üretimlerini başka ülkelere kaydırmaktadır. Bu yaklaşım endüstri 4.0 konsepti ile tamamen değişebilir. Artık ucuz işgücüne dayalı üretim politikalarına dayalı bir yaklaşım ile dünya üzerinde başarılı olmak mümkün olmayabilir. Bu sebeple dünyadaki başlıca bilgi ve iletişim teknolojileri şirketleri yeni sanayi devriminin getirdiği uygulamalar için çalışmalara devam etmektedir. Endüstri 4.0 temel olarak 9 ana unsurdan oluşmaktadır. Şekil 2'de bu 9 kavram gösterilmiştir (Weyer vd. 2015).



Şekil 2. Endüstri 4.0 Temel Bileşenleri (Tusiad,2016)

Büyük veri analizi dediğimiz kavram aslında üretim yöntemleri ve içeriği açısından büyük önem teşkil etmektedir. Şirketler ve artan kapasiteleri büyük datalar oluşturmaktadır. Bu dataların detaylı analizi hem üretimdeki verimlilik artışına hem kalite artışına hem de talep tahminlerinde başarıya götürmektedir. Endüstri 4.0 da sistemlerin veri analizi konusunda başarılı olmasını bir temel koşul olarak görmektedir. Müşteri datasını analiz edemeyen ve kendi süreçlerinin performanslarını ölçüp değerlendiremeyen bir şirketin bu endüstri çağında kalması mümkün olmayacaktır. Endüstri 4.0 ve özellikle veri analizi Şekil 3 de görüldüğü gibi sistemleri etkileyecektir (Fallera ve Feldmüllera ,2015)



Şekil 3. Endüstri 4.0 Etkileri (Tubitak,2016)

Endüstri 4.0 stratejisinde robotlar ve makinelerin iletişimi büyük rol oynamaktadır. Karanlık fabrikalar adı verilen yeni nesil üretim tesislerinde insansız yürütülen üretim süreçleri makinelerin M2M adı verilen süreç üzerinden birbirleriyle iletişimi üzerinden yürütülecektir (UK Government, 2016). Robot sistemleri ve insanların üretim hatlarından çıkması verimlilik artışı, enerji tasarrufu, kalite artışı ve ürün çeşitliliği konularında büyük artış sağlayacaktır. Simülasyon çalışmaları da bu süreç içerisinde büyük önem teşkil edecektir. Ürünler pazara çıkmadan önce simülasyonlar üzerinden test edilecek ve bu durum pazara çıkış sürelerinde kısalma sağlayacaktır. Nesnelerin interneti adı verilen yapıda makinelerin birbirleriyle iletişimi sağlayacak bir başka başlıktır. Makineler bakım sürelerini önceden planlayacak, üretim hattında yer alan bakım süre kayıpları ve darboğaz süreçlerden kaynaklı zaman kayıpları en aza indirilecektir. Çok yakın zamanda bu teknolojiler sayesinde cihazlar hem birbirleri ile hem de kontrol merkezleri ile iletişime geçip analiz ve karar verme süreçlerini tek elden yönetme imkanı sunacaktır. Bulut teknolojilerinin performansının artması sayesinde tepki süresi çok kısılacaktır. Bunun sonucu olarak, bulut platformlarda yer alan makinelere ait veriler ve işlevler artacak ve üretim sistemlerine veriye dayalı daha fazla hizmet sunulacaktır. 3D printer sistemleri ve artırılmış gerçeklik uygulamaları da hem pazarın ihtiyaçlarına hem de tanıtım ve reklam süreçlerine büyük katkılar sağlayacaktır. Yeni nesil 3 boyutlu yazıcılar ile tasarım ve üretim alanında hiç bir kısıtlama ve engel kalmayacaktır. Artırılmış gerçeklik sistemleri sadece ürün tanıtımı ve pazarlamada değil, eğitim ve test süreçleri için de büyük avantajlar sağlaması beklenmektedir Filippi and Barattin (2012).



## 2. ENDÜSTRİ 4.0 LİTERATÜR TARAMASI

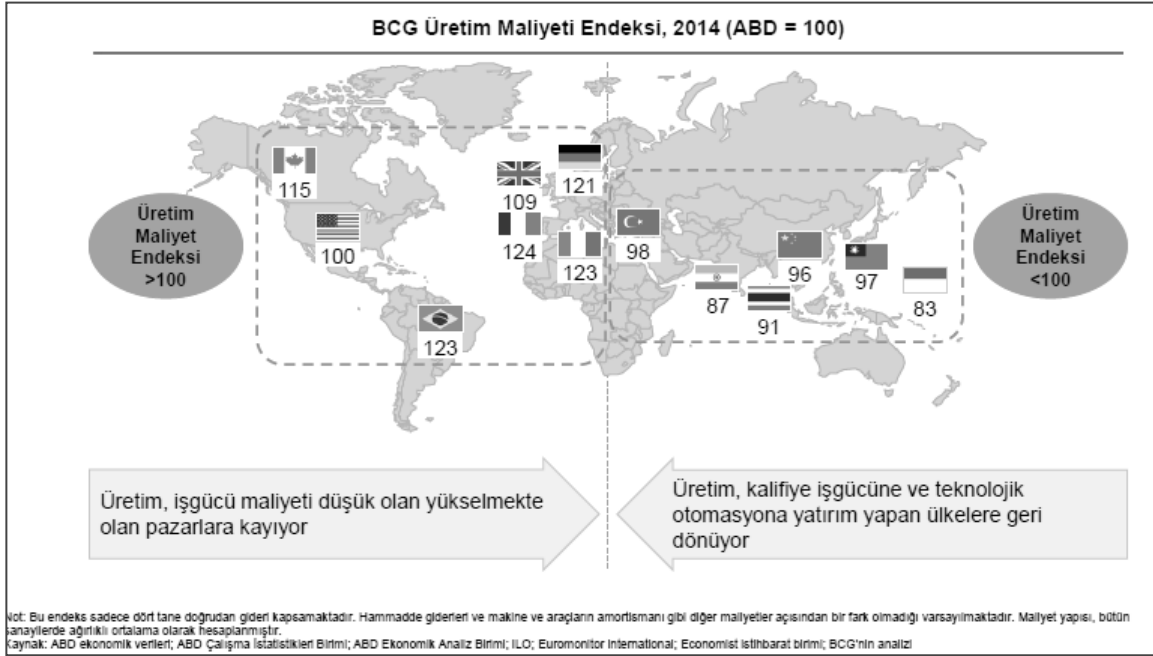
Endüstri 4.0 konusu sadece reel sektörde değil akademik dünya için de büyük ses getiren ve güncelliğini koruyan önemli bir başlık olarak yer almıştır. Bu konsept operasyon verimliliği, yeni iş modelleri oluşturması, büyük ekonomik güç getirmesi ve toplumları derinden etkilemesi nedeniyle çok sayıda makaleye konu olmuştur. Bir çok araştırmacı bu konuya farklı başlıklardan bakmış ve bu devrimi anlamaya çalışmıştır.

Qin vd. (2007) endüstri 4.0 için temel başlıkları araştırmış ve temelinin neye dayandığı hangi bileşenler oluştuğunu incelemiştir. Fabrika, iş, ürün ve müşteri olarak 4 katmanlı bir yapı üzerinden analiz etmiştir. Adeyeri vd. (2015) genel bir bakış ve kavramsal olarak endüstri 4.0 algısını incelemiştir. Filippi and Barrattin (2012) endüstri 4.0 aktivitelerini ve neleri içerdiğini analiz etmiştir. Sogoti (2014) M2M kavramının ve makine iletişiminin endüstri 4.0 için önemini araştırmıştır.

Lee vd. (2015) siber fiziksel sistemlerin modellenmesi ve endüstri 4.0 açısından önemini incelemiştir. Bu sistemlerin entegrasyonu süreci için de bir yol haritası oluşturmuştur. Rosendahl vd. (2016) değer zinciri yönetimi bakış açısı ile endüstri 4.0 alanında analizler gerçekleştirdi. Pan and Kraft (2015) endüstri 4.0 data yönetimi konusunda çalışmalar yaptı. Tuncel and Polat (2016) 250 farklı firmayı analiz ederek endüstri 4.0 bileşenleri ve firmaların bu seviyeye ulaşmak için neler yapması gerektiğini incelediler. Tekez and Taşdeviren (2016) sanayi devrimini analiz edebilmek için çok sayıda kriter ve katman içeren detaylı bir model oluşturdular. Schouh vd. (2015) üretim süreçlerinde değerlendirme ve ampirik analizler gerçekleştirdiler. Schumacher vd. (2016) öğrenen sistemler üzerine çalışmalar yaptılar. Ruivo vd. (2014) artırılmış gerçeklik sistemlerinin endüstri 4.0 üzerindeki etkisini araştırdılar. Stock and Seliger (2016) endüstri 4.0 için geçerli olan güncel teknolojileri incelediler. Bourke and Mentis (2014) bir olgunluk modeli kurup endüstri 4.0 eğitim süreçlerini analiz ettiler. Wahlster (2013) endüstri 4.0 sonrası yeni trendleri araştırdılar. Hecklau vd. (2015) insan kaynakları süreçlerini göz önüne alan bir stratejik model endüstri 4.0 için uyguladı. Weyer vd. (2015) endüstri 4.0 süreçlerinin standardize edilmesi konusunda çalışmalar gerçekleştirdi. Yusof vd. (2013) akıllı fabrikalar için akıllı iş süreçlerini analiz ettiler. Fallera and Feldmüllera (2015) kobiler için akıllı fabrika olabilme sürecini incelediler. Baygin vd. (2016) eğitimde endüstri 4.0 etkisini analiz ettiler. Giasiranis and Sofos (2016) da benzer şekilde endüstri 4.0 sonrası eğitimde yapılacaklar için yol haritası çizmiştir. Sun (2012) RFID sistemlerin endüstri 4.0 ve nesnelerin interneti süreçlerindeki etkisini analiz etmiştir. Zarte and Pechmann (2016) Bilgi teknolojileri süreçlerinin analizi konusunda çalışmalar yapmıştır. Peres vd. (2016) data formatları ve data yönetimi konusunda endüstri 4.0 üretim sistemlerine yönelik çalışmalar yapmıştır. Xinga vd. (2009) endüstri 4.0 değerlendirmesi için olgunluk modeli kurmuşlardır.

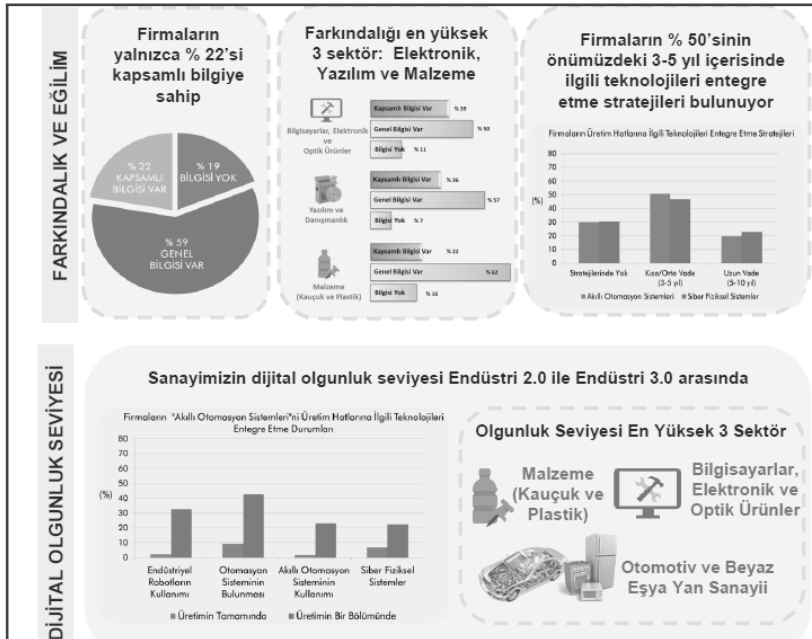
## 3. TÜRKİYE'DE ENDÜSTRİ 4.0 VE ENDÜSTRİYEL DÖNÜŞÜM

Türkiye sahip olduğu konuma bağlı lojistik avantaj, genç ve eğitimli nüfus, ucuz iş gücü imkanları ve sahip olduğu ham madde kaynakları ile dünya sanayisi üzerinde söz sahibi olmaya çalışan bir ülke konumundadır. Boston Consulting Grup tarafından yapılan Şekil 4 de gösterilen çalışmada üretim maliyet endeksi açısından ucuz işgücü nedeniyle maliyet avantajı sağlayan ülkeler arasındadır.



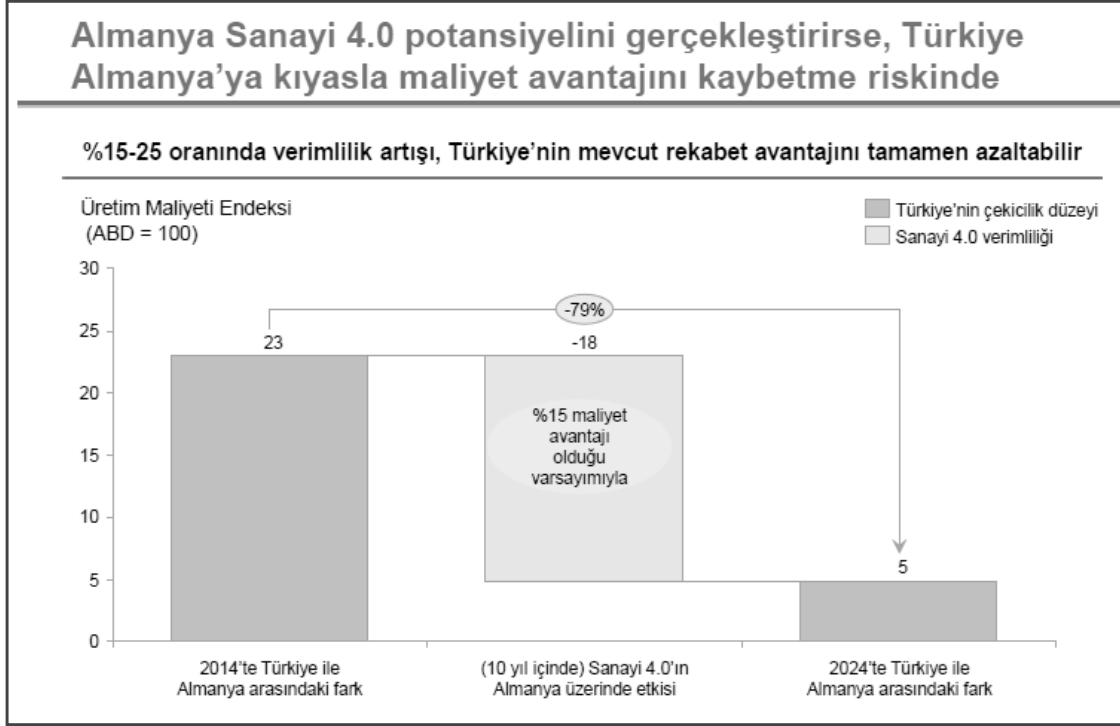
Şekil 4. Üretim Maliyetleri açısından Dünya Devletleri (Tusiad,2016)

Ülkemizde Endüstri 4.0 konusunda çalışmalar ve raporlar yapılmaya devam edilmekte ve bir yol haritası oluşturulmaya çalışılmaktadır. Tubitak tarafından yapılan firma bazlı çalışmalarda firmaların farkındalık seviyesi ve sahip oldukları teknolojik imkanlar endüstri 4.0 algısının gerisinde olduğunu göstermektedir. Şekil 5 de görüldüğü üzere çok az firma yeni sanayi devrimi hakkında bilgi sahibidir. Elektronik, yazılım malzeme gibi sektörler dışında farkındalık çok düşük seyretmektedir. Firmaların yarısı teknolojik yol haritasından yoksun bir şekilde ilerlemektedir.



Şekil 5. Tubitak Endüstri 4.0 Araştırması (Tubitak,2016)

Bu sonuçların en önemli noktasında temel endüstri 4.0 bileşenleri açısından bakıldığında firmaların büyük çoğunluğu endüstri 2-3 arasında konumlanmış durumdadır. Temel bileşenler olarak gördüğümüz robot sistemleri, bulut bilişim, büyük veri analizleri ve nesnelerin interneti gibi kavramlar ülkemizde çok az sayıda kurum ve kuruluş içinde yer almaktadır.



Şekil 6. Türkiye-Almanya Endüstri 4.0 sonrası Maliyet Analizi (Tusiad,2016)

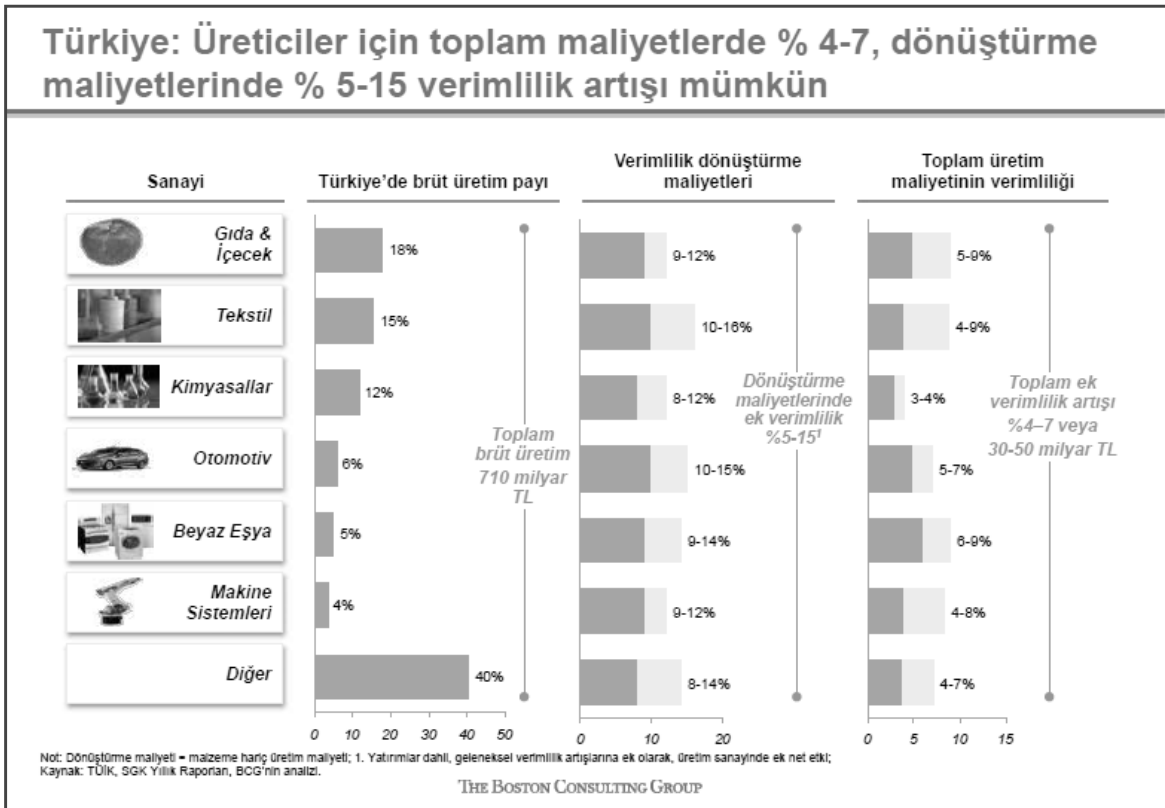
Şekil 6 da görüldüğü üzere endüstri 4.0 ile ilgili çalışmalar tamamlandığında Almanya ile Türkiye arasında şuan var olan üretim maliyeti büyük ölçüde azalmış olacaktır. Bu durum ülkemizde yer alan yabancı sermayenin ilerleyen dönemde gitmesi tehlikesini gündeme getirecektir. Ülkemizde ar-ge faaliyetlerinin zayıf olması katma değeri yüksek nitelikli ürünler sahibi olunmaması kazancın azalmasına hem de sanayi büyümesinin zayıflığına yol açmaktadır. Endüstri 4.0 sonrası gelişen sanayi hem çok hızlı, hem kişiselleştirmenin çok daha etkin olduğu bir dünya getirecektir. Maliyet avantajı da kayb olduğunda rekabet edilebilirlik seviyesi daha da düşecektir.

Endüstriyel dönüşüm sağlanabilmesi açısından yapılacak çalışmalar büyük önem teşkil etmektedir. Küresel rekabet gücünün hızla artması, üretim hızı, esneklik, yüksek kalite, yüksek nitelikli insan gücü ihtiyacı bu dönüşümde bizi bekleyen bazı başlıklardandır. Ülkemizde üretim sektörünün ihtiyacını karşılayacak uzmanlaşmış nitelikli işgücü sağlanması, verimlilik çalışmaları yapılması, Ar-ge yatırımlarının artması ve ihracat oranlarının ithalat oranlarını karşılaması bu süreçte anahtar birkaç başlıktan biridir (Tusiad,2016).

Tusiad tarafından yapılan araştırmalarda entegre otomasyonlu ürün akışı başta beyaz eşya, makine sistemleri sektörlerinde etkin bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Sanal ürün tasarımı otomotiv sektöründe yer almaktadır. Öğrenen süreçlerin de kimya sanayisi uygulamaları tespit edilmiştir (Tusiad,2016). Ülkemizdeki üretim payının büyük ölçüde küçük ve orta ölçekli işletmelerden oluşması sadece büyük ölçekli firmalar ile topyekün bir sanayi gelişimi sağlayamayacağımızı göz önüne getirmektedir.

Tubitak tarafından hazırlanan yol haritasında bulut bilişim, büyük veri analitiği, siber güvenlik sistemleri, modelleme ve simülasyon çözümleri başlıca öncelik verilen bileşenler olarak belirlenmiş ve bu başlıklar üzerinde tüm sektörlerde çalışmalar yapılması konusunda yol haritası çizilmiştir. Bu başlıklar sonrasında Nesnelere interneti, M2M yazılım ve donanımları, yenilikçi sensörler konusunda da önemli analizler ve yol planları yapılmıştır. Son aşamada robot otomasyon yazılım ve donanım çalışmaları, eklemeli imalat ekipman ve yazılımları, akıllı fabrika sistemleri üzerine araştırma ve çalışmalar yapılmıştır.

Tüm bu çalışmalar etkin ve verimli bir sanayi altyapısı üzerinde başarılı bir şekilde yönetilirse sektörlerde büyük bir performans artışına ve buna bağlı rekabetçi bir sanayiye yol açacağı öngörülmüştür. Yine Tusiad tarafından yapılan bir çalışmada endüstri 4.0 yenilik ve yaklaşımları başarılı bir şekilde ülkemizde anlaşılır ve uygulanırsa verimlilikte 50 milyar TL ek gelir ve 200 milyar dolarlık bir büyüme beklenmektedir (Tusiad,2016). Şekil 7 de ilgili çalışma sonuçları yer almaktadır.



Şekil 7. Tusiad Sektör Bazlı Endüstri 4.0 Araştırması (Tusiad,2016)

Tusiad tarafından sunulan raporda ülkemizde endüstri 4.0 etkin ve verimli olarak uygulanırsa nasıl etkileyeceği analiz edilmiştir. Esneklik, hız, verimlilik ve kalite gibi iyileştirilecek alanlar belirlenmelidir. Belirlenen alanların 9 ana endüstri 4.0 bileşeni üzerinde nasıl ilerleneceği planlanması gerekmektedir. İşgücü üzerinde uzun vadede etki analizi yapılmalıdır. İşgücü üzerinde uzun vadeli etki analizi ve stratejik işgücü planlaması da önem teşkil etmektedir.

## 4. TÜRKİYE'DE ENDÜSTRİYEL DÖNÜŞÜM VE ENDÜSTRİ 4.0 İÇİN YAPILMASI GEREKENLER

Literatür taraması ve dünya örnekleri incelemesi yapıldığında aslında ülkemizin bir yol haritasına ve bunu uygulamaya ihtiyaç duyduğu görülmektedir. Endüstri 4.0 sistemi artık tüm dünyayı etkileyen bir süreç olduğu için buna entegre olabilecek sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır ( Peres vd.,2016).

Endüstriyel Dönüşüm için belirlediğimiz başlık ve adımlar aşağıdaki gibidir:

- İşletme misyon ve vizyonu doğru belirlenmiş, stratejik planında teknoloji yönetimi ve ar-ge başlıkları olan kurum kültürü oluşması için çalışmalar yapılır bir organizasyona sahip olmalıdır.
- Ürünler müşteri taleplerine göre çeşitlendirilebilir ve kişiselleştirilebilir olmalıdır. Sektördeki rakiplerini ve müşteri beklentilerini analiz edebilme imkanına sahip olmalıdır.
- Operasyonlar kalite süreçleri ve maliyetlerinde en optimum verilerle ilerlemelidir.
- Bilgi güvenliği, data entegrasyonu, büyük data analizi çalışmaları konusunda çalışmalar yapılmalıdır.
- Ürünler ve süreçler simülasyon teknikleri kullanılarak önceden tasarlanmalı ve test edilmelidir.
- Yeni iş modelleri oluşturma imkanı olmalı ve tüm iş süreçleri tek elden yönetilebilir ve kontrol edilebilir şekilde olmalıdır.
- Üretim tipine göre otomasyon ve robot sistemleri kullanımına öncelik verilmelidir. Buradaki yatırımın getireceği önemli katma değer göz önüne alınmalıdır.
- Mobilete ve esnek üretim ile ilgili çalışmalar yapılmalı iş süreçleri mümkün oldukça yeni süreçlere adapte edilebilir olmalıdır.
- İnsan kaynakları yönetiminde yenilikçi bakış açısı ve kurum kültürü ön plana alınmalı, artırılmış gerçeklik gibi yenilikçi teknolojiler eğitim süreçlerinde kullanılmalıdır.

Endüstri 4.0; dokuz ana bileşeni her sektör için uygun olmayabilir. Buna ek olarak her sektör endüstri 4.0 konseptine uygun dijital bir ürün oluşturmayabilir. Üretim sonucunda çok basit bir ürün veya mamul çıkabilir veya üretim değil hizmet sektöründe yer alan bir işletme de kendine bu başlıklarda yer bulmakta zorlanabilir. Bizim burada tanımlamak istediğimiz kapsam; şirketin tüm süreçlerinin yeni teknolojiler kapsamında dijitalleşmesi ve kurum kültüründe inovasyon, dijitallik ve teknoloji yönetimi kavramlarının oturmasını amaçlamaktadır. Üretim sonucunda sadece bir ataç da ortaya çıksa, verilen hizmet bir kuru temizleme de olsa bizim beklentimiz müşteriye ulaşım kanallarının dijitalleşmesi, süreç ve müşterilerin verilerinin analizi ve insan gücü gerektiren süreçlerin mümkün oldukça otomasyona dökülmesini içeren geniş kapsamlı bir iş felsefesinin oturtulmasıdır.

Ülkemizde endüstri 4.0 uygun bir üretim ve hizmet sektörü oluşturmak için tüm firmaların eksiklerinin ve nelere sahip olduklarının ölçülmesi gerekirse puanlanması öncelik verilmelidir. Firmalar kendi iş süreçleri ve kapsamı içerisinde hangi ölçüde kendilerini daha dijital ve daha verimli yapabilecekleri konusunda çeşitli kurumların desteği ile yön bulmalıdır. En küçük bir işletmede örneğin bir fırında bile bu dijital yaklaşım kültürü olmalıdır. Endüstri 4.0 bitip yeni endüstri çağına geldiğimizde bugün yaptığımız gibi her gün aynı ekmeği aynı fırından almayacağız. Fırına kendi istediğimiz ve ham maddesini dijital ortamda seçtiğimiz bize özel ekmeği yine internete bağlı akıllı ev sistemimiz ile sipariş vereceğiz. Bu dijital ve teknolojik yaşama her aşamada entegre olmuş üreticiler ile ulaşmak mümkün olacaktır. Bu örneğe ek olarak dünya çapında üretim yapan beyaz eşya, otomotiv ve elektronik sektörlerinde devlet ar-ge desteklerine ağırlık vermelidir. Katma değerli ve yenilikçi ürünler üretmek ülkemiz açısından büyük önem teşkil etmektedir. İş süreçlerimizin sonucunda ulaştığımız ürün bize yüksek getiri sağlamadığı sürece büyüme hızımız hep istenilenden düşük kalacaktır.

## KAYNAKÇA

1. Adeyeri S., Kanisuru M., Khumbulani M., Olukorede T. (2015), Integration of Agent Technology into Manufacturing Enterprise: A Review and Platform for Industry 4.0, Proceedings of the 2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Dubai, United Arab Emirates (UAE), pages 1625-1635
2. Baygin M., Yetis H., Karakose M. , Akin E. (2016), An Effect Analysis of industry 4.0 to Higher Education, 2016 15th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET), July 10-12, 2017, Ohrid, Macedonia
3. Bourke R., Mentis M. (2014), An assessment framework for inclusive education: integrating assessment approaches, Assessment in education, volume 21, Issue 4, pages 384-397
4. Fallera C., Feldmüllera D. (2015), Industry 4.0 Learning Factory for regional SMEs, The 5th Conference on Learning Factories 2015, Volume 32, 2015, Pages 88-91
5. Filippi S., Barattin D. (2012), Classification and Selection of Prototyping Activities for Interaction Design, Intelligent Information Management, volume 4, pages 147-156
6. Giasiranis S., Sofos L. (2016), Production and Evaluation of Educational Material Using Augmented Reality for Teaching the Module of “Representation of the Information on Computers” in Junior High School, Creative Education, volume 7, pages 1270-1291
7. Kagermann, H., W. Wahlster and J. Helbig, eds., (2013), Recommendations for implementing the strategic initiative Industry 4.0: Final report of the Industry 4.0 Working Group, [http://www.acatech.de/fileadmin/user\\_upload/Baumstruktur\\_nach\\_Website/Acatech/root/de/Material\\_fuer\\_Sonderseiten/Industrie\\_4.0/Final\\_report\\_\\_Industrie\\_4.0\\_accessible.pdf](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf)
8. Lee J. , Bagheri B. ,Kao H. (2015a), “A cyber systems architecture for Industry 4.0 based manufacturing Systems”, Manufacturing Letters, Volume 3, Pages 18–23
9. Pan M., Kraft M. (2015) Applying Industry 4.0 to the Jurong Island Eco-Park, Energy Procedia, Volume 75, August 2015, Pages 1536-1541
10. Peres R., Parreira-Rocha M., Rocha A., Barbosa J., Leitˆao P., Barata J.(2016), Selection of a Data Exchange Format for Industry 4.0 manufacturing Systems, Industrial Electronics Society , IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE, 23-26 Oct. 2016, Florence, Italy
11. Qin J., Liu Y., Grosvenora R. (2007) A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond, Virtual Production, Volume 52, 2016, Pages 173-178
12. Rosendahl R., Schmidt N., Lüder A., Ryashentseva D. (2016), Industry 4.0 value networks in legacy systems, Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA), 2015 IEEE 20th Conference on, 8-11 Sept. 2015, Luxembourg, Luxembourg
13. Ruivo P., Oliveira T., Neto M. (2014a), ERP post-adoption: value impact on firm performance, Information Systems and Technologies (CISTI), 2012 7th Iberian Conference on, 20-23 June 2012, Madrid, Spain
14. Schouh G., Gartzten T., Marks A. (2015), Promoting work-based learning through Industry 4.0, CIRP Conference on Learning Factories, Volume 32, 2015, Pages 82-87
15. Schumacher A., Erol S, Sihna W. (2016), A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises, Reconfigurable & Virtual Production, volume 52, pages 161-166
16. Sogoti (2014), Industry 4.0 report, <https://www.fr.sogoti.com/globalassets/global/downloads/reports/vint-research-3-the-fourth-industrial-revolution>, accessed in (23.05.2017)

17. Stock T., Seliger G. (2016), Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0, School of economy, Volume 40, 2016, Pages 536-541
18. Sun C. (2012), Application of RFID Technology for Logistics on Internet of Things, Procedia Computer Science, Volume 1, 2012, Pages 106-111
19. Tekez E., Taşdeviren G. (2016), A model to assess leanness capability of enterprises, Procedia Computer Science, volume 100, pages 776-781
20. TÜBİTAK (2016), Endüstri 4.0 Yeni Sanayi Devrimi Yol Haritası, 3-4 Kasım 2016, Tubitak Ankara
21. Tuncel C., Polat A. (2016) Sectoral system of innovation and sources of technological change in machinery industry: an investigation on Turkish machinery industry, Innovation and Business Management, Volume 229, Pages 214-225
22. TUSIAD (2016), Tusiad industry 4.0 in turkey as an imperative for global competitiveness an emerging market perspective, [http://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/download/7848\\_180faab-86b5ec60d04ec929643ce6e45](http://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/download/7848_180faab-86b5ec60d04ec929643ce6e45) accessed in (23.05.2017)
23. UK Government office, Education Report of IOT technology, [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/409774/14-1230-internet-of-things-review.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/409774/14-1230-internet-of-things-review.pdf) (accessed in 18.06.2017)
24. 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, Volume 48, Issue 3, Pages 579-584
25. Xinga Y., Malcolm R., Hornera W., El-Harama M., Bebbingtonb J. (2009), A framework model for assessing sustainability impacts of urban development, Accounting Forum, Volume 33, Issue 3, September 2009, Pages 209-224
26. Yusof M., Othman M, Omar Y. and Yusof M. (2013), The Study on the Application of Business Intelligence in Manufacturing: A Review, IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 10, Issue 1, No 3, 317-324
27. Zarte M., Pechmann A. (2016), Building an Industry 4.0-compliant lab environment to demonstrate connectivity between shopfloor and IT levels of an enterprise, Industrial Electronics Society , IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE, 23-26 Oct. 2016, Florence, Italy







## EKONOMİNİN DÖNÜŞÜMÜNDE MÜHENDİSLER İÇİN YENİ BİR MESLEK İNOVASYON YÖNETİMİ SİSTEMİ

Müjgan ÇETİN

SİSTEM Yönetim Danışmanlığı Ltd. Şti

### ÖZET

İnovasyon; toplumda şaşkınlık uyandıran ve rastlantısal veya bilimsel ar-ge sonucu bir seferlik gerçekleştirilen yenilikçi ürün sunumu olarak algılsa bile; hizmet, süreç, organizasyonel ve sosyal yenilikleri de kapsayacak şekilde ve sistematik olarak tekrarlanabilecek şekilde bir yönetim sistemini gerektirmektedir. Avrupa birliği inovasyonun bir yönetim sistemi olarak algılanması ve yaygınlaştırılması için 2006 yıllarında başladığı çalışmalarına, 2013 yılında TS CEN/TS 16555-1:2013 İnovasyon Yönetimi Standartı adı altında teknik spesifikasyonu yayınlamaya devam etmiştir. 2014 yılından itibaren ise, ISO (Uluslararası Standartlar Örgütü) bir çok ülkenin inovasyon uzmanlarının katkı sağladığı teknik çalışma grubunu kurarak, ISO-5050\* İnovasyon yönetimi standartı serilerinin yazım çalışmalarını başlatmıştır. Bu yazım çalışmalarında Türkiye'yi temsil ederek böyle önemli bir konuda Türkiye görüşlerinin standarta aktarılması sağlanmaktadır. 2015 yılından bu yana her yıl değişik ülkelerde 2 toplantı gerçekleştirilerek, çalışmalar sürdürülmektedir. En son Nisan 2017 de Madrid-İspanya' da gerçekleşen çalışma toplantıları, standart son aşamasına gelmiş ve 135 ülkenin görüşlerini almak için ülke komitelerine gönderilmiştir. 2018 sonu itibari ile standart yayınlanacak olup, inovasyon yönetimi sistemi belgelendirme çalışmaları başlayacaktır. Böylece, kamu, özel, STK vb. her alandaki kuruluşlar inovasyon yönetimi sistemi kurmak için kendilerine bir kılavuz elde etmiş olacaklardır. Bu standartı anlayan ve bu standartın gerektirdiği sistemleri kuran mühendislere ihtiyaç vardır. Bu bildiriye; inovasyon yönetimi standartı çalışmalarında geline aşamalar anlatılacak ve sürdürülebilir inovasyon çalışmaları için kurulması gerekli yönetim sistemi hakkında bilgi verilecektir.

**Anahtar Sözcükler:** inovasyon, inovasyon yönetimi, inovasyon yönetimi standartı

### GİRİŞ

İnovasyon denince; şaşırtan, farklı, teknolojik yenilik içeren ürün akla gelmektedir. Ayrıca toplumda; inovasyonun aykırı, sıradışı, yaratıcı, çılgın, hesapsız, tesadüfen, sistematik olmayan bir davranış sonucu üretildiği gibi de, bir algı da söz konusudur. Zihinlerdeki bu karışıklık, 2005 yılında yayınlanan OSLO kılavuzu ile açıklığa kavuşturulmuştur. Bu tanımda; 'İnovasyon, yeni veya önemli ölçüde değiştirilmiş ürün (mal veya hizmet), veya sürecin, yeni bir pazarlama yönteminin, ya da şirket içi uygulamalarda, işyeri organizasyonunda veya dış ilişkilerde yeni bir organizasyonel yöntemin uygulanmasıdır.' (OECD and EUROSTAT, 2002) denilerek inovasyonun ürün, hizmet, süreç, organizasyon ve iş modelini de kapsayacak şekilde geniş bir tanımı yapılmıştır. İnovasyonun en önemli özelliği transformasyon, yani dönüşüm yaratmasıdır. Transformasyonda artık geriye dönülemez. Bunun en önemli sebebi, büyük maliyet-fayda -özellik avantajı sağlanmasındadır. Ayrıca, birikimli bir yapı gösterir ve sonraki yeniliklerin

kapısını açar. Ayrıca; bu farklılık ve yenilik; toplumda yayılma gösterir. (Rogers E., 1995)

Bu bildiriye; inovasyon 'FAYDALI ve KALICI FARKLILAŞMAK' diye özetlenmiş, bütünsel ihtiyaçları anlayarak ve teknolojiye-güncele uyumlanarak, bir ihtiyacı yenilikçi ve sürdürülebilir bir şekilde karşılamak olarak tanımlanmıştır. Sürdürülebilirlik, her yapıda önemli olduğu gibi, inovasyon çalışmalarında da çok önemlidir. Sürdürülebilir bir inovasyon yönetimi sisteminden bahsedebilmek için, yapılar ile fonksiyonları arasındaki ilişkiden bahsetmek gerekir. Her yapı, bir ihtiyacı karşılar ve öteki parçalar ile ahenkli bir bütünlük içerisinde olur ise sürdürülebilir olur. İnovasyon çalışmaları da, diğer mevcut yapılar ile dengeli bir ahenk içerisinde çalışır ise sürdürülebilir olur.

Sürdürülebilir inovasyon yönetim sistemi için, Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) 2014 yılında, tüm üye ülkeler tarafından tanınan ve sertifikalandırılabilir bir standartın yazımı için çalışmaları başlatmıştır. 2018 de yayınlanarak, yürürlüğe girecek olan standart ile yeni bir mesleğin de tohumları atılmış olacaktır. Bu sebeple bu bildiriye, mühendisler için oluşacak; inovasyon yöneticisi, uzmanı, denetçisi, eğitimi, danışmanı, mühendisi, teknikeri vb. ünvanlar ile anılacak yeni iş alanı değerlendirmeye alınmıştır.

## 1. İNOVASYON YÖNETİMİ STANDARTI İLE YENİ BİR MESLEK

Yönetişim, diğer tüm alanlarda olduğu gibi, istenilen sonucun alınabilmesi için gerekli planlama, koordinasyon, yönetim, kontrol çalışmalarının adıdır. Böylece; İnovasyon yönetimi 'yeniliği ekonomik ve toplumsal faydaya dönüştürecek şekilde ürün, hizmet, süreç, iş modeli, pazarlama yöntemi, organizasyon modelinin elde edilebilmesi için gerekli olan planlama, koordinasyon, yönetim ve kontrol faaliyetlerinin bütünü' olarak tanımlanır. Bu tanımdan yola çıkarak; inovasyon yönetimi, kuruluşların hedef ve stratejilerine uygun şekilde yenilikçi fikirlerin oluşturulması ile başlayan, yenilikçi ürün ve/veya hizmeti üreterek pazara tanıtan ve satışı gerçekleştirerek ekonomik bir fayda sağlayan; teknik, ekonomik ve sosyal süreçlerin bütünü olarak özetlenebilir.

### 1.1 Standardizasyonun Ekonomiye Etkisi

Standardizasyon, toplumun kalite ve ekonomikliği arama çalışmalarının sonucu olarak ortaya çıkan bir faaliyettir. 1947 tarihinde kurulan, 135 üye ülkeden oluşan, Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) küresel ekonomi geliştikçe, mal ve hizmet ticaretinde standardizasyonun önemi üzerine üyeleri tarafından tanınan standartlar hazırlamaya ve yayınlamaya başlamıştır. Yönetim sistemleri içerisinde kalite yönetim sistemi öncelik kazanmış ve ISO üye ülkeler ile bir araya gelerek, herkesin üzerinde hem fikir olabileceği ve gelişmelere göre revize edilebilecek dokümanları hazırlayarak, Mart 1987 de yayınlamıştır. Ülkemizde Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından, ISO-9000 serisi Kalite Yönetim Sistemi standardı, 1994 yılından itibaren yayılım göstermiş ve öncelikle kamu ihalelerinde zorunlu şart olarak uygulamaya konulmuştur. Şimdi artık, kalite yönetim sistemi olmazsa olmaz şart olarak, KOBİ ler, STK lar ve Kamu Kuruluşlarında da karşımıza çıkmaktadır. Sonrasında; ISO-14001 çevre, ISO-45001 iş sağlığı ve güvenliği, ISO-27001 bilgi güvenliği, ISO-22000 gıda güvenliği, ISO-50001 enerji yönetimi, ISO-10001 müşteri memnuniyeti ve şikayeti vb. gibi yönetim sistemlerinin standartları hazırlanmış ve yayınlanarak, üye ülkelerde hayata geçmeye başlamıştır.

Yönetim sistemleri standartlarının önemi, konusunda uzman kişiler tarafından uzlaşma ile hazırlanmış olması, hayata geçirilebilecek bir model sunması ve bu modelin bağımsız denetçiler tarafından denetlenerek, müşteri veya kamu yönetimi için; yönetim modelinin uygulandığının göstergesi olabilecek belgelendirme imkanı sağlamasıdır. Ayrıca, sürekli iyileşme kavramı ile revize edilerek sürdürülebilirlik sağlanmaktadır.

Yönetim sistemlerinin standartlar ile uluslararası şartlara bağlanmış olması; ülkemizde de yepyeni bir sektör ve iş alanı oluşmuş, bir çok mühendis; bu yönetim sistemlerine ilişkin mesleki yeterliliklerini kazanarak ilgili alanda uzman, denetçi, baş denetçi olarak yeni bir uzmanlık sektörü oluşturmuşlardır. Bu denetimleri yapabilmek için, uluslararası akredite edilmiş eğitimler ve sınavlar alınmalıdır. Başarılı olarak denetçi, başdenetçi sertifikası olan kişilerin, dünyanın her yerinde denetçi olarak çalışabilme imkanı olmaktadır. Denetim yapabilmek becerisini kazandırmak için uluslararası geçerliliği olan eğitimleri gerçekleştiren kuruluşlar, bu alan da bir sektörün oluşması sağlanmıştır.

Kuruluşlarında, uzman, yönetici, mühendis vb. ünvanlar ile çalışan kişiler, bu standartlara uygun yönetim sistemini kurup, belgelendirdikten sonra kazandıkları deneyimi danışmanlık sektörüne geçerek sürdürmektedir. 'ISO Danışmanı' olarak anılan bu danışmanlık sektörü, son zamanlarda yönetim sistemleri standartının artması ile paralel olarak çok ciddi büyüme göstermiştir.

Ayrıca, çok sayıda yurt dışı kuruluşlu denetim firması Türkiye'de temsilcilik, şube vb. ile faaliyet göstermeye başlamışlar ve yerli kuruluşların kurulması ile de sektör daha da büyümüştür. Bu denetim firmalarını akredite eden, Türkiye Akreditasyon Kurumu (TURKAK) 4457 sayılı kanun ile 1999 yılında kurulmuştur. Sertifikasyon belgelendirme sektöründeki aktörleri akredite ederek uluslararası akreditasyon sisteminin de bir parçası olmuştur.

Bu yeni bir sektör ve uzmanlık oluşumu ile birlikte gerçekleşen ekonomik etkiler yanında, kamu mevzuatında yapılan değişiklikler ile bir çok uzman için kanun içerisinde yetkili kılınmış yeni uzmanlıklar ortaya çıkmıştır. Bunlar; iş güvenliği uzmanı, çevre görevlisi, yetkili danışmanlık firmaları vb. görevlerdir. Kuruluşlar, bu kanunlarda tanımlı bu ünvandaki kişilerden hizmet almak zorundadırlar. Bir çok genç devletin düzenlediği A, B, C tipi uzmanlık sertifikalarını alarak iş hayatına katılmıştır. Bu uzmanlık sınavlarına hazırlayan dershaneler, hocalar vb. destek sektörler de oluşarak, bir çok kişi için ekonomik kazanç oluşmuştur.

Yönetim sistemlerinin standart haline gelmesi ile, ekonomiye kazandırdığı yeni işler, meslekler, kazançlar ile bir sektör oluşturmuştur. Bu sektör çok hızla büyümüş ve kuruluşların bu alandaki ihtiyaçlarını karşılar hale gelmiştir. Kamu, özel, STK vb. her ölçekte, büyüklükte kuruluştaki bu sistemlerin uygulanıyor olması, bu sistemleri bilen, yöneten yeni nesiller ihtiyacı oluşturmuştur.

Üniversiteler de bu ihtiyaca cevap verebilmek için, bu standartları müfredatlarına almışlar, gençlere öğretir olmuşlardır. Bu sistemler alanında, yüksek lisans, doktora tezleri arttıkça, bu alanda uzman bölümler veya yüksek lisans programları açılmıştır.

ISO'nun çalışmalar ile yönetim sistemleri uluslararası bir standarta dönüştükçe, ekonominin dönüşümüne paralel biçimde, yeni meslekler ve iş alanları ile son 20 yıl içerisinde yeni bir sektör oluşmuştur.

## 1.2 İnovasyon Yönetimi Standardı Yazım Çalışmalarının Tarihi

İnovasyon yönetimi alanındaki küresel gelişmeler, inovasyon alanında gerçekleştirilen çalışmalarının objektif değerlendirmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bu ihtiyaç kamunun sağladığı inovasyon ve ar-ge alanındaki destekleri (Horizon2020, TÜBİTAK, KOSGEB, Bakanlıklar vb.) objektif değerlendirmeler ile sunabilmek için gereklidir. Aynı zamanda, eko-sistemde yer alan kuruluşların (kamu-özel kuruluşlar ile üniversiteler), ülkelerin, bölgelerin de objektif değerlendirmeler yaparak, durumlarını belirlemeleri gerekmektedir. Bu sebeple; ülkeler standartlar ofisleri aracılığı ile çalışmalarını sürdürmüşler, düzenleme ve kılavuz olma anlamında kendi standartlarını yayınlamışlardır. Ülkelerin 2007 yılında başladığı çalışmalar, hızla devam etmiştir. İnovasyon, ar-ge, ürün geliştirme, fikri haklar alanlarında standartlarını hazırlayan ve yayınlayan ülkeler ve standartları şöyle sıralanabilir:

**Portekiz:** NP 4457:2007-Management of Research, Development and Innovation (RDI) management system requirements,

**İngiltere:** BS 7000-1:2008 -Guide to managing innovation,

**İrlanda:** NWA 1: 2009 - Guide to good practice in innovation and product development processes,

**Almanya:** DIN 77100:2010 –Patent valuation,

**Rusya:** GOST R 54147: 2010 Strategic and innovation management,

**Fransa:** FD X50 - 052: 2011 –innovation management,

**Çin:** GB-T 29490-2013 Enterprise intellectual property management,

**İspanya:** UNE 166001:2014: R&D&i management,

**Brezilya:** ABNT NBR 16500 Activities to management of research, development and innovation (R&D&i),

**Kolombiya:** NTC 5800 – R&D&i -management systems requirements

Avrupa Birliği, sürdürülebilir kalkınma için inovasyon çalışmalarına büyük önem vererek önemli kaynaklar ayırmıştır. 2006-2012 yıllarında 6.Çerçeve programı kapsamında IMP3rove metodolojisinin geliştirilmesine 8 Milyon Euro destek vermiştir. (IMP3rove Academy, 2016), Proje sonunda geliştirilen web tabanlı inovasyon yönetim sistemi değerlendirme metodu; 2013 yılı itibari ile Avrupa Standartlar Komitesi (CEN) tarafından CEN/TS 16555 numaralı inovasyon yönetimi teknik spesifikasyonu olarak kabul edilmiştir. Türk Standartları Enstitüsü (TSE); 2013 Aralık ayında bu teknik spesifikasyonu ulusal standartlar içerisinde dahil etmiştir. Uluslararası Standartlar örgütü (ISO) bütün ülkeler tarafından ihtiyacı hissedilen inovasyon yönetim sistemi standartı hazırlık çalışmalarını 2014 yılında, uzmanları üye ülkelerden davet ederek, standartların hazırlanma çalışmalarını başlatmıştır. 2015 yılından itibaren yılda 2 defa uluslararası uzmanların katılımı ile dünyanın değişik ülkelerinde gerçekleştirilen çalışmalara Türkiye delegesi olarak katılarak, standartın yazımına katkı sağlanmıştır. Yaklaşık 45 uluslararası uzmanın yılda 2 defa değişik ülkelerde (Brezilya, Norveç, İtalya, Çin, İspanya, Fransa, İngiltere) yapılan toplantılara bir fiil katılımı ve ISO üyesi 135 ülkenin resmi yazılı görüşleri alınarak hazırlanan bu standartlar serisi 2018 de yayınlanmaya hazır hale gelecektir. (ISO/TC 279/ WG2, 2017) Son çalışma toplantıları, 16-20 Ekim 2017'de Paris'te ve 12-16 Mart 2018 tarihinde Londra'da yapılacaktır.

### 1.3 Yüksek Seviye Yapı (HLS) ve İnovasyon Yönetimi Sistemi Standartlar Serisi

ISO, birden fazla yönetim sistemi (örneğin, kalite, çevre, bilgi güvenliği) uygulayan kuruluşların daha iyi şekilde entegre yönetim sistemleri kurması ve uygulaması için Yüksek Seviye Yapı (High Level Structure-HLS) adı verilen uyulması gereken genel yapı ve karakteristikleri 2015 yılında uygulamaya almıştır. Yüksek Seviye Yapı, ISO yönetim sistemi standartlarının, standartlaştırma ve entegre edilme yoludur. Her yönetim sistemi standardı içerisinde, farklı numara ve başlıklar ile anılan aynı yapılar ve sistemlerin tek bir numara ve isimle anılarak; terminoloji, sistem kurma ve uygulama kolaylığı getirilmiştir. 2015 yılından bu yan bütün standartlar bu yapıya uygun şekilde yayınlanmaktadır. Bu yapı kısaca aşağıdaki temel başlık ve madde numaralarını içermektedir.

0. Giriş
1. Kapsam
2. Atıf Yapılan Standart ve/veya Dokümanlar
3. Terimler ve Tarifler
4. Organizasyonun Kapsamı (İçeriği)

5. Liderlik
6. Planlama
7. Destek
8. Operasyon
9. Performans Değerlendirme
10. İyileştirme

2014 den bu yana; ISO-TC 279 Working Group (WG) kodlaması ile sürdürülen inovasyon yönetim sistemi çalışmalarında, 4 çalışma grubu paralel ve koordineli olarak, bir taraftan sürdürülebilir bir inovasyon yönetim sistemi standart şartlarını hazırlar iken, diğer taraftan, bu şartlara kılavuzluk yapacak şekilde; tanımlar ve terimler, inovasyon paydaşı seçmek ve değerlendirmek için kılavuz, fikri haklar, inovasyon sistemi değerlendirmek vb gibi ek standart dokümanlarını üretmişlerdir. Bu dokümanlara ilişkin çalışmalar, Ekim 2017 de sonuçlandırılacak olmak ile birlikte standart numaraları, isimleri ve içerikleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

**ISO-50501 İnovasyon Yönetim Sistemi – Şartlar (Innovation Management System-Requirements):** Bu standart belgelendirmeye esas teşkil edecek şekilde, yönetim sisteminde olması gereken şartları tanımlamaktadır. HLS denilen yapı içerisinde, diğer yönetim sistemi standartları ile uyumlu şekilde hazırlanmıştır. İnovasyon yönetimi sistemine özel şartlar HLS yapısındaki her bir maddede detaylı belirlenmiştir.

**ISO-50502 İnovasyon Yönetim Sistemi Değerlendirme Kılavuzu (Innovation Management System Assessment):** ISO-50501 standartında Madde 9-Performans değerlendirme ve Madde 10-iyileştirme bölümünde şart koşulan inovasyon yönetim sistemini değerlendirme sistemine ilişkin kılavuzdur. Bu maddeler, kuruluşların inovasyon sisteminin performansını değerlendirmesini, bu performansın diğer kuruluşlar veya sektör bazında seviyesini belirlemesini ve mevcut durum ile arasındaki boşluğu (gap) mükemmel seviyeye çıkması için kriterler bazında ne yapması gerektiğini anlamasını istiyor. Üstelik bunu düzenli olarak yapmasını talep ediyor. Ayrıca; kıyaslama (benchmarking) maddesi benzerlerine göre ölçülebilir bir kıyaslamayı şart koyuyor. (ISO-TC 279 WG1, 2017)

**ISO-50503 İnovasyon Yönetimi Paydaşlar İçin Araç Ve Metodlar Kılavuzu (Innovation Management - Tools And Methods For Innovation Partnership - Guidance:** ISO- 50503 numaralı kılavuz ile, kuruluşların işbirliği yaparak inovasyon çalışmaları gerçekleştirme sürecine ışık tutulmakta ve inovasyon alanında ortak iş-proje vb. gerçekleştirecek kuruluşlar için ortakları belirleme, seçme, karar alma vb. süreçlerinde faydalı olacak yöntem ve araçlar verilmektedir.

**ISO-5050\* Terimler ve Tanımlar Kılavuzu:** Bu kılavuz tüm standartlar ve destekleyici dokümanlarda kullanılan terimler için tanım getirerek, terminoloji bütünlüğü sağlamaktadır.

Çalışmaları devam eden diğer destekleyici dokümanlar; entellektüel sermaye yönetimi, inovasyon strateji yönetimi, fikri haklar yönetimine ilişkin kılavuzlardır.

#### 1.4 İnovasyon Yönetimi Sistemi Standartı İçeriği

İnovasyon yönetim sistemi derken, inovasyon süreçlerini etkin ve sürdürülebilir bir şekilde yöneterek, hedeflenen inovasyon sonuçlarını gerçekleştirebilecek olan yönetim sisteminden bahsedilmektedir.

İnovasyonun doğasında fonksiyonlararası bir özellik vardır. Bu özellik, ar-ge yönetiminden oldukça farklıdır. Ar-Ge yönetiminde sadece belirli ve tanımlı bir bölüm-grup içerisinde benzer nitelikteki ar-ge faaliyetlerinin hayata geçiren yüksek profilli insanların bir arada çalışmaları gerekir. Oysaki, inovasyon

yönetimi dediğimiz zaman, sadece ar-ge bölümünün çok harika teknolojiler ile mükemmel sonuçlar üretmesi yetmez, pazarlama ve satış ekibinin de bu çözümleri-sonuçları hedef kitlelerine mükemmel bir şekilde sunması ve geri bildirim olarak, kuruluşun bütünsel sonuçlarını en iyilemesi gerekir. Ayrıca, yenilikçi projenin (ürün-hizmet- süreç-iş modeli) fonksiyondaki her birim ile iletişimde ve işbirliğinde olması gerekmektedir. Bu işbirliği; ar-ge, pazarlama, satış, üretim, müşteri ilişkileri, insan kaynakları vb. bir çok bölümü koordineli biçimde çalışmaya sürükler. Mükemmel çözümler, harika satış performansı da gösteriyor olsa bile, eğer üretim yönetiminde bu çözümleri müşterinizin istediği zaman ve miktarda üretmeyi beceremiyorsanız, yarattığınız yeni Pazar, hemen rakipleriniz tarafından doldurulacaktır. Bütünsel yönetim fonksiyonlarınızda en iyi sonucu almanız için kültürünüzün ve çalışanlarınızın da uyumlanması ve aynı istikamette hedeflerinize uygun bir performans sergilemesi gerekecektir. Hepinizin bildiği gibi, bir kuruluşta mükemmel bir performansta yönetimden bahsedebilmek için, iş hedefleri ve stratejilerine uygun şekilde kaynakların organize edilmesi gerekmektedir. Yeni fırsatların deneyimlenmesi için, bir inovasyon yönetimi sistemi zorunludur.

İnovasyon yönetimi süreci; bütün yönetim sistemlerinde olduğu gibi; potansiyel gelişme fırsatlarını tanımlayabilmek için mevcut yapının ve uygulamaların değerlendirilmesi ile başlamaktadır. Mevcut durumun değerlendirilmesini takiben, kuruluşun iş hedefleri ve stratejileri ile uyumlu bir inovasyon stratejisi, vizyonu ve planı oluşturulur. Sonrasında, kuruluş tarafından inovasyonun doğru anlaşılıp hayata geçirilmesi için iletişim dahil olmak üzere bütün mekanizmalar, altyapılar kurulur. İnovasyon kültürünün beslenip büyümesi için; personelin yetkinliklerini geliştirecek eğitim ve yetiştirmeler ile işlerini kolaylaştıracak sistemler, yazılımlar kurulur ve güçlendirilir. İnovasyon programları oluşturulur ve ilerlemeler izlenerek değerlendirilir. Değerlendirme sonuçlarına göre süreçte iyileştirmeler yapılarak hedefler güncellenir.

HLS yapısında bahsedilen şekilde, diğer yönetim sistemleri ile entegre olabilecek ISO-50501 İnovasyon yönetim sistemi standartı maddelerinin içeriği aşağıda verilmiştir. Bunlar;

**Madde 4 Organizasyonun Kapsamı:** Bu madde diğer bütün yönetim sistemlerinde olduğu gibi, kurulacak olan inovasyon yönetim sisteminin kapsamının net biçimde yapılması için hazırlanmıştır. Kuruluşların iç ve dış çevrelerini analiz etmeleri, tanımladıkları hedef kitlelerinin ihtiyaç ve beklentilerini tanımlamaları istenmektedir. Böylece, inovasyon yönetim sisteminin amaç ve kapsamı tanımlanabilecektir.

**Madde 5 Liderlik:** Kuruluş üst yönetiminin katılımı, politikaları, vizyonu, mevcut durumunu değerlendirerek oluşturacağı inovasyon stratejisi ve organizasyonel yapısı ile sorumlulukları tanımlaması gerektiği bu başlıkta beklenmektedir.

**Madde 6 Planlama:** İnovasyon fırsatları ile risklerin analizi, bu analize göre inovasyon hedeflerinin belirlenerek iş stratejilerine uygun inovasyon stratejileri ve faaliyetlerinin tanımlanması, izlenmesi ve değerlendirilmesi gerektiği bu maddede anlatılmaktadır.

**Madde 7 İnovasyonu Destekleyen Unsurlar:** Kuruluşun kültürü, yetkinlikleri, iletişim yönetimi, fikri haklar yönetimi, birikim yönetimi, işbirlikleri ve kaynakların strateji ile uyumlaştırılması bu madde altındaki alt maddelerde detaylı olarak tanımlanmaktadır.

**Madde 8 İnovasyon Faaliyetleri:** Fikir yönetiminden başlayarak, inovasyon projeleri portfolyosunun oluşturulması ve inovasyon faaliyetlerinin yönetimi süreçlerinin şartları bu başlık altındaki alt maddeler ile detaylandırılarak sıralanmıştır.

**Madde 9 Performans Değerlendirme:** İnovasyon yönetim sisteminin başarısını ölçmek ve değerlendirmek için yapılacak izleme, ölçüm, kıyaslama, değerlendirme, analiz, iç denetimler ve yönetsel değerlendirme toplantılarına ilişkin şartlar bu başlık altında anlatılmaktadır. Diğer yönetim sistemlerinden hatırladığınız Yönetimi Gözden Geçirme (YGG), iç denetim şartlarına ilave olarak; Değerlendirme-Değerleme olarak tercüme edebileceğimiz Assesment faaliyeti zorunlu olmaktadır. ISO-50502 de

bu değerlemenin nasıl gerçekleştirileceği detaylı olarak anlatılmaktadır. Ayrıca, stratejik işbirliklerinin değerlendirilmesi, fikri haklar yönetimi, kıyaslama (benchmark) şartı da standart içerisine alınmıştır.

Madde 10 Sürekli iyileştirme: Sistemin amacı kurulan inovasyon yönetim sisteminin sürekli iyileşmesi olmalıdır. Diğer bütün yönetim sistemlerinde tanımlanan Düzeltici ve Önleyici Faaliyet Sistemi (DÖF) bu standartta da korunmaktadır.

## 1.5 İnovasyon Yönetimi Alanında Mühendisler İçin Yeni Bir Meslek

İnovasyon yönetimi sistemi standartının yayınlanması ile bir çok alanda potansiyel gelişme fırsatları olacak ve mühendisler için yeni bir kariyer alanı ile yeni bir ekonomik gelir imkanı yaratılacaktır. Bölüm 1.1 de standartizasyonun ekonomiye etkisi başlığı altında değerlendirdiğimiz bütün iş alanlarında ve sektörde bu standartın yayınlanması ile, sektörel bir ivme kazanacaktır. Yeni inovasyon danışmanları, eğitmenleri, denetçileri, baş denetçileri, denetim firmaları vb. gibi sektörde bir büyüme olacaktır. Kuruluşların içerisinde inovasyon bölümleri açılacak, bu bölümlerin yöneticileri, mühendisleri, uzmanları, teknikleri olacaktır. Üniversiteler’ de hocalarımız bu standart için ders açacaklardır.

Bütün bu yeni iş olanaklarına ilaveten, bu standartın içeriği ile birlikte hayatımıza girecek diğer yenilikçi işlerde aşağıda özetlenmiştir.

- **İnovasyon Stratejisi Hazırlama:** Bu sektör, teknoloji trendlerini analiz edecek ve bu alanda öngörüler de yapabilecek uzman kişiler veya şirketlerin işbirliği ile gerçekleştirebilecek önemli bir sektör olacaktır. Patent firmaları, bölgesel veya ülkesel analiz yaparak ilgili alandaki durumu açıklığa kavuşturacaktır
- **İnovasyon Fırsat Ve Riskleri Analiz Ve Değerlendirme:** Bütün yönetim sistemleri artık risk analiz ve değerlendirme sistemini şart koşmaktadır. Devlet kamu yönetiminde de mali risk analizi ve değerlendirmesi yapılması şartını kanun ile düzenlemiştir. Bu standart ile ilave olarak odaklanacak yeni konu inovasyon fırsatlarıdır. Bu alanda metod ve teknikler, danışmanlar, eğitmenler, yazılımlar vb. bir sürü yeni konu hayatımıza girecektir.

İnovasyon kültürü, yetkinlikleri analizi, ölçümü, değerlendirilmesi, geliştirilmesi:

İnovasyonu diğer bütün yönetim sistemlerinden ayıran en önemli konulardan biri olan kültür ve yetkinlikler konusu öne çıkacaktır. Kişilerin mevcut yetkinliklerini ölçüp değerlendiren testler, yazılımlar, psikologlar, uzmanlar vb. yanında kuruluşun kültürünü tanımlama, şekillendirme alanında yepyeni bir konu hayatımıza girecektir.

- **Fikri Haklar Yönetimi Ve (Knowledge) Birikim Yönetimi:** Bu konularda patent vekilleri ile ender olarak yönetilen fikri haklar için, kuruluşlarda bölümler olacak, bu konuda uzman kişiler bu bölümlerde çalışacaklardır. Birikim olarak ifade ettiğimiz knowledge konusunda önemli değişik ve yeni bir alandır. Maddi olmayan en önemli varlıklardan olan birikim, entellektüel sermaye vb. konular öne çıkacak ve kuruluşlar bunun için yazılım, test, uzman, platform, eğitmen, metod arayışına gireceklerdir.
- **Fikir Yönetimi Ve İnovasyon Projeleri Yönetimi:** Bu alanda diğer sistemlerde, öneri değerlendirme vb. gibi konular mevcut olmak ile birlikte çok sayıda inovasyon fikrinin izlenmesi, katılımcı-yetkili kişilerce değerlendirilerek, inovasyon portfolyosunun oluşturularak, hem kuruluş içi hem de dışı değişik bölüm ve kişilerden oluşan projenin yönetilmesi önemli hale gelecektir. Bu alan ile ilgili yazılımlar, metodlar, platformlar gündemimize gelecektir.
- **İnovasyon Yönetim Sistemi Değerleme (Innovation Management Assessment):** Bu alan çok özel uzmanlık ve deneyim gerektiren bir alandır. Bu alanda yazılımlar, platformlar, focus gruplar vb.

çok sayıda ürün-hizmet inovasyon sistemimizin bir parçası olacaktır.

## 2. SONUÇ

Ülkemizin sürdürülebilir ekonomik kalkınmasına katkı sağlayacak şekilde, yenilikçi ürün, hizmet, süreç, iş modellerinin değer yaratarak çoğalması için inovasyon yönetiminde başarılı olmak gerekmektedir. Bu başarı için ise, uluslararası kabul görmüş, üzerinde uzlaşmış, ekonomik fayda sağlamak üzere bütün ilgili tarafların yardımı ve işbirliğiyle hazırlanan, inovasyon yönetimi standartına uygun çalışan kuruluşların çoğalması önemlidir.

Standartın yazım çalışmaları sürecinde ülkemizin temsil edilmesi çok önemli bir avantajdır. Bu avantajı, ülkesel ekonomik faydaya dönüştürmek için; standartın yaygınlaştırılması ve uygulamaya alınmasında; kamu, üniversite, STK'lar ve kar amaçlı bütün kuruluşların öncü olması gereklidir. Akademik dünya'da standartın müfredatta yer almasının sağlanması gelecek nesiller için faydalı olacaktır. Böylece, yeni nesiller mezun olmadan önce inovasyon kavram ve süreçlerini öğrenmiş olacaklar ve hem kişisel hedeflerinde hem de iş yaşamındaki kurumsal hedeflere ulaşmada önemli roller alabileceklerdir. Ayrıca, TÜBİTAK, KOSGEB, TTGV, Sanayi Bakanlığı,

Ekonomi Bakanlığı, Kalkınma Ajansları'nın vb. hibe-destek-finansman sağlayan kurumların inovasyon ve ar-ge hibeleri ile yenilikçi projeleri desteklemelerinde, bu standartı referans olarak kullanmaları çok önemlidir. Böylece; standart yaygınlaşacak ve kuruluşların uluslararası pazara sunacakları yenilikçi ürün-hizmetler ve yenilikçi iş modelleri-süreçler ile fark yaratmaları sağlanacaktır.

Bütün bunların yanında, inovasyon yönetimi sistemi standartı, gençler için yepyeni bir meslek, iş alanı, uzmanlaşacakları bir sektör yaratmaktadır.

## KAYNAKLAR

1. IMProve Academy. (2016). IMProve Academy. Retrieved Temmuz 2, 2016, From <https://www.IMProve-Innovati on.Eu/About/Our- Story/>
2. ISO/TC 279/ WG2. (2017). Innovation Management System - Fundamentals and Vocabulary. ANFOR.
3. ISO-TC 279 WG1. (2017, 5 23). ISO-50501 Innovation Management Systems - Requirements. ISO-TC 279 WG1.
4. OECD and EUROSTAT. (2002). OSLO Manuel. OECD.
5. Rogers, E. (1995). Diffusion of Innovations. New York: Free Press.





## TÜRKİYE ENDÜSTRİ 4.0 İÇİN YOL HARİTASI ÇIKARDI MI?

Neşe GÜNDOĞDU

### ÖZET

Teknoloji Yol Haritaları uzun vadeli dönemde hedef öngörmek ve bu hedeflere ulaşmak için kullanılacak, geliştirilecek olan en uygun teknolojik yöntemleri uygulamak için kullanılan performans ölçüm çizelgesidir.

Dünya üzerinde yıllarca %100 insan gücü kullanarak üretilen ürünlerin üretim süreçlerinin önce çevresel güçlerle hızlandırılması ile birinci endüstriyel dönem, ardından bilimsel gelişmeler sonucu elektrik ile ikinci bir endüstriyel dönem yaşanmıştır. İkinci dönem kitlesel üretim dönemi olarak tanımlanmıştır. Elektrik enerjisi üçüncü endüstriyel çağını da öncülük etmiştir. Dijital çağ olarak adlandırılan bu dönemde bilgisayar yazılımları ile kontrol süreçleri yapılmıştır.

Endüstri 4.0 tüm hizmet ve üretim aşamalarının sayısallaşarak robotik yöntemlere evrilmesinin göstergesidir. Üçüncü endüstri döneminde yaşanan ekonomik bunalımdan çıkış yolu olarak karşımıza çıkmıştır. Zaten 2000'li yılların başında zaten bu dönemin ortaya çıkacağı hususunda üniversitelerde bilgi verilmiştir.

Hazırlanmış yol haritalarında görüldüğü kadarıyla projeler zamanlanmamış gibi görünmektedir. Hedeflere kısa sürede ulaşılabilmesi ile ilgili olabilir. TÜBİTAK'ın yayınlamış olduğu çalışmada küresel öngörüler ortaya konmuş ise ülkemizin yol haritasında bunu karşılayacak hedefler muhakkak ki hazırlanacaktır.

### 1. TEKNOLOJİ YOL HARİTASI NEDİR? NASIL HAZIRLANIR?

Teknoloji Yol Haritaları uzun vadeli dönemde hedef öngörmek ve bu hedeflere ulaşmak için kullanılacak, geliştirilecek olan en uygun teknolojik yöntemleri uygulamak için kullanılan performans ölçüm çizelgesidir. Performans ölçümüdür çünkü hedef ve hedefe ulaşma derecesini ölçme şansı vardır. Üretim/Hizmet faaliyetinde program ayrıntılı olarak hazırlanır. Hedefler ve kullanılacak araçların seçiminde de hassasiyet gösterilir.

Dünya üzerinde çeşitli kuruluşların yapmış olduğu yol haritaları mevcut olup buralarda stratejik yaklaşımaya sahip olduklarını görmekteyiz(ör: AISI'nin demir-çelik teknoloji yol haritası).

Teknoloji yol haritaları basitçe üretilen ürünün/hizmetin ileride alacağı şeklinin, bu dönemde ortaya çıkan üretim teknolojisi /ürün performansını arttıran bir yeni parça ile ilgili haritalar hazırlanmasından ibaret gibi görünse de içerisinde kuruluşun mevcut ve gelecekteki mali durumu, avantaj/dezavantajlarını, darboğazlarını ve tehditlerini, Dünya'da üretimin gidişatını gösteren tüm nicel ve nitel verileri de kapsar.

TABLE 1-1. ENERGY CONSUMPTION TARGETS (Million Btu/Net-Tons of Steel Shipped)		
U.S. Production	2010	2020
Electric Furnace, long products	7.5	6.3
Electric Furnace, flat roll products	7.7	7.1
Electric Furnaces, strip cast products	6.5	5.9
Integrated, flat roll products	17.4	14.9

TABLE 1-2. FUTURE STEEL PRODUCTION FORECAST*		
	2001	2020
U.S. Market, million tons	130	210
Domestic Shipments, million tons	100	160
Long Products	45	70
Flat Products	55	90
Coke Oven/Blast Furnace/BOF Production	55%	Unknown
Electric Furnace Production	45%	Unknown
Other	0%	Unknown

Şekil 1. Amerika Birleşik Devletleri Çelik Üreticileri Birliğinin Enstitüsünün 2001'de hazırlamış olduğu yol haritasından bir bölüm

TABLE 1-3. TIMELINE FOR PROCESS DEVELOPMENT GOALS	
DEVELOPMENT	TIMEFRAME
1. Advance alternate ironmaking processes and models to achieve commercial scale.	2001 - 2011
2. Capture energy lost by the current processes.	2001 - 2016
3. Advance the design of a melting vessel for optimum productivity, energy efficiency and flexibility of charge materials and fuels.	2001 - 2011
4. Advance near net shape processing.	2001 - 2016
5. Continue development of process modeling capabilities and tools with the aim for use by engineers and plant personnel.	2001 - 2011

TABLE 1-4. TIMELINE FOR IRON UNIT RECYCLING GOALS	
DEVELOPMENT	TIMEFRAME
1. Increase capture of iron units contained in obsolete scrap to: 50% 95%	2010 2020
2. Achieve 100% recycling, recovery and/or reuse of all wastes relatively high in iron content, such as dusts, sludges and scales.	2010
3. Increase capture of iron units in high iron content wastes to: 25% 50%	2010 2020
4. Achieve 100% recycling, recovery and/or reuse of all wastes relatively low in iron content, such as slag.	2010
5. Achieve 25% capture of iron units in low iron content wastes.	2020

Şekil 2. Amerika Birleşik Devletleri Çelik Üreticileri Birliğinin Enstitüsünün 2001'de hazırlamış olduğu yol haritasından bir bölüm

## 2. ENDÜSTRİ 4.0: NASIL ORTAYA ÇIKTI?

Dünya üzerinde yıllarca %100 insan gücü kullanarak üretilen ürünlerin üretim süreçlerinin önce çevresel güçlerle hızlandırılması ile birinci endüstriyel dönem, ardından bilimsel gelişmeler sonucu elektrik ile ikinci bir endüstriyel dönem yaşanmıştır. İkinci dönem kitlesel üretim dönemi olarak tanımlanmıştır. Elektrik enerjisi üçüncü endüstriyel çağını da öncülük etmiştir. Dijital çağ olarak adlandırılan bu dönemde bilgisayar yazılımları ile kontrol süreçleri yapılmıştır.

İmalatın seri hale gelmesi, gerekli enerjinin daha ucuza sağlanmasını kapsayan iki endüstriyel dönemin sonunda üretimin zamanını netleştirmek daha kaliteli hizmet sunmayı tasarlayan üçüncü dönem elbette içinde içerisinde ileri bir endüstri dönemini taşımaktaydı. Bilimsel çalışmaların ilk başarılarını vermesi ile Endüstri 4.0'a adım atmış bulunuyoruz.

Endüstri 4.0 tüm hizmet ve üretim aşamalarının sayısallaşarak robotik yöntemlere evrilmesinin göstergesidir. Üçüncü endüstri döneminde yaşanan ekonomik bunalımdan çıkış yolu olarak karşımıza çıkmıştır. Zaten 2000'li yılların başında zaten bu dönemin ortaya çıkacağı hususunda üniversitelerde bilgi verilmiştir.

Gelişmiş ülkelerin ve gelişmiş ülkelere bağlı olarak pazara giren gelişmekte olan ülkelerin üçüncü endüstriyel dönemde yaşanan ekonomik krizden çıkış yolu olarak gördükleri dördüncü dönem Almanya'da Hannover kentinde 2011 yılında düzenlenen fuarda başlamış sayılabilir. Üçüncü dönemin geleceğe ışık

tutan yapay zeka teknolojileri, 2000'li yıllarında başında üretilen çeşitli nano teknoloji ürünleri aslında dördüncü döneme çok daha erken girdiğimizi göstermektedir.

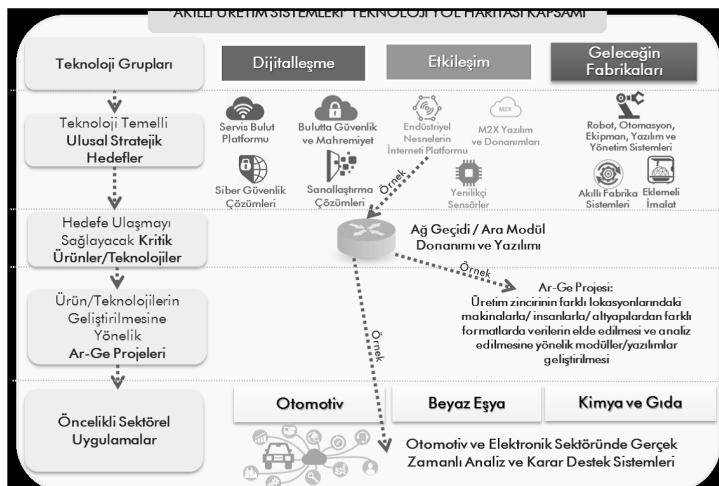
Dördüncü dönem olarak 2011 yılının seçilmesi stratejiktir. Dördüncü dönemin teknolojik metotlarının (sanallaştırma, modülerlik, hizmet oryantasyonu vs... prensipler) Dünya'da kullanıma hazır hale getirildiğinin göstergesidir. İyi bir stratejik plan, buna göre inovasyon yapılmış ve başarı da elde edilmiştir. Ülkemizde de bu dönemden karlılık sağlayabilmesi açısından stratejik plana yol haritasına gerek vardır. Bu bakımdan teknoloji yol haritalarının hazırlanması, daha doğrusu yeniliklerin yönünün netleşmesi bakımından, gereklidir. Bu makalede Türkiye'de Endüstri 4.0 ile ilgili teknoloji yol haritası çalışması incelenerek Almanya'daki ile karşılaştırılmalı değerlendiriyoruz.

### 3. YENİ SANAYİ DEVRİMİ AKILLI ÜRETİM SİSTEMLERİ TEKNOLOJİ YOL HARİTASI

2016 yılında TÜBİTAK tarafından hazırlanmış bir teknoloji yol haritası çalışması 2017 yılı başında versiyon olarak elektronik ortamda bu başlıkla gösterilmiştir.

İçeriğinde ülkemizin vizyonu olarak kabul edilen 2023 yılında ekonomide ilk 10 ülke arasına girmek için bir fırsat olarak değerlendirilmiş, lojistik ve düşük işgücü avantajının bu süreçte gerekli olmadığı, felsefenin ana amacı olan bilgi iletişim teknolojilerinin etkin kullanımı ile üretim maliyetlerinde düşme sağlanabileceği görüşü, Endüstri 4.0'ın araçlarının etkisiyle üretim sürecinde verimliliğin artacağına ilişkin grafik gösterimleri ile paylaşılmıştır (Aslında bu Endüstri 3.0'ın da ana fikridir). Bunun dışında:

- Akıllı üretim sistemlerinin kullanımının yıllara göre değişimi
- ABD, Almanya, AB, İngiltere, Japonya ve Fransa'nın Endüstri 4.0'a hangi avantajlarla girdiğini yani koyduğu hedefleri başlıklarıyla
- Şubat ayında ülkemizde BTYK' nin sanayide dijital dönüşümü hususunda almış olduğu karara ilişkin olarak da,
  - a. Anket çalışmaları sonucunda grup çalışmalarının başlatıldığı
  - b. Yapılan analizler sonucunda 3 teknoloji grubu için stratejik olan 8 teknoloji, 10 hedef ve 29 ürün belirlendiği gösterilmiş ve
- Yol haritasının kapsamı şema haline getirilmiştir.



Şekil 3. TÜBİTAK'ın hazırladığı yol haritasının kapsamı

### 3.1. Almanya: Dijital Dünyanın Lideri Olmak

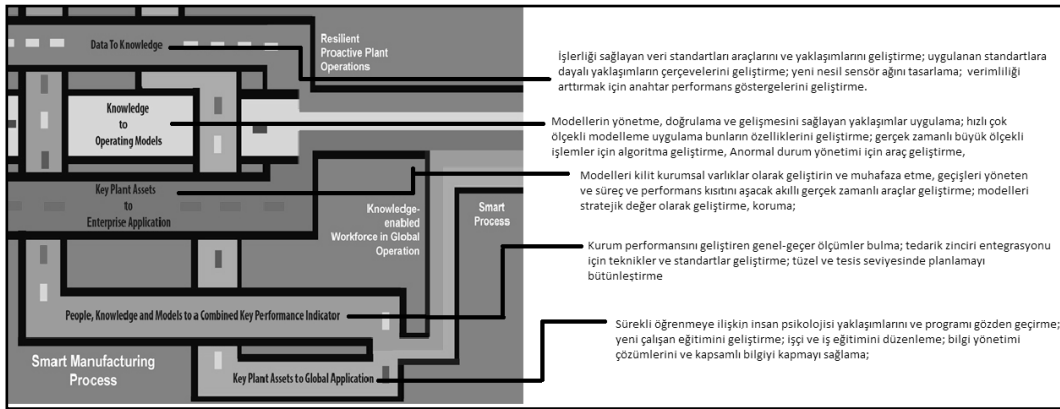
2011 yılında ilk kez Hannover fuarında Endüstri 4.0'dan bahseden ülke, vizyonunu 2014 yılında hükümet nezdinde açıklamıştır. İkinci ve üçüncü dönem sanayi döneminde Asya'ya kayan üretimin Almanya'da canlanmasını sağlamak amaç edinilmiştir.

Ülkenin sanal ve gerçek dünyanın birbiriyle ilintili olması ile oluşan verilerin otonom veri analitiğine göre düzenlenerek doğru üretim kararlarının alınmasını öngörmektedir. Birçok sanal işletme nesnelerin interneti, ileri robotik sistemlerini uygulamaya koymuş durumdadır.

Yol haritasının ikinci sürümü paylaşıma açılmış olup standardizasyonun yol haritası çıkarılmış. Önce mevcut durum analizi yapılarak standardizasyon kuruluşlarının radyo frekansları, otomasyon ve bilişim çalışmaları konusunda bilgi verilmiştir. Bu sürümde

### 3.2. Amerika Birleşik Devletleri: Smart Manufacturing Leadership Coalition

Zeki Süreçli imalat yol haritası (SPMR) 2008 yılında şekildeki gibi beş katmanlı olarak yapılmış.



## 4. TEKNOLOJİ YOL HARİTALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Stratejik planlama ulaşılabilir görsel hedef(vizyon), amaç(misyon) ve bunu gerçekleştirecek taktik ve programlar bütünüdür. Vizyona ulaşmak için başarılması gereken adımlar için zaman aralığı oluşturulur. Mevcut durum analizi, güçlü/zayıf yönler, avantaj/darboğazlar, pazar ve maliyet dengesine göre değerlendirilerek yapılır.

Stratejik planlamanın bir parçası olan ürün/teknoloji yol haritalarında da hedef vardır. Endüstri 4.0 (aslında onların vizyonunun adı) Almanya tarafından ortaya konmuş, ABD "Zeki Süreçli Üretim" vizyonunu ortaya koymuştur. Vizyonlar nesnelerin interneti, siber-fiziksel sistemler, sanallaştırma, ileri robotik, otomasyon ve kontrol sistemlerini içermektedir. Bunlara erişebilmek adına farklı ar-ge çalışmalarının yapıldığını göstermektedir. TÜBİTAK Akıllı Üretim Sistemleri adı altında ilk örneğini vermiştir. ABD ile neredeyse aynı ada sahiptir. Yapılan çalışmalar sonrasında düzeltilebilir.

Yine teknoloji yol haritası çalışmalarında mevcut durum analizinde anket çalışmaları yapılır. Tüm yol haritalarında anket çalışması yapıldığı, sonuçları açıklanmıştır. TÜBİTAK'ın yapmış olduğu anket çalışması ve sonuçlarının açıklanması planlamanın doğru yapıldığını göstermektedir. Hatta Anket çalışmalarının sonuçlarına göre endüstri 4.0'la ilgili kurum ve kuruluşların, sektörlerin ortaklaşarak çalışma gruplarının oluşturulması umut vericidir. Almanya'da tamamen Türkiye'de I4.0 çalışmaları devlet kurumlarının öncülüğünde sağlanmış olup ülkemizde özel kuruluşların paydaş olarak katkıda bulunulması sağlanmıştır; ABD'de ise özel/özerk kuruluşların oluşturduğu ortak projeler üreten çalışma grupları mevcuttur.

Hazırlanmış yol haritalarında görüldüğü kadarıyla projeler zamanlanmamış gibi görünmektedir. Hedeflere kısa sürede ulaşılabilmesi ile ilgili olabilir. TÜBİTAK'ın yayınlamış olduğu çalışmada küresel öngörüler ortaya konmuş ise ülkemizin yol haritasında bunu karşılayacak hedefler muhakkak ki hazırlanacaktır.

## 5. SONUÇ: BİR SONRAKİ ENDÜSTRİYEL ÇAĞ?

Ülkemizde ulusal kurum ve kuruluşlarımızın teknoloji yol haritasının hazırlanmasına ilişkin çalışmaları geriden gelse bile umut vericidir. Buradan hareketle birkaç bin adımı görerek belki de ülkemiz yeni çağın (Endüstri 5.0) kapısını gösteren ülke durumuna gelmesi mümkündür.

## KAYNAKLAR

1. <https://steel.org/~media/Files/AISI/Making%20Steel/TechReportResearchProgramFINAL.pdf>
2. <https://smartmanufacturingcoalition.org/operations-and-technology-roadmap>
3. <http://www.din.de/blob/65354/f5252239daa596d8c4d1f24b40e4486d/roadmap-i4-0-e-data.pdf>
4. [http://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/akilli\\_uretim\\_sistemleri\\_tyh\\_v27aralik2016.pdf](http://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/akilli_uretim_sistemleri_tyh_v27aralik2016.pdf)







tmmob  
makina mühendisleri odası

**EIM**  
ENDÜSTRİ VE İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ  
KURULTAYI (XI)

# XI. ENDÜSTRİ VE İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ KURULTAYI



**ENDÜSTRİYEL DÖNÜŞÜMDE** | **17-18 KASIM 2017**  
**ENDÜSTRİ-İŞLETME** | MMO İSTANBUL ŞUBE  
**MÜHENDİSLERİNİN ROLÜ** | **KONFERANS SALONU**



**TMMOB- Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi**  
Katip Mustafa Çelebi Mah. İpek Sk. No: 9 Beyoğlu / İstanbul

+90 (212) 252 95 00  
Dahili: 217-220

eim.kurultayi@mno.org.tr  
www.eimkurultayi.org