

Çağdaş  
ENDÜSTRİ  
MÜHENDİSLİĞİ

~ Editör ~

Prof. Dr. Ercan ÖZTEMEL



© PAPATYA YAYINCILIK EĞİTİM

Ankara Caddesi, Prof. Fahreddin Kerim Gökay Vakfı İşhanı Girişi  
No: 11/6, Cağaloğlu (Fatih) / İstanbul

Tel : (+90 212) 527 52 96 (+90 532) 311 311 0  
Faks : (+90 212) 527 52 97  
e-mail : admin@papatyabilim.com.tr  
Web : www.papatyabilim.com.tr  
Dağıtım : TDK Bilim – www.tdk.com.tr

**Çağdaş Endüstri Mühendisliği** – Prof. Dr. Ercan ÖZTEMEL (Editör)

1. Basım Eylül 2019

Yayın Danışmanı : Toros Rifat ÇÖLKESEN  
Yayına Hazırlayan : Cengiz UĞURKAYA (Ph. D)  
Endüstri Mühendisi : Begüm AVCI  
Pazarlama : Mustafa DEMİR  
Satış : Gözde PİYADE , TDK Bilim [www.tdk.com.tr](http://www.tdk.com.tr)  
Sayfa Düzenleme : Çağla ORUL , Papatya ve Kelebek Tasarım  
Basım ve Ciltleme : İMAK Ofset Basım Yayın (Sertifika No: 12531)  
Atatürk Cad. Göl Sok. No: 1 Yenibosna / İstanbul

© Bu kitabın her türlü yayın hakkı yayınevine aittir. Yayınevinden yazılı izin alınmaksızın alıntı yapılamaz, kısmen veya tamamen hiçbir şekil ve teknikle ÇOĞALTILAMAZ, BASILAMAZ, YAYIMLANAMAZ. Kitabın, tamamı veya bir kısmının fotokopi makinası, ofset vs. gibi teknikle çoğaltılması, hem çoğaltan hem de bulunduranlar için yasadışı bir davranıştır. Emeğe saygı hepimizin ortak tutumu olmalıdır. İzinsiz fotokopi ile çoğaltmak hırsızlıktır.

Öztemel, Ercan

Çağdaş Endüstri Mühendisliği / Ercan Öztemel (Editör) – İstanbul: Papatya Yayıncılık Eğitim,  
2019

xx, 672 s. ; 24 cm

Kaynakça ve dizin var.

ISBN 978-605-9594-56-1

1. Endüstri 4.0 2. Altı Sigma 3. Sistem Modelleme Dili 4. Dinamik Optimizasyon

I. Title

*Büyük özverilerle bizleri yetiştiren tüm hocalarımıza  
ve genç yaşında aramızdan ayrılan değerli öğrencim ve meslektaşım  
Doç. Dr. Mustafa Batuhan AYHAN'ın  
aziz hatırasına ithaf ediyorum.*

# Teşekkür

Kitap yazmak çok kolay bir iş değildir; bir kişinin altından kalkması gerçekten çok zordur. Yoğun çalışmalara başlamak için önce motivasyon sonrasında da kesintisiz destek alınması başarılı bir çalışma yapabilmek için kaçınılmazdır. Bu kitabımızda çevremizde bulunan yakınlarımızın desteği olmadan ortaya çıkamazdı!

Öncelikle, ortaya çıkmasında da hem verdiği motivasyon hem de gece gündüz sürekliliği desteğini esirgemeyen, anlayış ve inanılmaz bir sabır gösteren çocuklarım ve eşim Gülümser ÖZTEMEL'e çok teşekkür ediyorum. Kelimeler, onların verdiği desteğe teşekkür edecek cümleleri bulmaya yetersiz kalır. Sadece bu kitap için değil tüm akademik hayatım boyunca beni bir an bile yalnız bırakmadılar. Onların varlığı bana büyük cesaret verdi; vermeye de devam etmektedir.

Sonrasında, bölüm yazarı akademisyen ve endüstriyel hayatın önemli yöneticileri olan dostlarıma, çok titiz ve yorucu süreci sonuna kadar getirdikleri için, gösterdikleri sabır ve anlayış için, süreci takip etmekte gösterdikleri özen için, burada isimlerini tek tek anmadan hepsine ayrı ayrı teşekkür ediyorum. Tüm yazarlarımızın başta aile fertleri olmak üzere, sekretaryaları ve diğer destek olan tüm yakınlarına da çok teşekkür ediyorum. Onların da destekleri olmasa idi kitabın oluşması çok zor olurdu. Bu kapsamda özellikle; bu eserin bölümlerinden birisinin yazarı olan ve genç yaşında kaybettiğimiz Doç. Dr. Mustafa Batuhan AYHAN'a Allah'tan rahmet dilerim. Ailesine başsağlığı diler, eşi Sevim AYHAN hanımefendiye sabırlar dilerim. Kitabın yazılmasına verdiği destek için kendisine çok teşekkür ederim. Batuhan'ın bilgi ve deneyimleri bu kitap ile yaşayacak ve okuyan herkes, iyi duygular ile onu anmaya devam edecektir. Buna gönülden inanmaktayım.

Kitabın yazılmasında her zaman benim yanımda olan, desteğini hiç eksik etmeyen, ofisimi kendi ofisinden daha çok yol eden, Dr. Öğretim Üyesi Semih ÖZEL'e de teşekkürlerimi borç bilirim. O sürecin yürütülmesinin ana aktörlerinden birisi olmuştur.

Son ama diğerleri kadar önemli olan bir teşekkürü de Toros Rifat ÇÖLKESEN hak etmektedir. Kitabın yazılması fikrini ilk günden beri destekleyen, zaman zaman kendisini geceleri dahi rahatsız etmemize rağmen sabırla süreci yürüterek sonuçlanmasını sağladı. Hem kendisine hem de Papatya Bilim Yayınevinde bu çalışmayı yürüten isimsiz kahramanlara da teşekkürü bir borç bilirim.

Burada ismini anmayı unuttuğum ama kitabın oluşmasına o veya bu şekilde desteği olan herkese canı gönülden teşekkür eder, şükranlarımı sunarım.

Prof. Dr. Ercan ÖZTEMEL  
Ağustos 2019

# İçindekiler

<b>Önsöz</b>	<b>xvii</b>
<b>Bölüm 1. Çağdaş Endüstri Mühendisliğine Genel Bakış: Yeni Yaklaşımlar, Sistemler ve Yöntemler</b>	<b>21</b>
<i>Prof. Dr. Ercan ÖZTEMEL ~ Marmara Üniversitesi</i>	
1.1. Toplumsal Dönüşüm	22
1.2. Endüstri Mühendisleri ve Dönüşüm	23
1.3. Otomasyon ile Otonom Sistemler	25
1.4. Değişim ve Dönüşümün Temel Yaklaşımları	26
1.5. Sonuç	35
<b>Bölüm 2. Sanayi Toplumundan Bilgi Toplumuna Geçiş</b>	<b>37</b>
<i>Prof. Dr. Yasemin Claire ERENSAL ~ Özyeğin Üniversitesi</i>	
2.1. Bilgi Kavramı Hakkındaki Tartışmalar	37
2.2. Akıl Paradigmasının Dönüşümü	38
2.3. Örgüt Paradigmasının Dönüşümü	40
2.4. Bilgi Ekonomisinde Öğrenmenin Rolü	43
2.5. Bilgi Yönetiminin Güçlendiricileri	45
2.6. Enformasyon Yönetimi ile Bilgi Yönetiminin Karşılaştırılması	45
2.7. Yararlı Bilginin Özellikleri Nelerdir?	48
2.8. Yararlı Bilgi Sistemleri İçin Bilgi Mimarisi	48
2.9. Eylemsel Bilgi/Bilgi Sistemlerinin Özellikleri Nelerdir?	49
2.10. Bilgi Yönetiminde Yeni Görev Tanımları- Farklı Roller	54
2.11. Bir Bilgi Organizasyonuna Dönüşmek	56
2.12. Çalışma Soruları	59
<b>Bölüm 3. İşletmelerde Bilgi Yönetimi</b>	<b>61</b>
<i>Dr. Öğretim Üyesi Seher ARSLANKAYA ~ Sakarya Üniversitesi</i>	
3.1. Bilgi ve Bilgi Yönetimi Kavramı	61
3.1.1. Bilgi, Enformasyon ve Veri Kavramı	61
3.1.2. Bilginin Sınıflandırılması	63
3.1.3. Bilgi Toplumu	64
3.1.4. Bilgi Ekonomisi (Yeni Ekonomi)	65
3.1.5. Entelektüel Sermaye Kavramı	66
3.1.5.1. Entelektüel Sermayenin Temel Öğeleri	67

3.1.5.2. Entelektüel Sermayenin Ölçülmesi	68
3.1.5.2.1. Entelektüel Sermayenin Ölçülmesinde Göstergeler	68
3.2. Bilgi Teknolojileri	69
3.3. Bilgi Yönetimi ve Bilgi Yönetimi Bileşenleri	70
3.3.1. Bilgi Yönetiminin Amacı	71
3.3.2. Bilgi Yönetiminin Özellikleri	71
3.3.3. Bilgi Yönetiminin Avantajları	72
3.3.4. Bilgi Yönetiminin Zorlukları	73
3.3.5. Bilgi Yönetimi Sistemleri	73
3.4. Bilgi Kültürü ve Bilgi Kaldıraçlama	76
3.5. Etkin Bilgi Yönetimi Değerlendirme Kriterleri	77
3.6. Bilgi Yönetimi Konusundaki Mevcut Uygulamalar ile ilgili Genel Bir Değerlendirme	78
3.7. Bilgi Yönetimi Modelleri	78
3.8. Kurumsal Bilgi Yönetimi Modeli (KBYM) ve Bir Uygulama	83
3.8.1. Bilişim Altyapısı	87
3.8.2. Bilgi Yönetimi Süreçleri	87
3.8.3. Bilginin Gösterimi	87
3.8.4. Bilginin Planlanması	88
3.8.5. Bilgi Yönetimi Stratejileri	88
3.8.6. Bilgi Organizasyonu	88
3.8.7. Bilgi Kültürünün Oluşturulması	89
3.8.8. Bilgi Kaldıraçlama	89
3.8.9. Bilgi Yönetimi Uygulamalarının Değerlendirilmesi	90
3.8.10. Kurumsal Bilgi Yönetimi Modeli (KBYM) bir uygulama	93
3.9. Özet	98
3.10. Çalışma Soruları	98

## **Bölüm 4. Kurumsal Kaynak Planlama ve İş Zekâsı Sistemleri** **99**

*Mehmet ÖNDER ~ Uyumsoft Bilişim Sis. ve Tek. Tic. A.Ş.*

4.1. Kurumsal Kaynak Planlama Sistemleri	100
4.1.1. Finans Yönetimi	102
4.1.2. Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetimi	103
4.1.3. Satış Yönetim Sistemi	107
4.1.4. İnsan Kaynakları Yönetimi	108
4.1.4.1. ERP Sistemlerinin Temel Nitelikleri	109
4.1.4.2. Kurumsal Kaynak Planlama Sistemleri Segmentasyonu	110
4.1.4.3. ERP Sistemlerinin Yararları	111
4.1.4.4. ERP Projelerinin Başlatılmasında Dikkat Edilecek Konular	114

4.2. İş Zekâsı	116
4.2.1. İş Zekâsının Bileşenleri	117
4.2.2. İş Analitiği ve İş Zekâsı İlişkisi	120
4.2.3. İş Zekâsı Teknikleri	121
4.2.4. Yönetim Bilişim Sistemleri ve Zeki Karar Destek Sistemler	126
4.2.5. İş Zekâsı Projelerin Başarısı İçin Dikkat Edilecek Konular	126
4.3. Özet	129
4.6. Çalışma Soruları	129

## **Bölüm 5. Stratejik Planlama ve Süreç Yönetimi** **131**

*Dr. Semih ÖZEL ~ Marmara Üni. ve Rahşan ÖZHAN SEZER ~ LCW Taha Giyim*

5.1. Temel Tanımlar, Süreç ve Strateji	131
5.1.1. Süreç	131
5.1.2. Strateji	136
5.2. Süreç Yönetimi ve Stratejik Planlama	139
5.2.1. Süreç Yönetimi	139
5.2.2. Strateji Yönetimi ve Stratejik Planlama	142
5.3. Stratejik Planlama Aracı olarak BSC Yöntemi	147
5.4. Strateji Uyumlu Süreç Yönetimi ve Hizalanma	149
5.5. Süreç İyileştirme ve Performans Değerlendirme	152
5.6. Sonuç	153
5.7. Çalışma Soruları	154

## **Bölüm 6. İşletmelerde Sürekli İyileştirme ve Geliştirme** **155**

*Dr. Ahmet TEMİROĞLU ~ Özen Mensucat Boya Terbiye İşl. A.Ş.*

6.1. İşletmelerde Sürekli İyileştirme	155
6.2. Sürekli İyileştirme ve Geliştirme Sistematiği	157
6.3. Yönetim Felsefesi Olarak Sürekli İyileştirme	160
6.3.1. Toplam Kalite Yönetimi	160
6.3.2. Toplam kalite yönetiminin bileşenleri	161
6.4. Toplam Verimli Bakım	180
6.5. İyileştirme ve Geliştirme Yöntemleri	192
6.5.1. Kaizen Yöntemi	193
6.5.2. Kalite Çemberleri	194
6.5.3. Proje Grupları	196
6.5.4. Değişim Mühendisliği	196
6.6. Bilimsel Yöntemler	196
6.7. Özet	206
6.8. Çalışma Soruları	206

## **Bölüm 7. Yalın Üretim ve Altı Sigma** **207**

*Doç. Dr. Ufuk CEBECİ ~ İstanbul Teknik Üniversitesi*

7.1. İmalat Sistemlerinin Karşılaştırılması	207
7.2. Yalın Üretim Sisteminin Avantajları	209
7.3. Hücreyel İmalat Sistemleri	213
7.3.1. Hücreyel Üretim	221
7.3.2. Smed	224
7.4. Değer Akış Analizi	219
7.4.1. Değer Akışı Haritalandırma	219
7.4.2. Mevcut Durumun Haritası	220
7.4.3. Gelecek Durumun Haritası	220
7.5. Kanban Çekme Sistemi	221
7.6. Çekme Sistemi	221
7.7. Poka - Yoke (Hata Önleyici Düzenekler)	222
7.7.1. Poka - Yoke Sisteminin Araçları	222
7.7.2. Poka - Yoke Sisteminin Kurulmasını Gerektirecek Hatalar	222
7.7.3. Poka - Yoke Çeşitleri	223
7.7.4. Poka - Yoke'nin Temel Prensipleri	223
7.8. Altı Sigma	226
7.8.1. Altı Sigma'nın Amaç ve Araçları	227
7.8.2. Altı Sigma Kalite Seviyesi	228
7.8.2.1. Değişkenlik-Varyans İyileştirme Olanığı	228
7.8.3. Altı Sigma Uygulama Metodolojisi	229
7.8.3.1. Altı Sigma Uygulamasının Temel Aşamaları	229
7.8.4. Yalın Yönetim ve Altı Sigma İlişkisi	235
7.9. Çalışma Soruları	235

## **Bölüm 8. Kalite ve Değer Mühendisliği** **237**

*Prof. Dr. Bahar SENNAROĞLU ~ Marmara Üniversitesi*

8.1. Değerin Tanımı	238
8.2. Değer Metodolojisi	239
8.3. Fonksiyonel Analiz Sistem Tekniği (FAST)	245
8.3.1. FAST Diyagramı	245
8.3.2. Fonksiyon Diyagramı	247
8.3.3. FAST ile maliyet değerlendirme ve güvenilirlik çalışması	248
8.4. Özet	250
8.5. Çalışma Soruları	250



**Bölüm 9. İşletmelerde Değişim Yönetimi** **251**

*Doç. Dr. Mustafa Batuhan AYHAN ~ Marmara Üniversitesi*

9.1. Değişim Nedir?	251
9.2. Değişim Yönetimi Ve Önemi	252
9.3. Değişim Yönetim Modelleri	253
9.3.1. <i>Lewin Değişim Modeli</i>	253
9.3.2. <i>Mckinsey 7-S Modeli</i>	254
9.3.3. <i>Beckhard ve Harris Modeli</i>	255
9.3.4. <i>Kotter Modeli</i>	256
9.4. <i>Clarke ve Garside</i>	259
9.4.1. <i>Adkar</i>	259
9.5. İmalat Sistemleri İçin Bir Değişim Yönetim Modeli	262
9.6. Uygulama Örneği	263
9.6.1. Teknolojik Değişim	264
9.6.1.1. Teknolojik Tahmin	264
9.6.1.2. Teknolojik Yenilikçilik	265
9.6.1.3. Teknolojik Adaptasyon	266
9.7. Süreç Değişimi	268
9.7.1. Birim Üretim Zamanı Değişimi	269
9.7.2. Birim Üretim Maliyeti Değişimi	269
9.7.3. Toplam Darboğaz Oranı Değişimi	270
9.7.4. Ortalama İşçi Verimliliği Değişimi	271
9.8. Yönetimsel Değişim	272
9.9. Müşteri Tabanlı Değişim	276
9.10. Çevresel Değişim	278
9.11. Değişim Yöntemi Yol Haritası	281
9.12. Sonuç	283
9.13. Çalışma Soruları	283

**Bölüm 10. İnovasyon Yönetimi ve Yeni Ürün Geliştirme** **285**

*Prof. Dr. Özalp VAYVAY ~ Marmara Üniversitesi*

*Dr. Zeynep Tuğçe KALENDER ~ Marmara Üniversitesi*

10.1. İnovasyon Yönetimi	286
10.1.1. Değişim Mühendisliği	287
10.1.2. Kalite Fonksiyon Açınımı	290
10.1.3. Eş Zamanlı Mühendislik	292
10.2. İnovasyon Türleri	294
10.2.1. Açık İnovasyon	295
10.3. Yeni Ürün Geliştirme	296
10.3.1. Yeni Ürün Geliştirme Sürecinin Yönetimi	298
10.4. Özet	302

## **Bölüm 11. İşletmelerde Yetkinlik Değerlendirmesi** **303**

*Dr. Semih ÖZEL ~ Marmara Üniversitesi*

11.1. Giriş	303
11.2. İşletmelerde Yetkinlik Değerlendirmenin Önemi	305
11.3. Yetkinlik Kavramı ve Ölçme Değerlendirme	306
11.4. İşletmelerde Yetkinliğin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi	308
11.4.1. Yetkinlik Değerlendirme Modeli ASME	308
11.5. Yetkinlik Değerlendirme Bileşenleri	310
11.5.1. Teknolojik Yetkinlik	310
11.5.2. Finansal Yetkinlik	312
11.5.3. Stratejik Yetkinlik	313
11.5.4. Entelektüel Yetkinlik	314
11.5.5. Araştırma & Geliştirme ve İnovasyon Yetkinliği	315
11.6. Ön değerlendirme ve Sektör Ağırlıklarının Belirlenmesi	316
11.6.2. Yetkinlik Düzeyi belirleme ve Puanlama	317
11.6.3. Yetkinlik Fonksiyonunun Tanımlanması	326
11.6.4. Yetkinlik Skorlama	328
11.6.5. Zeki Yetkinlik Değerlendirme	329
11.7. Sonuç ve Öneriler	334

## **Bölüm 12. Teknoloji Tahmini ve Yayılımı** **335**

*Prof. Dr. Türkey DERELİ ~ İskenderun Teknik Üni. ve Gaziantep Üni.*

*Doç. Dr. Alptekin DURMUŞOĞLU ~ Gaziantep Üniversitesi*

12.1. Teknoloji Tahminin Önemi ve Rolü	336
12.2. Teknoloji Tahminin Yöntemleri	337
12.2.1. Delphi Yöntemi	338
12.2.2. Senaryo Analizi	339
12.2.3. Analoji Modelleri	339
12.2.4. Alaka Ağaçları	339
12.2.5. Vaka Analizi	340
12.3. Teknoloji Difüzyon Modelleri	340
12.3.1. Bass Modeli	341
12.3.2. Fisher-Pry Modeli	342
12.3.3. Gompertz Modeli	342
12.3.4. Lojistik/Pearl Modeli	343
12.4. Model Performansı Ölçümü	343
12.5. Hibrid Modeller	344
12.6. Nihai Değerlendirmeler	345
12.7. Özet	345
12.8. Çalışma Soruları	345

<b>Bölüm 13. Müzakere ve Müşteri İlişkileri</b>	<b>347</b>
<i>Dr. Öğretim Üyesi Koray ALTUN ~ Bursa Teknik Üniversitesi</i>	
<i>Prof. Dr. Türkey DERELİ ~ İskenderun Teknik Üni. ve Gaziantep Üni.</i>	
13.1. Müşteri İlişkileri	347
13.2. Çok Kriterli Müzakere	349
13.2.1. Modified Even-Swaps	349
13.3. Müşteri ile Birlikte Geliştirme	354
13.3.1. NegoQFD: Müzakere Tabanlı Kalite Fonksiyon Göçerimi	355
13.4. Özet	357
13.5. Çalışma Soruları	357
<b>Bölüm 14. Küresel Tedarik Ağı ve Lojistik</b>	<b>359</b>
<i>Prof. Dr. Umut TUZKAYA ~ Yıldız Teknik Üniversitesi</i>	
<i>Doç. Dr. Gülfem TUZKAYA ~ Marmara Üniversitesi</i>	
14.1. Tedarik Zinciri Yönetimi ve Tedarik Ağı	359
14.2. Lojistik Yönetimi	361
14.3. Tedarik Ağlarının Amaçları ve Karar Aşamaları	361
14.3.1. Tedarik Ağlarında Amaçlar	362
14.3.2. Tedarik Ağlarında Karar Aşamaları	363
14.4. Çok Aşamalı Tedarik Ağı Tasarımında İki Seviyeli Prog. Yaklaşımı	365
14.4.1. İki Seviyeli Programlama	365
14.4.2. Örnek Tedarik Ağı Modeli	366
14.4.3. Model Formülasyonu	367
14.4.4. Sayısal Örnek	369
14.5. Sonuç	376
14.6. Çalışma Soruları	378
<b>Bölüm 15. Sosyal Ağ Analizi ile Teknolojilerin İncelenmesi</b>	<b>379</b>
<i>Doç. Dr. Serkan ALTUNTAŞ ~ Yıldız Teknik Üniversitesi</i>	
<i>Prof. Dr. Türkey DERELİ ~ İskenderun Teknik Üni. ve Gaziantep Üni.</i>	
15.1. Teknolojilerin İncelenmesinin Önemi	379
15.2. Sosyal Ağ Analizine Giriş	380
15.3. Yaygın Kullanılan Ağ Ölçütleri	382
15.3.1. Ağ Görselleştirme	383
15.4. Sosyal Ağ Analizinin Teknoloji Yönetimindeki Uygulamaları	385
15.4.1. Sosyal Ağ Analizinin Teknoloji İncelenmesinde Kullanımı	386
15.5. Özet	394

## **Bölüm 16. Sistem Modelleme Dilleri** **395**

*Prof. Dr. Toros R. ÇÖLKESEN ~ Post-Edu İnstitutute*

16.1. Sistem Modelleme Dili SysML ve UML	395
16.2. UML ile Yazılım Sisteminin Tam İfadesi	398
16.3. Modelleme Dilleri ve UML	400
16.4. Yazılım Modelleme Dillerinde Kullanılan Simgeler	401
16.4.1. Yapısal Şekiller ve Simgeler	401
16.4.2. İlişki Simgeleri	403
16.5. Birleşik Modelleme Dili UML	405
16.5.1. Kullanım Senaryosu Şeması	406
16.5.2. Sınıf Şemaları	408
16.5.3. Ardışıklık Şeması	417
16.5.4. Durum Makinası Şeması	417
16.5.5. Nesne Şeması	418
16.5.6. Bileşen Şeması	419
16.5.7. Yerleştirme/Konuşlandırma Şeması	419
16.5.8. Diğer Şemalar: Etkinlik, Zamanlama, Profil, Paket	420
13.6. Özet	421
16.7. Çalışma Soruları	421

## **Bölüm 17. Meta Sezgisel Yöntemler ve Makine Öğrenmesi** **423**

*Prof. Dr. Derviş KARABOĞA ~ Erciyes Üniversitesi*

*Dr. Öğr. Üyesi Beyza GÖRKEMLİ ~ Erciyes Üniversitesi*

17.1. Meta Sezgisellerin Endüstri Mühendisliği Problemlerinde Kullanımı	427
17.2. Tek Çözüm Tabanlı Meta Sezgiseller	428
17.2.1. Isıl İşlem Algoritması	429
17.2.1.1. Temel Alınan Yapı	429
17.2.1.2. Algoritma	429
17.2.2. Tabu Araştırma Algoritması	431
17.2.2.1. Temel Alınan Yapı	431
17.2.2.2. Algoritma	432
17.3. Popülasyon Tabanlı Algoritmalar	434
17.3.1. Evrimsel Algoritmalar	434
17.3.1.1. Genetik Algoritma	435
17.3.1.1.1. Temel Alınan Yapı	435
17.3.1.1.2. Algoritma	435

17.3.1.2. Diferansiyel Gelişim Algoritması	439
17.3.1.2.1. Algoritma	439
17.3.1.3. Yapay Bağışıklık Algoritması	441
17.3.1.3.1. Klonal Seleksiyon	441
17.3.1.3.2. Algoritma	442
17.3.2. Sürü Zekâsına Dayalı Algoritmalar	444
17.3.2.1. Karınca Koloni Algoritması	445
17.3.2.1.1. Gerçek Karıncaların Davranışları	445
17.3.2.1.2. Algoritma	446
17.3.2.2. Parçacık Sürü Optimizasyon Algoritması	448
17.3.2.2.1. Temel Alınan Yapı	449
17.3.2.2.2. Algoritma	449
17.3.2.3. Yapay Arı Kolonisi Algoritması	451
17.3.2.3.1. Gerçek Bal Arılarının Yiyecek Arama Davranışları	451
17.3.2.3.2. Algoritma	452
17.4. Özet	455
17.5. Çalışma Soruları	455

## **Bölüm 18. Dinamik Optimizasyon** **457**

*Prof. Dr. Adil BAYKASOĞLU ~ Dokuz Eylül Üniversitesi*

*Dr. Öğr. Üyesi Fehmi Burçin ÖZSOYDAN ~ Dokuz Eylül Üniversitesi*

18.1. Giriş	457
18.2. Dinamik Optimizasyon Problemleri ve Özellikleri	460
18.2.1. Genel Tanımlamalar	460
18.2.2. Dinamik Optimizasyon Problemlerinin Genel Özellikleri	461
18.2.3. Sıkça Kullanılan Performans Göstergeleri	463
18.2.4. Kıyaslama Problemleri	468
18.3. Geliştirilen Çözüm Yöntemleri ve Sınıflandırılması	471
18.3.1. Çeşitliliği Arttırma Tabanlı Yaklaşım	473
18.3.2. Çeşitliliği Korumak Tabanlı Yaklaşım	474
18.3.3. Hafıza/Bellek Tabanlı Yaklaşım	474
18.3.4. Çok Popülasyon Tabanlı Yaklaşım	475
18.4. Örnek Problemler	476
18.4.1. Sürekli Yapıdaki Örnek DOP	476
18.4.2. Kombinatorik Yapıdaki Örnek DOP	481
18.5. Tartışma ve Sonuç	485

**Bölüm 19. Gerçek Zamanlı Çizelgeleme** **487***Doç. Dr. Serol BULKAN ~ Marmara Üniversitesi**İlknur KARACAN ve İsmet KARACAN ~ Marmara Üniversitesi*

19.1. Gerçek Zamanlı Sistem Nedir?	487
19.1.1. Gerçek Zamanlı Sistemlere Örnekler	488
19.1.2. Gerçek Zamanlı Sistemlerin Özellikleri	489
19.2. Gerçek Zamanlı Çizelgeleme	491
19.2.1. Çizelgelemede Kullanılan Notasyon ve Tanımlar	493
19.2.2. Amaç Fonk. Göre Çizelgeleme Türleri ve Prob. Karmaşıklığı	494
19.2.3. Basit Bir Model ve Modelin Çizelgelenmesi	495
19.2.4. Çizelgelemenin Uygunluk Koşulları	498
19.2.5. RM Çizelgeleme	500
19.2.6. EDF Çizelgeleme	502
19.2.7. LLF Çizelgeleme	503
19.3. Gerçek Zamanlı Problemler için Çizelgeleme Algoritmaları	508
19.3.1. Tek İşlemcili Çizelgeleme Algoritmaları	509
19.3.2. Çok İşlemcili Çizelgeleme Algoritmaları	511
19.4. Özet	512

**Bölüm 20. Etmen Tabanlı Endüstriyel Sistemler** **513***Dr. Mehmet Emin AYDIN ~ University of West England*

20.1. Etmen Kavramı ve Teknolojisi	513
20.2. Bir Zeki Etmenin Genel Yapısı	516
20.3. Zeki Etmenleri ve Karakteristik Özellikleri	516
20.3.1. Özerklik	517
20.3.2. Tepkisellik	517
20.3.3. Sosyal Etkileşim	517
20.4. BDI (inanç-istek-niyet) Gülümlü Etmenler	517
20.5. Öğrenme Etmenleri	518
20.6. Çok Etmenli Sistemler	520
20.7. Meta Sezgisel Etmenleri	521
20.8. Etmen-Tabanlı Endüstriyel Sistemler	523
20.8.1. Dinamik İş Çizelgeleme Etmeni	523
20.8.2. Stok Bilgilerini Güncelleme Etmeni	525
20.9. Çok Etmenli Endüstriyel Sistemler	526
20.9.1. Değişim Yönetimi Etmen Takımı	526
20.9.2. Çizelgeleyici Etmen Takımları	528
20.10. Genel Değerlendirme ve Sonuç	531

<b>Bölüm 21. Zeki ve Çok Etmenli İmalat Sistemleri</b>	<b>533</b>
<i>Doç. Dr. Esra Kurt TEKEZ ~ Sakarya Üniversitesi</i>	
21.1. İmalat Sistemleri ve Tarihsel Gelişimleri	535
21.2. Zeki İmalat Sistemleri	538
21.2.1. Yapay Zekâ Teknolojileri	540
21.2.1.1. Uzman Sistemler	572
21.2.1.2. Yapay Sinir Ağları	541
21.2.1.3. Genetik Algoritmalar	542
21.2.1.4. Bulanık Önergeler Mantığı	544
21.2.2. İmalat Sistemlerinde Zekâ ve Zeki Sistemlerinin Özellikleri	545
21.3. Çok Etmenli Sistemler	546
21.3.1. Zeki Etmenler ve Özellikleri	547
21.3.2. Etmen Yapıları	549
21.3.3. Etmen İletişimleri	551
21.3.3.1. Bilgi Sorgu dili	551
21.3.3.2. Etmen İletişim dili	553
21.3.3.3. Bilgi Sağlayan Etmen Yönelimli Sistem	554
21.3.3.4. Etmenler Arası İletişim Dili	555
21.3.3.5. REMIMS Bilgi Değişim Sistemi	556
21.4. Zeki İmalat Sistemleri için Referans Model	556
21.4.1. REMIMS Yapısı Sistem Görüntüsü	556
21.4.2. REMIMS Yapısı Bilgi Görüntüsü	560
21.4.2.1. Bilgi Protokolleri	560
21.4.2.2. Bilgi Formları	562
21.5. Zeki İmalat Sistemleri Uygulamaları	563
21.6. Özet	565
21.7. Çalışma Soruları	565

<b>Bölüm 22. İleri İmalat Sistemleri</b>	<b>567</b>
<i>Dr. Öğr. Üyesi Tülay KORKUSUZ ~ Sakarya Üniversitesi</i>	
<i>Prof. Dr. Harun TAŞKIN ~ Sakarya Üniversitesi</i>	
22.1. Esnek İmalat Sistemleri	567
22.1.1. Grup Teknolojisi	567
22.1.2. Hücresel İmalat	569
22.1.3. Esnek İmalat Sistemleri	571
22.1.4. Esnek İmalat Sistemlerinin Özellikleri ve Uygulama Yerleri	573
22.1.5. Esnek İmalat Sistemlerinin Avantajları / Dezavantajları	575
22.1.6. Esnek İmalat Sistemlerinin Temel Bileşenleri	576
22.1.7. Esnek İmalat Sistemini Esnek Olarak Tanımlama Dört Test	579

22.1.8. Esnek İmalat Sistemlerinin Sınıflandırılması	580
22.1.9. Esnek İmalat Sistemlerine Alternatif Yaklaşımlar	580
22.2. Çevik İmalat Sistemleri	580
22.2.1. Çeviklik	580
22.2.2. Çevik İmalat	583
22.2.3. Çevik İmalat Modelleri	586
22.2.4. Gereksinim Analizi	590
22.2.5. Çevik İmalat Enstitüleri	593
22.2.6. Çevik İmalat & Yalın İmalat	594
22.2.7. Çevik İmalat & Esnek İmalat	595
22.2.8. Etmen / Holon Teknolojisi	596
22.3. Yeniden Yapılandırılabilir İmalat	597
22.3.1. Esnek İmalat Sis. Yeniden Yapılandırılabilir Sistemlere Geçiş	598
22.3.2. Yeniden Yapılandırılabilir İmalata Duyulan İhtiyaç	602
22.3.3. Yeniden Yapılandırılabilir İmalatın Amacı	602
22.3.4. Yeniden Yapılandırılabilir İmalat	604
22.3.5. Yeniden Yapılandırılabilir İmalatın Temel Özellikleri	605
22.3.5.1. Yeniden Yapılandırılabilir Takım Tezgâhı – YYTT	606
22.3.5.2. Yeniden Yapılandırılabilir Süreç Planı	609
22.3.6. Yeniden Yapılandırma İlkeleri	609
22.3.7. Yeniden Yapılandırılabilir İmalat Sistemlerinin Tasarımı	610
22.3.8. Yeniden Yapılandırılabilir İmalat ve Genetik Algoritmalar	612
<b>Bölüm 23. Endüstri 4.0 ve Toplumsal Dönüşüm</b>	<b>615</b>
<i>Prof. Dr. Ercan ÖZTEMEL ~ Marmara Üniversitesi</i>	
23.1. Endüstriyel Devrimler ve Toplumsal Etkileri	616
23.2. Endüstri 4.0 ve Temel Bileşenleri	621
23.3. Endüstri 4.0 Dönüşüm İçin Yol Haritası	626
23.4. Özet	627
23.5. Çalışma Soruları	629
<b>Ek 1. CPC Kodları</b>	<b>630</b>
<b>Kaynakça</b>	<b>631</b>
<b>Dizin</b>	<b>669</b>



## Önsöz

Bundan tam 38 yıl önce öğrenci olarak Endüstri Mühendisliği bölümüne kayıt olduğum zaman Endüstri Mühendisliği gelecek 20 yılın en popüler üç mesleği arasında sayılırdı. Aradan geçen süre bunu hiç değiştirmede. 20 yıl önce bu soru sorulduğunda yine gelecek 20 yılın en popüler üç mesleğinden birisi olmaya devam etti. 10 yıl öncede öyle idi. Bugünde gelecek 20 yılın en popüler üç mesleği sayılsa birisi Endüstri Mühendisliği olacaktır. Birçok mesleğin artık tarih olduğu günümüzde endüstri mühendisliği bu derece canlı tutan şey aslında mesleğin kendi kendisini günün koşullarına göre sürekli güncelleyebilme kabiliyetinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle çok yönlü düşünebilme ve olayları farklı açılardan değerlendirme kabiliyetini mesleğin temel gereksinimi gören bir bilim dalı olmasındandır. Diğer yandan her türlü probleme çözüm önerisi oluşturabilme kabiliyetinin bu mühendislere kazandırılması da “çözüm bekleyen sorunlar oldukça” mesleğe talebin yüksek olmasına yol açmaktadır. Dahası endüstri mühendisleri her türlü olayı ölçebilme kabiliyetine sahiptir. Bilinen meşhur “ölçemez iseniz yönetemezsiniz” gerçeğinin bir neticesi olarak meslek yaşamını her geçen gün daha fazla bir ilgi ile sürdürmektedir.

Endüstri Mühendisliği yaşamına devam edecektir. Ancak endüstri mühendislerinin başarılı olabilmeleri gelişmeleri yakından takip etmeleri yeni çözüm yöntemlerini görmeleri, anlamaları ve kendilerinin onlar üzerine yeni özüm yöntemleri geliştirebilme kabiliyetine sahip olmalarına bağlı olacaktır. Hayat her geçen gün daha karmaşıklaşmaktadır. Ürünlerin boyutları küçülmekte ama marifetleri büyümektedir. Önceleri 15-20 ürünün gerçekleştirdiği işlevleri tek başına gerçekleştiren ürünler icat edilmektedir. 30 sene önce 1 milyon dolar ödeyerek alınacak hizmetleri artık 1000 dolar ödeyerek bir cep telefonu ile alabilen bir toplumda 20 sene öncesinin endüstri mühendisliği yaklaşımları ile devam edilemeyeceğinin çok iyi anlaşılması gerekmektedir.

Bu gerçekten hareket ile bu kitapta son zamanlarda sorunlara çözümler üretmek üzere geliştirilmiş yeni endüstri mühendisliği yaklaşımlarının endüstri mühendisi olmuş ya da olacak olanlara aktarılması hedeflenmektedir. Geleneksel endüstri mühendisliği teknikleri daha önce “Endüstri Mühendisliğine Giriş” isimli kitapta açıklanmıştı. Bu yöntemler hala işletmelerde etkin bir şekilde kullanılmaya devam etmektedir. Ancak sorunların tamamını çözmek için yeterli olmamaktadır. Yeni yaklaşımlara, yeni yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Yeni gelişmelere ışık tutacak bilgilere ihtiyaç bulunmaktadır. Bu ihtiyacı gidermek üzere bu kitap hazırlanmıştır.

Özellikle Endüstri 4.0 gibi toplumsal dönüşümlerin çok sık konuşulduğu ve yaşandığı günümüzde olayları anlama çözümler üretme, bilgisayarın hesaplama gücünden istifade ederek gerçekleştirilen veri operasyonlarına bilgiyi işleyebilme yeteneğinden farklı boyutlarda istifade edebilme doğal olarak endüstri mühendisliği biliminin de kendisini uyarlamasını zorunlu kılmaktadır. Endüstri mühendisleri bu gelişmelere kayıtsız kalamayacakları gibi aslında bu değişimin dinamosu olmak durumundadır. Günümüz endüstri mühendisleri başarılı olmak istiyorlar ise değişimi izlemekle yetinmeyip aynı zamanda değişimi peşinden sürükleyebilmenin çabası içerisinde olmaları gerekir. Bunu gerçekleştirmenin en etkin yolu ise olaylara farklı açılardan bakabilecek yöntemler geliştirebilmektir. Gelecekte günümüz mühendislerinin yapacakları birçok işleri robotlar yapacağına göre robotlarında bir mühendis gibi çalışabilecekleri yol ve yöntemleri belirlemek üzere çalışmalar yapmalarındır. Otonom sistemler geliştirme yönünde beceri kazanmalarındır. Bu ise ancak bilgiyi işleyebilecek ve günün ihtiyaçlarına çözüm üretecek yeni yaklaşımlar oluşturmak ile mümkün olabilir.

Günümüz Mühendisleri toplumsal dönüşümün tam ortasındadır. Bir taraftan geleneksel yöntemler ve otomasyon sistemleri ile yaşamlarına devam etmek diğer taraftan otonom sistemleri yavaş yavaş iş hayatının ortasına çekmek durumundadırlar Bu özellikle endüstri mühendislerine bir taraftan önemli fırsatlar sunarken diğer taraftan ayak uyduramama sıkıntısı getirmektedir. Bugün için çok önemli olan bir bilgi yarın önemsiz olabilmekte, bugün önemi olmayan bir bilgi ise yarın çok önemli olabilmektedir. Bugün yaygın olarak kullanılan bir yöntem yarın çok etkili bir yöntem olmaktan çıkabilmektedir. Bilgisayarların hayata hâkimiyeti küçük robotlar şeklinde her geçen gün artmaktadır. Endüstri Mühendisleri de bu değişim ve dönüşümün tam merkezinde olmalı ve ilgili gelişmeleri yakından takip etmeli, yaşamalı hatta değişimi kendileri tetiklemelidir. Mevcut bilgileri ile bunu gerçekleştirmeyeceklerini anlamaları gerekmektedir. Problemlere sadece analitik yöntemler ile çözüm üretmenin yeterli olmayacağı daha çok kendi sezgisel yaklaşımlarının etkili sonuçlar doğuracağı günlere doğru gidildiğinin farkında olmalıdırlar. Bugün kendi yaptıkları birçok çalışmayı gelecekte robotlara devredeceklerinin farkında olarak, bu robotların bir mühendis edası ile olaylara yaklaşacak bilgi işleme kabiliyetlerine kavuşmasına odaklanmalıdırlar. Bu bir taraftan toplumsal dönüşüm yakından destekleyeceği gibi diğer yeni problem çözme yöntemleri oluşturma yolunu açacak ve endüstri mühendisliği güncel öneminin koruyacaktır. Bugün olduğu gibi gelecekte de en önemli mesleklerden birisi olmaya devam edecektir.

Bu kitapta sunulan yaklaşımlar, yöntemler, metodolojiler bir taraftan Endüstri 3.0 toplumlarını yaşamlarını devam etmelerinde kullanılacak (kurumsal kaynak planlaması ve iş zekâsı uygulamaları gibi), diğer taraftan ise Endüstri 4.0 toplumuna geçişi destekleyecek (çok etmenli imalat gibi) niteliktedir. Hem stratejik hizalanma

gibi yönetim unsurlarına odaklanan yaklaşımlar açıklanmış hem de dinamik çizelgeleme ve meta sezgiseller gibi teknik yoğun (operasyonel) yöntemlere yer verilmiştir. Mümkün olduğunca günümüzün yaygın olarak kullanılan endüstri mühendisliği yaklaşımları ele alınmıştır. Ancak mühendislerin hayatında olan ama burada açıklanmayan daha birçok yaklaşımın olduğu da unutulmamalıdır. Kitap her ne kadar Endüstri Mühendisliği şemsiyesi altında sunulsa da diğer mühendislik bilimlerinin de çok istifade edeceği yaklaşımları içermektedir. Her mühendisin mutlaka zaman zaman bakması gereken bir eser olma niteliğindedir.

Kitabın sahip olduğu bu içerik ile çağdaş endüstri mühendisliği yaklaşımlarını takip etmekte zorlanan başta endüstri mühendisleri olmak üzere tüm mühendislik alanlarında kullanılabilecek bir rehber olacağı değerlendirilmektedir. Ancak mühendislerin şunu çok iyi bilmeleri gerekir ki bu yöntemlerde zaman içerisinde artık “eski” olacaklardır. Endüstri Mühendislerinin burada gördükleri yöntemlerin üzerine yeni yöntemler geliştirme gayretlerinin devam etmesi gerekecektir. Zaman içerisinde daha yeni yaklaşımları açıklayacak eserler de yazılacaktır.

Kitabın yazılması sırasında büyük özveriler ile destek veren başta sevgili Eşim, çocuklarım ve Dr. Semih Özel olmak üzere herkese çok teşekkür ederim. Onların desteği kitabın tamamlanması için çok gerekli idi. Yoksa bu kitabın oluşması çok zor olurdu. Diğer yandan kitap içerisinde bölüm yazarak bilgisi deneyim ve tecrübelerini okurlara aktarmak üzere gayret gösteren tüm hocalarıma, pratik hayatın içerisinde endüstri mühendisliği çalışmalarını yaşayarak deneyimlemiş dostlarıma da ayrı ayrı teşekkür ederim. Her bir bölüm kendi içerisinde bir kitap kadar bilgi içermektedir. Her bölümde Endüstri Mühendislerine katacak çok önemli yaklaşımlar anlatılmaktadır. Kalemlerine, beyinlerine sağlık olsun. Gelecek zamanlarda da böyle güzel eserlere birlikte imza atmak dileği ile kitabın Endüstri Mühendisliği başta olmak üzere mühendislik camiasına hayırlı olmasını dilerim.

Prof. Dr. Ercan Öztemel  
Ağustos 2019

## Bölüm Yazarları (Alfabetik)

<i>Adil BAYKASOĞLU, Dokuz Eylül Üniversitesi</i>	457
<i>Ahmet TEMİROĞLU, Özen Mensucat Boya Terbiye</i>	155
<i>Alptekin DURMUŞOĞLU, Gaziantep Üniversitesi</i>	355
<i>Bahar SENNAROĞLU, Marmara Üniversitesi</i>	237
<i>Beyza GÖRKEMLİ, Erciyes Üniversitesi</i>	423
<i>Derviş KARABOĞA, Erciyes Üniversitesi</i>	423
<i>Ercan ÖZTEMEL, Marmara Üniversitesi</i>	21, 617
<i>Esra TEKEZ, Sakarya Üniversitesi</i>	533
<i>Fehmi Burçin ÖZSOYDAN, Dokuz Eylül Üniversitesi</i>	457
<i>Gülfem TUZKAYA, Marmara Üniversitesi</i>	359
<i>Harun TAŞKIN, Sakarya Üniversitesi</i>	567
<i>İlknur KARACAN, Marmara Üniversitesi</i>	487
<i>İsmet KARACAN, Marmara Üniversitesi</i>	487
<i>Koray ALTUN, Bursa Teknik Üniversitesi</i>	347
<i>Mehmet Emin AYDIN, University of West England</i>	513
<i>Mehmet ÖNDER, Uyumsoft Bilişim Sis. ve Tek. Tic. A.Ş.</i>	99
<i>Mustafa Batuhan AYHAN, Marmara Üniversitesi</i>	251
<i>Özalp VAYVAY, Marmara Üniversitesi</i>	285
<i>Rahşan ÖZHAN SEZER, LCW Taha Giyim</i>	131
<i>Seher ARSLANKAYA, Sakarya Üniversitesi</i>	61
<i>Semih ÖZEL, Marmara Üniversitesi</i>	131, 303
<i>Serkan ALTUNTAŞ, Yıldız Teknik Üniversitesi</i>	379
<i>Serol BULKAN, Marmara Üniversitesi</i>	487
<i>Toros Rifat ÇÖLKESEN, Post-Edu Institute</i>	395
<i>Tülay KORKUSUZ, Sakarya Üniversitesi</i>	567
<i>Türkey DERELİ, İskenderun Teknik Üni. ve Gaziantep Üni.</i>	335, 347, 379
<i>Ufuk CEBECİ, İstanbul Teknik Üniversitesi</i>	207
<i>Umut TUZKAYA, Yıldız Teknik Üniversitesi</i>	359
<i>Yasemin Claire ERENSAL, Özyeğin Üniversitesi</i>	37
<i>Zeynep Tuğçe KALENDER, Marmara Üniversitesi</i>	285