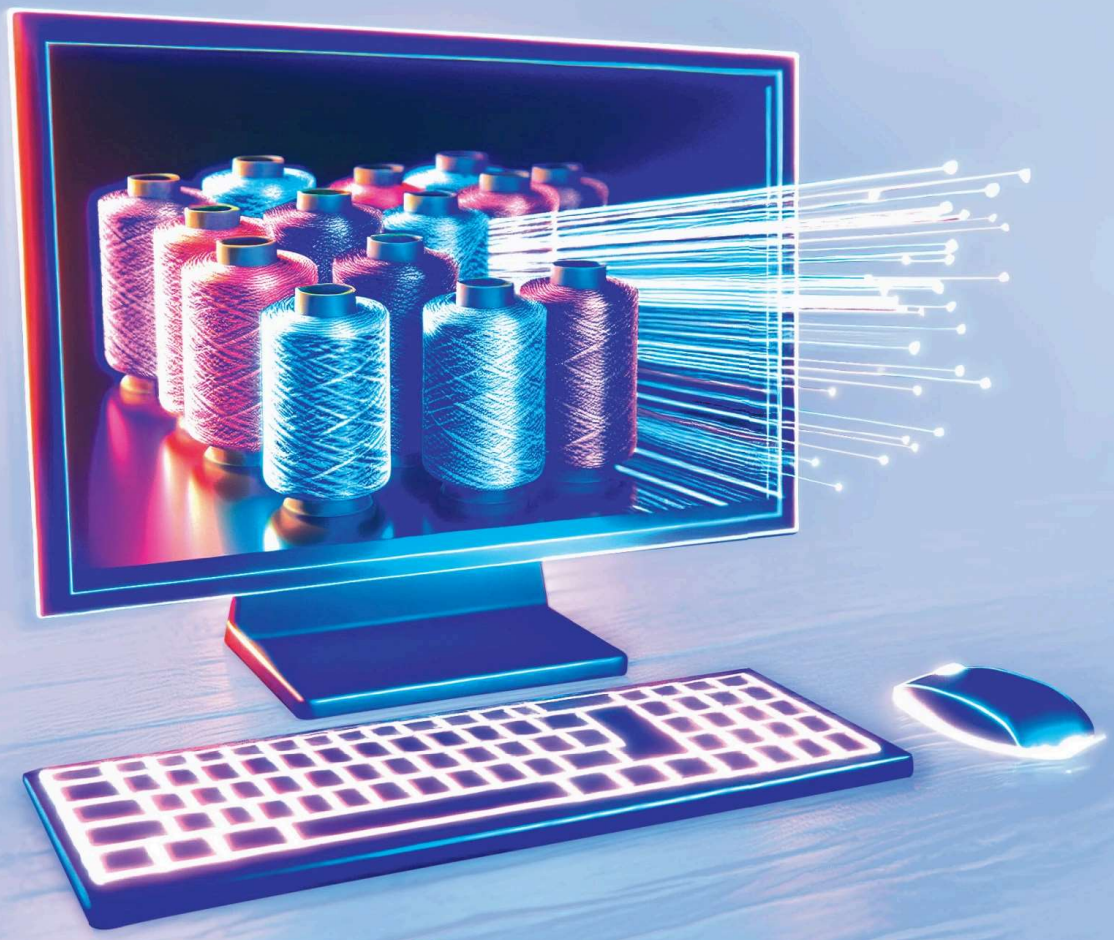
NESNELERİN İNTERNETİ ÇAĞINDA TEKSTİL ENDÜSTRİSİ

Editörler
İlhami İlhan
Ahmet Özbek



İSTANBUL TİCARET ODASI 1882

NESNELERİN İNTERNETİ ÇAĞINDA TEKSTİL ENDÜSTRİSİ

Editörler
Prof. Dr. İlhami İlhan
Doç. Dr. Ahmet Özbek

İSTANBUL TİCARET ODASI
1882

SEKTÖREL ARAŞTIRMALAR
YAYIN NO: 2025 - 2
İSTANBUL, 2025

İTO Çağrı Merkezi
444 0 486

İTO Yayın Kurulu
Mehmet Develioğlu
Münir Üstün
Prof. Dr. Nihat Alayoğlu
Erhan Çardaklı
Hasan Uluç Hacıhasanoğlu
A. Erdem Kiracı
Tolunay Dayı Yalçın

İTO yayınlarına internet sitemizden ulaşabilirsiniz.
www.ito.org.tr

Editörler
Prof. Dr. İlhami İlhan
Doç. Dr. Ahmet Özbek

Yazarlar
Prof. Dr. İlhami İlhan, Prof. Dr. Ahmet Yazıcı, Prof. Dr. Metin Özkan, Doç. Dr. Uğur Yayan, Doç. Dr. Emre Aslan, Öğr. Gör. Dr. Yasemin Yıldırım Sağlamcı, Dr. Mehmet Erdoğan Bağ, Doç. Dr. Ebru Gökalp, Prof. Dr. Ahmet Tuncay Ercan, Dr. Öğretim Üyesi Mahir Kutay, Doç. Dr. Bedri Baksan, Doç. Dr. İrfan Süral, Çağla Avcı Esendemir, Prof. Dr. Emel Kızılkaya Aydoğan, Doç. Dr. Yılmaz Delice, Dr. Öğr. Üyesi Esra Akgül, Prof. Dr. Halil İbrahim Çelik, Elif Gültekin, Dr. Öğretim Üyesi Hüseyin Yüce, Dr. Öğretim Üyesi İsmail Yoşumaz

Tashih
Hicret Kobalas

Grafik Tasarım
Tekin Öztürk

Kapak Tasarım
1,618 Agency

Baskı
Vizyon Basımevi Kağıtcılık Matbaacılık ve Yayıncılık Sanayi Ticaret Ltd. Şti.
www.vizyonbasimevi.com.tr
Sertifika No: 52098

ISBN 978-625-6722-44-6 (Basılı)
ISBN 978-625-6722-45-3 (Elektronik)

1. Baskı: Haziran 2025, İstanbul

Copyright © İTO (İstanbul Ticaret Odası)
Tüm hakları saklıdır. Bu yayının hiçbir bölümü, yazarın ve İTO'nun önceden yazılı izni olmaksızın mekanik olarak, fotokopi yoluyla veya herhangi bir şekilde çoğaltılamaz. Bu eserin bazı bölümleri veya paragrafları, sadece araştırma veya özel çalışmalar amacıyla yazarın adı ve İTO belirtilerek bilgisi dahilinde kullanılabilir.

/itokurumsal

İÇİNDEKİLER

SUNUŞ 13
ÖN SÖZ 15

1. ENDÜSTRİ 4.0 İLE TEKSTİL VE HAZIR GİYİM ÜRETİMİ 17
1.1. Endüstri 4.0'ın Tarihçesi ve Tanımı 17
1.2. Endüstri 4.0'ın Amacı, Bugünkü Durumu ve Yeni Gelişmeler 27
1.3. Endüstri 4.0'ın Yapısı ve Bileşenleri 39
1.4. Tekstil Sektöründe Endüstri 4.0 Uygulamaları 57
1.5. Hazır Giyim ve Moda Sektöründe Endüstri 4.0 Uygulamaları 64

2. TEKSTİL VE HAZIR GİYİM ENDÜSTRİSİNDE OTOMASYON (OTONOM ROBOTLAR) 81
Giriş 81
2.1. Robotik Sistemlerin Tanımı, Tarihçesi ve Otonom Robotlar 81
2.2. Otonom Robotların Yapısı, Çeşitleri ve İşlevleri 85
2.2.1. Otonom Robotlar 85
2.2.2. Otonom Robotların Bileşenleri 87
2.2.3. Otonom Robot Tipleri 91
2.2.4. Otonom Robot Yazılımları 96
2.3. Otonom Robotların Kullanım Alanları ve Akıllı Fabrikalara Etkileri 98
2.3.1. Akıllı Fabrikalarda Otonom Robotların Kullanım Alanları 98
2.3.2. Otonom Robotların Akıllı Fabrikalara Etkileri 101
2.4. Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Otonom Robot Uygulamaları 103
2.4.1. Kesme ve Dikme için Robotik Sistemler 103
2.4.2. Algılama (Sınıflandırma ve Ayırma) 106
2.4.3. Ütüleme 107
2.4.4. Tutma ve Düzenleme 108
2.4.5. Tekstil Sektöründe Robotlar 109
2.5. Otonom Robotların Tekstil ve Hazır Giyim Endüstrisine Etkileri, Bugünü ve Geleceği 110

3. TEKSTİL VE HAZIR GİYİM ENDÜSTRİSİNDE SİMÜLASYON 119
Giriş 119
3.1. Simülasyonun Tanımı ve Endüstride Kullanımının Tarihçesi 119
3.2. Simülasyonun Endüstri 4.0'daki Yeri ve Önemi 125
3.3. Endüstride Simülasyon Kullanımı ve Örnekler 133
3.4. Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Simülasyon Uygulamaları 137
3.5. Tekstil ve Hazır Giyim Sektörüne Simülasyonun Etkileri, Bugünü ve Geleceği 142

4. TEKSTİL VE HAZIR GİYİM ENDÜSTRİSİNDE SİSTEM ENTEGRASYONU 153
4.1. Sistem Entegresyonu: Tanımı, Bileşenleri ve Çeşitleri 153
4.1.1. Dikey Sistem Entegrasyonu 155
4.1.2. Yatay Sistem Entegrasyonu 158
4.1.3. Uçtan Uca Entegrasyon 159
4.2. Endüstri 4.0'da Sistem Entegrasyonu Uygulamaları 162
4.3. Sistem Entegrasyonunun Ekonomik ve Sosyal Etkileri 163
4.4. Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Sistem Entegrasyonu Uygulamaları 166
4.5. Tekstil ve Hazır Giyim Sektörüne Sistem Entegrasyonunun Etkileri, Bugünü ve Geleceği 168

5. TEKSTİL VE HAZIR GİYİM ENDÜSTRİSİNDE NESNELERİN İNTERNETİ 173
5.1. Nesnelerin İnterneti: Tanımı, Ortaya Çıkışı, Yararları ve Bileşenleri 173
5.1.1. Nesnelerin İnternetinin Yararları 175
5.1.2. Nesnelerin İnterneti İçin Gereken Şartlar ve Bileşenler 175
5.1.3. Nesnelerin İnternetinin Gelişimi 178
5.2. Nesnelerin İnterneti ve Endüstri 4.0 İlişkisi 180
5.2.1. Nesnelerin İnternetinin Endüstri 4.0'daki Önemi 182
5.3. Endüstriyel Nesnelerin İnternetinin (ENİT) Üretim Süreçleri, Ekonomi ve Sosyal Yaşam Üzerindeki Etkileri 185
5.4. Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe NİT Kullanımı ve Uygulamaları 191
5.4.1. Üretim Süreçlerinde NİT Uygulamaları 192
5.4.2. Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Üretime Destek Veren NİT Uygulama Örnekleri 193
5.5. Tekstil ve Hazır Giyim Sektörüne NİT'in Etkileri, Bugünü ve Geleceği 197
5.5.1. Tekstil ve Hazır Giyim Üretim ve Tüketim Süreçlerine NİT'in Olumlu ve Olumsuz Etkileri 202
5.5.2. NİT Teknolojisinin Günümüzdeki Seviyesi, Tekstil ve Hazır Giyim Uygulamalarına Etkileri 203

6. TEKSTİL VE HAZIR GİYİM ENDÜSTRİSİNDE EKLEMELİ İMALAT 213
6.1. Eklemeli İmalatın Tanımı, Tarihçesi ve Kullanım Amaçları 213
6.2. Eklemeli İmalat Yöntemleri ve Uygulama Alanları 215
6.2.1. VAT Fotopolimerizasyonu (Tekne Fotopolimerizasyonu) 218
6.2.1.1. Stereolitografi Aparatı (SLA) 218
6.2.1.2. Sürekli Direkt Işıkla İşleme (CDLP) 220
6.2.2. Ekstrüzyon 221
6.2.3. Toz Serme Yöntemi ile 3B Parça İmali 225
6.2.3.1. Seçici Lazer Sinterleme (Selective Laser Sintering, SLS), Doğrudan Metal Lazer Sinterleme (Direct Metal Laser Sintering, DMLS) veya Seçici Lazer Ergitme (Selective Laser Melting, SLM) 226
6.2.3.2. Elektron Işın ile Ergitme (Electron Beam Melting, EBM) 227
6.2.4. Tabaka Laminasyonu 229
6.2.5. Bağlayıcı Jeti ile Eklemeli İmalat 229
6.2.6. Malzeme Püskürtme 230
6.2.7. Yönlendirilmiş Enerji ile Biriktirme (Directed Energy Deposition) ... 232
6.3. Eklemeli İmalatın Endüstri 4.0'da Kullanılması ve Etkileri 233
6.4. Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Eklemeli İmalat Kullanımı ve Uygulamaları 236
6.5. Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Eklemeli İmalatın Etkileri, Bugünü ve Geleceği 242

7. TEKSTİL VE HAZIR GİYİM ENDÜSTRİSİNDE ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK 255
Giriş 255
7.1. Artırılmış Gerçeklik: Tanımı, Tarihçesi ve Kullanım Amaçları 256
7.2. Artırılmış Gerçekliğin Uygulama Alanları 263
7.3. Artırılmış Gerçekliğin Endüstri 4.0'da Kullanılması ve Etkileri 267
7.4. Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Artırılmış Gerçeklik Kullanımı ve Uygulamaları 272
7.5. Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Artırılmış Gerçekliğin Etkileri, Bugünü ve Geleceği 275

8. TEKSTİL VE HAZIR GİYİM ENDÜSTRİSİNDE BÜYÜK VERİ 283
Giriş 283
8.1. Büyük Veri: Tanımı, Tarihçesi ve Kullanım Alanları 284
8.2. Büyük Verinin Uygulama Alanları ve Ekonomideki Yeri 293
8.3. Büyük Verinin Endüstri 4.0'da Kullanılması ve Etkileri 308
8.4. Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Büyük Verinin Kullanımı ve Uygulamaları 312
8.5. Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Büyük Verinin Etkileri, Bugünü ve Geleceği 318

9. TEKSTİL VE HAZIR GİYİM ENDÜSTRİSİNDE YAPAY ZEKÂ 333
9.1. Yapay Zekâ: Tanımı, Tarihçesi ve Kullanım Amaçları 333
9.2. Yapay Zekânın Yapısı ve Uygulama Alanları 339
9.3. Yapay Zekânın Endüstri 4.0'da Kullanılması ve Etkileri 343
9.4. Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Yapay Zekâ Kullanımı ve Uygulamaları 347
9.4.1. Yapay Zekânın Elyaf ve İplik Üretiminde Uygulanması 351
9.4.2. Yapay Zekânın Kumaş Üretiminde Uygulanması 353
9.4.3. Yapay Zekânın Renk Çözümlerine Uygulanması 355
9.4.4. Yapay Zekânın Kumaş Hatalarının Tespitinde Uygulanması 357
9.4.5. Yapay Zekânın Giysi İmalatında Uygulanması 365
9.4.6. Bilgisayar Destekli Tasarım Sistemleri 366
9.4.7. Üretim Planlama ve Kalite Kontrol 369
9.4.8. Bitmiş Giyside Kalite Kontrol 370
9.4.9. Yapay Zekânın Tedarik Zincirinde Uygulanması 371
9.4.10. Yapay Zekânın Perakendecilikte Uygulaması 373
9.5. Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Yapay Zekânın Etkileri, Bugünü ve Geleceği 375

10. TEKSTİL VE HAZIR GİYİM ENDÜSTRİSİNDE SİBER FİZİKSEL SİSTEMLER 385
Giriş 385
10.1. Siber Fiziksel Sistemlerin Tanımı, Tarihçesi ve Kullanım Amaçları 387
10.2. Siber Fiziksel Sistemlerin Yapısı ve Uygulama Alanları 389
10.3. Siber Fiziksel Sistemlerin Endüstri 4.0'da Kullanılması ve Siber Güvenlik 395
10.4. Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Siber Fiziksel Sistemlerin Kullanımı ve Uygulamaları 403
10.5. Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Siber Fiziksel Sistemlerin Bugünü ve Geleceği 406
Sonuç 407

11. TEKSTİL VE HAZIR GİYİM ENDÜSTRİSİNDE AKILLI FABRİKALAR 417
Giriş 417
11.1. Akıllı Fabrikanın Tanımı, Tarihçesi ve Kullanım Amaçları 418
11.1.1. Akıllı Fabrikalara Duyulan İhtiyacın Sebepleri 422
11.2. Akıllı Fabrikaların Yapısı ve Uygulama Alanları 423
11.2.1. Akıllı Fabrikanın Mimarisi 423
11.2.2. Akıllı Fabrikaların Özellikleri 431
11.2.3. Akıllı Fabrikaların Standartlaştırması 432

11.3. Akıllı Fabrikalar ve Endüstri 4.0 432
11.3.1. Akıllı Üretim 435
11.3.2. Akıllı Fabrikaların Sosyal Yaşam Üzerindeki Etkileri 440
11.4. Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Akıllı Fabrikalar 443
11.4.1. Tekstil Sektöründe Akıllı Fabrikalar 443
11.4.2. Hazır Giyim Sektöründe Akıllı Fabrikalar 447
11.5. Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Akıllı Fabrikaların Etkileri, Bugünü ve Geleceği 457
11.5.1. Akıllı Fabrikaların Sektörde Uygulanmasının Önündeki Engeller 459
11.5.2. Akıllı Fabrikaların Avantajları 461
11.5.3. Akıllı Fabrikaların Geleceği Üzerine Tahminler 463
Sonuç 465

12. ENDÜSTRİ 4.0 ÇERÇEVESİNDE TEKSTİL VE HAZIR GİYİM ENDÜSTRİSİNİN GELECEĞİ 475
Giriş 475
12.1. Endüstri 4.0 Sürecinin Sosyal Yaşam, Kültür ve Ekonomi Üzerindeki Etkileri 477
12.1.1 Sanayi Üzerindeki Etkileri 478
12.1.2. İstihdam Üzerindeki Etkileri 481
12.1.3. Toplumsal Yaşam Üzerindeki Etkileri 484
12.2. Endüstri 4.0 Sürecinin Tekstil ve Hazır Giyim Üretim Süreçleri Üzerindeki Etkileri 487
12.2.1. Üretim Süreci, Makina, Teknoloji ve Ekipmanlar ile İlgili Gelişmeler 488
12.2.2. Tedarik Zinciri, Yönetim, Pazarlama, Finans, Satış ve Lojistik Süreçleriyle İlgili Gelişmeler 494
12.2.3. Tekstil ve Hazır Giyimde İnovasyon ve Dijital Dönüşüm 498
12.3. Endüstri 4.0 Sürecinin Sürdürülebilirlik Açısından Değerlendirilmesi .. 499
12.3.1. Tekstil ve Hazır Giyim Sektörlerinde Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilirlik İlişkisi 503
12.4. Endüstri 4.0 Kapsamında Dünyada ve Türkiye'deki Gelişmeler 504
12.5. Türkiye'nin Endüstri 4.0 Süreci Açısından Durum Değerlendirmesi 511
12.5.1. Endüstri 4.0 Sürecine Geçişte Karşılaşılabilecek Zorluklar ve Gereklilikler 513
12.5.2. Sonuç ve Öneriler 516

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1. Endüstrinin Zamana Bağlı Olarak Gelişim Evreleri....21
Şekil 1.2. Endüstri 4.0 – Toplum 5.0 Gelişim Süreçleri Arasındaki İlişki....27
Şekil 1.3. Türkiye ve Dünya Ölçeğinde Endüstri 4.0 Konulu Google Arama Eğilimleri....35
Şekil 1.4. Endüstri 4.0 Üretim Sürecinin Genel Yapısı....41
Şekil 1.5. AR, VR ve MR'nin Fiziksel ve Sanal Dünya Ortamında Konumlanması...44
Şekil 1.6. Hazır Giyim ve Moda Endüstrisinde Dijital Dönüşüm....68
Şekil 2.1. Robot Paradigmaları: (a) Hiyerarşik, (b) Tepkisel (Reaktif), (c) Melez....87
Şekil 2.2. Robot Donanım Bileşenlerinin Gösterimi: (a) Tekerlekli Mobil Robot, (b) Ayaklı Mobil Robot, (c) Robot Kolu....89
Şekil 2.3. Sabit Tabanlı Robot Çeşitleri....93
Şekil 2.4. İş Birlikçi Robot (© Onrobot)....94
Şekil 2.5. Otonom Mobil Robotlar: (a) Otonom Mobil Robot (© OMRON), (b) Otonom Mobil Robot Manipulatör (© NEURA Robotics GmbH)....95
Şekil 2.6. Genel Robot Benzetim Araçları: (a) Gazebo, (b) NVIDIA Isaac Sim, (c) Webots....97
Şekil 2.7. INOTA Otonom Mobil Robot....99
Şekil 2.8. "Gerber Cutter" Adlı Bir Kumaş Kesme Robotu....104
Şekil 2.9. Sewbo Dikiş Robotu....105
Şekil 2.10. Robotik Görü....107
Şekil 2.11. Ütüleme Robotu....107
Şekil 2.12. Robotik Tutma....108
Şekil 2.13. Taşıma ve Yerleştirme Robotu....110
Şekil 3.1. Simülasyon Modelleme Süreci....120
Şekil 3.2. Simülasyon Modelleme Süreci....122
Şekil 3.3. Dijital İkiz-Simülasyon Teknolojisindeki Yeni Dalga....125
Şekil 3.4. Dijital İkiz Gemi Örneği....127
Şekil 3.5. Dijital İkiz Kullanımında İş Akışı....127
Şekil 3.6. Dijital İkiz Kavramsal Modeli....128
Şekil 3.7. Dijital İkiz Geri Besleme Döngüsü....129
Şekil 3.8. Siber Fiziksel Sistemler ve Simülasyon....131
Şekil 3.9. Dikey ve Yatay Entegrasyon....132
Şekil 3.10. Bilgisayar Destekli Sanal Tasarım....133
Şekil 3.11. Tasarımda Simülasyon Kullanımı....134
Şekil 3.12. Uçak Simülatörü....135
Şekil 3.13. Sağlık Eğitimi Alanında Simülasyon Kullanımı....135
Şekil 3.14. Sanal Kimya Laboratuvarı....136
Şekil 3.15. Portsim-Liman Operasyon ve Maliyet Simülasyonu....136

Şekil 3.16. Sanal Ortamda Kumaş Simülasyonu Örnekleri 139
Şekil 3.17. Soldan Sağa, Daha Fazla Yüzme Uzunluğuna Sahip Dokuma Örgüleri: Bezayağı, Dimi ve Saten 140
Şekil 3.18. Gerçek Ürün Görseli (Sol), Optitex Yazılımı (Orta) ve Marvelous Yazılımı (Sağ) 140
Şekil 3.19. Örgü İşleminin Simülasyonu 145
Şekil 3.20. Üç Boyutlu Modellerle Sanal Moda Defilesi 146
Şekil 3.21. Metaverse Evreninde Moda Defilesi 147
Şekil 4.1. Dikey Sistem Entegrasyonu 156
Şekil 4.2. Dikey Sistem Entegrasyonu Örneği 157
Şekil 4.3. Yatay Sistem Entegrasyonu 158
Şekil 4.4. Yatay Sistem Entegrasyonu Örneği 159
Şekil 4.5. Uçtan Uca Sistem Entegrasyonu 160
Şekil 4.6. Uçtan Uca Sistem Entegrasyonu Örneği 161
Şekil 5.1. Nesnelerin İnternetinin Evrimi 174
Şekil 5.2. Nesnelerin İnternetinin Bileşenleri 176
Şekil 5.3. NİT'in Önemli Bileşenleri Arasındaki Etkileşim 177
Şekil 5.4. ENİT Bileşenleri Arasındaki Etkileşim 181
Şekil 5.5. NİT, SFS, ENİT ve Endüstri 4.0 İlişkisi 183
Şekil 5.6. ENİT Sisteminin Mimarisi 184
Şekil 5.7. E-Tekstil Sistem Bileşenleri 188
Şekil 5.8. Jacquard Projesi Tekstil Ürünü 196
Şekil 5.9. Superflex Güçlendirilmiş Kıyafetler 197
Şekil 5.10. Dijital Baskı Teknolojisi 199
Şekil 6.1. Onggi Eklemeli İmalat Tekniği ile Kap Yapımı 214
Şekil 6.2. Eklemeli Üretim Sürecinin Genel İş Akışı 216
Şekil 6.3. Eklemeli Üretim Süreçlerinin Sınıflandırılması 217
Şekil 6.4. SLA 3B Yazıcı 220
Şekil 6.5. CDLP ve SLA Tekniği ile 3B Yazım Prosesi 221
Şekil 6.6. FFF Yöntemi 223
Şekil 6.7. Toz Serme Yöntemi ile Eklemeli İmalat Şematik Görünümü 226
Şekil 6.8. DMLS ve SLM Yöntemlerinin Çalışma Prensipleri 227
Şekil 6.9. EBM Yöntemi ile 3B Baskının Şematik Görünümü 228
Şekil 6.10. Tabaka Laminasyonu ile 3B Parça Üretimi 229
Şekil 6.11. Bağlayıcı Jeti ile 3B Baskının Şematik Görünümü 230
Şekil 6.12. Malzeme Püskürtme Tekniği ile 3B Baskı Yöntemi 232
Şekil 6.13. Yönlendirilmiş Enerji ile 3B Baskı Yönteminin Şematik Gösterimi 233
Şekil 6.14. Araştırma Şirketlerine Göre Dünyadaki Eklemeli İmalat Pazarının Mevcut ve Gelecekteki Tahmini Durumu 234
Şekil 6.15. Geleneksel (solda) ve Eklemeli Üretim (sağda) Yöntemlerinin Karşılaştırılması 236
Şekil 6.16. 3B Baskının Farklı Endüstrilerdeki Durumu ve Kullanımı 239

Şekil 6.17. 3B Tarama ile Sanal Vücut Modeli Eldesi; (1) İnsan Vücudunu Tarama, (2) Farklı Açılardan Taranmış Kesit Görünümleri, (3) Dijital 3B Vücut Modeli 240
Şekil 6.18. Eklemeli İmalat ile Üretilmiş Çeşitli Giysi Örnekleri 240
Şekil 6.19. Doğrudan Basılmış 3B Baskı Kumaş (solda), Kumaş Üzerine 3B Baskı (ortada) ve Giysi Üzerine 3B Baskı Uygulama Örneği (sağda) 241
Şekil 6.20. NASA'nın 4B Teknolojisi ile Ürettiği Uzay Kumaşı (Space Fabric) 242
Şekil 6.21. TamiCare Firmasının Geliştirdiği Eklemeli Tekstil Üretim Teknolojisi 246
Şekil 7.1. "Sanallık Sürekliliğinin" Basitleştirilmiş Gösterimi 257
Şekil 7.2. Demokles'in Kılıcı, Dünyanın İlk Kafa Monteli Ekranı 258
Şekil 7.3. Google Glass Gözlüğü 260
Şekil 7.4. Microsoft Hololens Gözlüğü 261
Şekil 7.5. AR Uygulaması "Konstruct" 263
Şekil 7.6. Artırılmış Gerçeklik Uygulama Geliştirme Süreci 264
Şekil 7.7. Dinosaur 4D+ Uygulaması 266
Şekil 7.8. Endüstri 4.0'da Kullanılan Teknolojiler 267
Şekil 7.9. Montaj Hattında AR Kullanımı 268
Şekil 7.10. Örnek Bir Artırılmış Gerçeklik Materyali. 269
Şekil 7.11. Bakım Onarım İşlemlerinde Artırılmış Gerçeklik Kullanımı 270
Şekil 7.12. Müşteri Deneyiminde Artırılmış Gerçeklik Kullanımı 271
Şekil 7.13. FXGear Firmasının Sanal Giydirme Uygulaması 273
Şekil 7.14. Kumaş Tabanlı Eldiven Prototipi 276
Şekil 7.15. deKryptic Artırılmış Sanat: Artırılmış Gerçeklik Uygulaması 277
Şekil 7.16. Polo Pony Artırılmış Gerçeklik Uygulaması 277
Şekil 8.1. Veri Oluşumundaki Üstel Büyüme 285
Şekil 8.2. Büyük Veri Kategorileri 286
Şekil 8.3. İlişkisel Veri Tabanına Ait Şema 286
Şekil 8.4. Veriye Dayalı Endüstriler İçin Büyük Veri Analitiği Sınıflandırma Şeması 290
Şekil 8.5. Büyük Veri Analitiğinin İşleyişi 292
Şekil 8.6. Veri Analizi Aşamaları 292
Şekil 8.7. Büyük Veri Analitiği 295
Şekil 8.8. Büyük Veri Uygulama Süreci 298
Şekil 8.9. Veri Ön İşleme Aşamaları 301
Şekil 9.1. Yapay Zekânın Gelecekteki Evrimi. 336
Şekil 9.2. Yapay Zekânın Endüstri 4.0 Uygulama Alanları. 337
Şekil 9.3. Yapay Zekânın Kapsamları 341
Şekil 9.4. Yapay Zekânın Alt Dalları. 341
Şekil 9.5. Derin Öğrenme ve Yapay Sinir Ağı Arasındaki Fark 343
Şekil 9.6. Endüstriyel Yapay Zekâ Ekosistemi 344
Şekil 9.7. Yapay Zekânın Tarihsel Süreci 345

Şekil 9.8. Yapay Zekânın Tekstil Hazır Giyim Sektöründe Uygulamaları 349
Şekil 9.9. Dior Eyes Sanal Gerçeklik Başlığı 350
Şekil 9.10. ZARA “Shop The Look” AG Projesi. 350
Şekil 9.11. Akademik Çalışmalara Göre Oluşturulan Akıllı Moda Kategorileri Şeması. 351
Şekil 9.12. Abraj Hatasının Belirlenmesi; (a) İplik Bobini, (b) Örme Kumaş 353
Şekil 9.13. Renk Baskılı Kumaş Görüntüsü (sol) ve Renk Ayrımı Yapılmış Hâli (sağ) 357
Şekil 9.14. Endüstriyel Kumaş Hata Denetim Sistemi 358
Şekil 9.15. Gerçek Zamanlı Kumaş Hata Denetim Sistemi 359
Şekil 9.16. Kumaş Hata Denetimi; (a) Çözgü Kaçığı, (c) Atkı Kaçığı, (e) Delik Hatası, (g) Yağ Lekesi, (i) Düğüm Hatası. İlgili Hataların Segmentasyon (bölütleme) Görüntüleri Sırasıyla (b),(d),(f),(h) ve (j) 360
Şekil 9.17. Çeşitli Dokuma Kumaş Hata Sonuçları 361
Şekil 9.18. WiseEye Kumaş Hata Denetim Sistemi 362
Şekil 9.19. LINTSENSE – Akıllı Kumaş Kalite Belirleme Sistemi 363
Şekil 9.20. Tekstil Endüstrisi İçin Advantech Hata Denetim Sistemi 364
Şekil 9.21. Gerçek Zamanlı Kumaş Kalite Kontrol Sistemi 364
Şekil 9.22. Smartex-V1-Yuvarlak Örgü Makinası Hata Denetim Sistemi 365
Şekil 9.23. Genetik Algoritma (IGA) Tabanlı Bir Moda Tasarım Destek Sistemi Arayüzü 367
Şekil 9.24. Dikiş Büzüşmesi Sınıflandırma Sisteminin Blok Diyagramı 371
Şekil 9.25. DHL Tarafından Kullanılan Drone Ürün Teslim Aracı 373
Şekil 9.26. Sanal Aynaların Perakendecilikte Kullanımı 374
Şekil 10.1. Siber Fiziksel Sistemlerde Fiziksel Dünya ile Sanal (Dijital) Dünyanın Entegrasyonu. 386
Şekil 10.2. Bir Siber Fiziksel Sistemin Mimarisi 390
Şekil 10.3. Siber Fiziksel Sistemin Bileşenleri 394
Şekil 10.4. Siber Fiziksel Sistemin Bileşenleri. 397
Şekil 10.5. 2022’de Dünya Çapındaki Endüstrilerde Siber Saldırıların Dağılımı 401
Şekil 11.1. Endüstri 4.0 Sürecinde Akıllı Fabrikanın Yapısı 425
Şekil 11.2. Akıllı Fabrikanın Bileşenleri 425
Şekil 11.3. Geleneksel Doğrusal Tedarik Zincirinden Dijital Tedarik Ağına Dönüşüm 429
Şekil 11.4. Hazır Giyimde Endüstri 4.0 Çözümleri Kapsamında Akıllı Fabrikalar 449
Şekil 12.1. Endüstri 4.0 ve Sayısallaştırılmış Üretim 483
Şekil 12.2. RFID Etiketi (Solda) ve NFC Etiketi (Sağda) 490
Şekil 12.3. Smartex AI 491
Şekil 12.4. Delta Wasp 3 MT Industrial 4.0 3-D Printer 493
Şekil 12.5. 4-D Baskı Örneği 494
Şekil 12.6. Blockchain Temsili Yapısı 495
Şekil 12.7. Sürdürülebilirliğin Üç Temel Bileşeni 500

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1. Küresel Ölçekte Akıllı Endüstriyel Üretime Yönelik 3 Farklı Yaklaşım 34
Tablo 1.2. Ülkelerin Dijital Dönüşüm Rekabet Gücü Sıralamaları 38
Tablo 1.3. Bazı Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Getirdiği Temel Yetenekler ve Bunların Tedarik Zinciri Üzerindeki Etkileri 53
Tablo 1.4. Akıllı Üretim ile Geleneksel Üretimin Karşılaştırılması 54
Tablo 2.1. Simülasyonun Avantajları ve Dezavantajları 121
Tablo 3.1. Sistem Entegrasyonun Olumlu Etkileri 164
Tablo 3.2. Sistem Entegrasyonun Zorlukları 165
Tablo 4.1. JSON, XML Örneği 287
Tablo 4.2. Veri Madenciliği Modelleri 294
Tablo 4.3. Analitik Araçlar 296
Tablo 5.1. Yapay Zekânın Avantaj ve Dezavantajları. 334
Tablo 6.1. Klasik Fabrikalar ve Akıllı Fabrikaların Karşılaştırılması 421
Tablo 6.2. Hazır Giyimde Akıllı Fabrika Kapsamında Kullanılabilecek Günümüz Teknolojileri, Etkileri ve Endüstri 4.0 Kapsamında Entegrasyon Seviyeleri. 451
Tablo 7.1. Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Sürdürülebilirliğe Sunduğu Katkılar 502

SUNUŞ

Tekstil endüstrisi, tarih boyunca insan yaşamının merkezinde yer almış, teknolojik ilerlemelerin öncüsü sayılan ve bu gelişmelere paralel olarak sürekli dönüşüm geçirmiş bir alandır. Buhar gücüyle çalışan makinalardan dijital baskıya, sürdürülebilir ipliklerden akıllı tekstillere uzanan bu değişim, fabrikalaşmanın başladığı 1. Sanayi Devrimi'nden günümüze kadar süregelen bir inovasyon hikâyesidir. Tekstil endüstrisinin başlangıcından, dijital dönüşümün üretim süreçlerini kökten değiştirdiği günümüze kadar her dönemde tekstil sektörü yenilik ve dönüşümün merkezinde yer almıştır. Günümüzde ise "Nesnelerin İnterneti" (IoT) teknolojisi ile birlikte 2011 yılında kavramsallaşarak gündeme gelen "Endüstri 4.0", sektörü bir kez daha köklü bir dönüşümle yüz yüze bırakmıştır.

Endüstri 4.0, fiziksel ve dijital dünyaların birleşimini sağlayarak akıllı fabrikaların ve entegre üretim sistemlerinin önünü açmıştır. Bu dönüşüm, nesnelerin internetinin sağladığı olanaklarla daha da güçlenmiş sadece üretim süreçlerini değil tedarik zincirinden nihaî tüketici deneyimine kadar uzanan geniş bir yelpazeyi kapsar hâle gelmiştir. Artık makinalar yalnızca üretim yapmakla kalmıyor; birbirleriyle iletişim kurarak üretim süreçlerini optimize ediyor, verimliliği artırıyor ve kaynak kullanımını daha sürdürülebilir hâle getiriyor. Bu dönüşüm, akıllı üretim sistemlerinden kişiselleştirilmiş giysilere, tedarik zinciri optimizasyonundan enerji verimliliğine kadar geniş bir yelpazede yeni fırsatlar oluşturmaktadır. Bu yenilikler, tekstil endüstrisinin sınırlarını yeniden çizerken aynı zamanda küresel rekabetin hızla arttığı bir dönemde sektöre büyük bir avantaj sağlamaktadır.

Bu kitap, "Nesnelerin İnterneti Çağında" endüstri 4.0 ve IoT teknolojilerini tanımak ve tekstil sektörü üzerindeki etkilerini anlamak, bu etkilerin sunduğu fırsatları keşfetmek isteyenler için kapsamlı bir rehber sunuyor. Endüstri 4.0 teknolojilerinden akıllı üretim sistemlerine, kişiselleştirilmiş tekstillerden çevresel sürdürülebilirliğe kadar geniş bir bakış açısıyla sektörün bugünü ve yarınına ışık tutuyor.

Nesnelerin interneti çağında endüstri 4.0'ın gücünü benimseyerek daha yenilikçi, daha verimli ve daha sürdürülebilir bir tekstil endüstrisi geleceğini inşa etmek dileğiyle...

İSTANBUL TİCARET ODASI

ÖN SÖZ

İnsanlığın uzun uygarlaşma mücadelesinin ardından özellikle son 200 yıl içinde bilim ve teknoloji günümüzdeki seviyesine hızla gelmiştir. Bunun için oldukça büyük bedeller de ödenmiştir. Ancak insanlığın elde ettiği bu bilimsel ve teknolojik birikim ile ekonomik güç ve refahın dünya ülkeleri veya toplumları arasında eşit dağılmadığı görülmektedir. Bu bağlamda Türkiye, bilim ve teknolojinin kaldıraç etkisinden yeterince yararlanamamış ve refah toplumu hâline gelme yolunda orta gelir tuzağını henüz aşamamıştır. Bilimsel, teknolojik ve kültürel gelişmişliğin bir toplumun ekonomik gelişmişliği üzerindeki etkisi ise yadsınamaz bir gerçektir. 18. yüzyılda Avrupa'da başlayan endüstrileşme süreci günümüze kadar evrimleşerek ilerlemiş ve bugün küresel ölçekte yeni bir aşamaya gelmiş bulunmaktadır. Bu yeni aşama genel olarak Endüstri 4.0 olarak anılmakta olup bir sonraki aşama olarak Toplum 5.0 gündeme gelmektedir. Türkiye, endüstrileşmenin daha önceki dönüşüm evrelerini yakalayamadığı için günümüzün gelişmiş ülkeleri arasına girememiştir. Endüstri 4.0 evresini yakalayamayan ülkeler ile bu evreye uyum sağlayan ülkeler arasındaki farkın bir daha kapanamayacak ölçüde açılacağı öngörülmektedir. Çünkü sözü edilen Endüstri 4.0 ve Toplum 5.0 süreçleri; bilimsel, teknolojik, ekonomik ve kültürel birikime dayalı hem bireysel hem de kurumsal anlamda karmaşık yetkinlikler gerektirmektedir. İlaveten bu yüksek yetkinliklerin edinilmesi ve telafi edilmesi çok uzun zaman gerektirmektedir. Dolayısıyla Türkiye, endüstrileşme sürecinin bu yeni evresini kaçırmamalıdır. Ayrıca bunu başaracak birikime de sahip olduğu düşünülmektedir.

Tekstil ve hazır-giyim endüstrisi Türkiye'nin teknolojik altyapı, kapasite, bilgi birikimi, deneyim ve küresel ölçekte pazar payına sahip net gelir sağlayan en büyük sektörlerinden biridir. Bu kitap, yukarıda sözü edilen Endüstri 4.0 sürecini tekstil ve hazır giyim endüstrisi odaklı olarak irdelemek, sektör, akademi ve toplum katmanlarının gündemine getirmek, farkındalık oluşturmak ve okuyucuya temel düzeyde bilgi vermek amacıyla yazılmıştır. Hızlı gelişen dinamik Endüstri 4.0 sürecini anlatan bir kitap yazmanın zorluğuna karşın bu girişimimizin Türkiye'nin bilimsel, teknolojik, ekonomik ve kültürel gelişimine sağlayacağı katkılar bizleri mutlu edecektir.

Prof. Dr. İlhami İLHAN

Doç. Dr. Ahmet ÖZBEK

1. BÖLÜM
ENDÜSTRİ 4.0 İLE TEKSTİL VE HAZIR GİYİM ÜRETİMİ

Prof. Dr. İlhami İLHAN

1.1. Endüstri 4.0'ın Tarihçesi ve Tanımı

Mevcut verilere göre insanlar, yiyecek olarak tükettikleri hayvanları kesmek ve derilerini kazımak için yaklaşık 2,5 milyon yıl önce aletler tasarlamışlar ve kullanmışlar, yaklaşık 1,8 milyon yıl önce de ateşi kullanmış ve yönetmeyi başarmışlardır. Bu teknolojik özellikler, insanların içinde yaşadıkları ekosistemler ve çevresel kaynakların yüksek belirsizliğini önemli ölçüde denetim altına almalarını ve doğayla etkileşime girmelerini sağlamıştır [1]. Bilimsel çalışmalar, insanların düzenli olarak giysi kullanmaya başladığı tarihin en az 83.000 ve muhtemelen 170.000 yıl öncesine kadar uzandığını göstermiştir [2]. Yaklaşık 12.000 yıl önceki son Buzul Çağı'nın sonuna kadar geçen dönem Paleolitik Çağ olarak sınıflandırılmaktadır. Bu çağın kendine özgü niteliği, insanların avcılık-toplayıcılık yoluyla yiyecek aramalarıdır. Paleolitik dönemde insanlar; Afrika, Asya, Avrupa ve Avustralya kıtalarına yayılırken avcı ve toplayıcı insan dalgaları, çok önceleri değilse bile en azından 12.000 yıl öncesine kadar Amerika kıtasına ulaşmışlar ve kıtanın en Güney ucuna kadar yayılmışlardır. Paleolitik toplumun olağanüstü dayanma gücü ve var olma biçimi, insanların birbiriyle ilişkili bir teknolojiler ve uygulamalar grubunda ve alet yapımında ustalaşmasına dayanmıştır. Bu dönemde, bilim sayılabilecek bazı kanıtlara rastlanmış olsa da alet yapımında ve kullanılan teknolojilerin geliştirilmesinde kullanılan bilgilerin bir doğa olayının soyut olarak anlaşılmasına dayanan kuramsal ve bilimsel bilgilere dayanmadığı, insanların kendi uygulama becerilerine dayandığını söylemek uygundur. Paleolitik dönemde insanların ateşi kullandığı, kesici ve delici taş aletlerle birlikte mızrak yaptığı ve kullandığı, hayvan derilerini giyim amacı ile kullandığı, dikiş iğnesini bulduğu ve deri parçalarını birleştirmek amacıyla kullandığı bilinmektedir. Yaklaşık 12.000 yıl önce Paleolitik Çağ sona ererken

NESNELERİN İNTERNETİ ÇAĞINDA TEKSTİL ENDÜSTRİSİ

Nesnelerin İnterneti çağında dijital dönüşüm rüzgârının en güçlü estiği sektörlerden biri tekstil endüstrisidir. Üretim süreçlerinde otomasyondan akıllı tekstillere, tedarik zincirlerinden sürdürülebilirliğe kadar her alanda çığır açan yeni gelişmeler, sektöre yepyeni bir perspektif kazandırmaktadır. Endüstri 4.0 olarak kavramsallaşan bu yeni perspektif geleneksel üretim modellerini geride bırakarak daha akıllı, verimli ve sürdürülebilir bir endüstrinin kapısını aralamaktadır.

Bu kitap, tekstil endüstrisinin dijital dönüşüm ve Endüstri 4.0 sürecine kapsamlı bir bakış sunmaktadır. Kitapta; Endüstri 4.0 teknolojileri, bu teknolojilerin tekstil ve hazır-giyim sektöründeki uygulamaları, akıllı fabrikalar, nesnelerin interneti destekli makinalar ve otomasyon, sistem entegrasyonu, kişiselleştirilmiş üretim gibi güncel konular Endüstri 4.0 perspektifinden detaylı bir şekilde incelenmiştir. Aynı zamanda bu dönüşümün sürdürülebilirlik ve inovasyon açısından endüstriyel ve toplumsal etkileri de ele alınmıştır.

Endüstri profesyonelleri, akademisyenler, öğrenciler ve teknoloji meraklıları için bir rehber niteliği taşıyan bu kitap hem mevcut gelişmeleri anlamak hem de geleceğin tekstil dünyasına hazırlanmak isteyenler için eşsiz bir kaynak sunuyor. *Nesnelerin İnterneti Çağında Tekstil Endüstrisi,* sadece bir teknoloji yolculuğu değil aynı zamanda dijital dönüşüm ve Endüstri 4.0'ın tekstil ve hazır-giyim sektöründe nasıl bir devrim oluşturduğunu anlamak için bir davet demektir. Sadece bugünün değil geleceğin tekstil dünyasına da ışık tutan bu kitap ile Nesnelerin İnterneti'nin tekstil endüstrisini nasıl dönüştürmekte olduğunu keşfedeceksiniz.

Kitap İstanbul
İSTANBUL TİCARET ODASI

Elektronik ISBN 978-625-6722-45-3
ISBN 978-625-6722-44-6
9 786256 722446