

**T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ VE PAZARLAMA BİLİM DALI**

**İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN PERFORMANS
DEĞERLENDİRMESİ: KEMIRA M YÖNTEMİ
KULLANILARAK OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE ROBOT
TEKNOLOJİSİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cafiye ARSLANER

KOCAELİ 2025

**T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ VE PAZARLAMA BİLİM DALI**

**İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN PERFORMANS
DEĞERLENDİRMESİ: KEMIRA M YÖNTEMİ
KULLANILARAK OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE ROBOT
TEKNOLOJİSİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cafiye ARSLANER

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Serdar YARLIKAŞ

Tezin Kabul Edildiği Enstitü Yönetim Kurulu Karar ve No: 24.01.2025-4

KOCAELİ 2025

**T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ VE PAZARLAMA BİLİM DALI**

**İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN PERFORMANS
DEĞERLENDİRMESİ: KEMIRA M YÖNTEMİ
KULLANILARAK OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE ROBOT
TEKNOLOJİSİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tezi Hazırlayan: Cafiye ARSLANER

Tezin Kabul Edildiği Enstitü Yönetim Kurulu Karar ve No: 24.01.2025-4

Jüri Başkanı: Doç. Dr. Ejder AYÇİN

Jüri Üyesi: Doç. Dr. Sema Kayapınar KAYA

Jüri Üyesi: Dr. Öğr. Üyesi Serdar YARLIKAŞ

KOCAELİ 2025

ÖNSÖZ

Bu tez, ileri üretim teknolojileri ve performans değerlendirme yöntemleri üzerine yapılan akademik çalışmalara katkı sağlamak amacıyla hazırlanmıştır. Günümüzün hızla değişen sanayi ortamında, ileri üretim teknolojilerinin etkili bir şekilde kullanımı ve performans ölçüm süreçleri, işletmelerin rekabet avantajı elde etmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışma, bu alandaki literatüre katkı sunmayı hedeflemektedir.

Bu süreçte, bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren, değerli katkılarını esirgemeyen ve akademik gelişimime büyük destek sağlayan Dr. Öğr. Üyesi Serdar YARLIKAŞ'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Kendisinin rehberliği ve yönlendirmeleri, çalışmamın şekillenmesinde büyük rol oynamıştır.

Ayrıca, bu süreçte bana her zaman destek olan sevgili eşime sonsuz teşekkür ediyorum. Onun sabrı, anlayışı ve manevi desteği, bu çalışmayı tamamlamamda en büyük güç kaynaklarımdan biri olmuştur. Aynı şekilde, sevgili oğluma da varlığıyla bana mutluluk ve motivasyon sağladığı için teşekkür ediyorum.

Son olarak, tez çalışmam boyunca doğrudan veya dolaylı olarak katkıda bulunan tüm akademisyenlere, arkadaşlarıma ve uzmanlara teşekkür ederim.

Tezimin, ileri üretim teknolojileri ve performans değerlendirme alanında çalışan araştırmacılar ve profesyoneller için yararlı bir kaynak olmasını dilerim.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
TABLO LİSTESİ.....	xiii
GRAFİK LİSTESİ	xiv
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM	3
1. İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ.....	3
1.1.İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ KAVRAMI.....	3
1.1.1.Malzeme İhtiyaç Planlama (MRP)	4
1.1.2.Esnek İmalat Sistemleri	7
1.1.3. Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP).....	11
1.1.4.Bilgisayar Bütünleşik (Tümleşik) Üretim (CIM)	16
1.1.4.1.Yönetim Bilgi Sistemi (Management Information System; MIS)	20
1.1.4.2.Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Design; CAD)	21
1.1.4.3.Bilgisayar Destekli İmalat (CAM) Sistemi	25
1.1.5.GRUP Teknolojisi ve Hücreli üretim	29
1.1.6.Robotlar (Robotics).....	31
1.1.7.Sayısal Denetimli Tezgahlar (NC/CNC/DNC).....	36
1.1.8.Yalın Üretim	38
1.1.8.1.JIT (Just-In-Time) -Tam Zamanında Üretim	41
1.1.8.2.KANBAN.....	42
1.1.8.3.Tek Parça Akışı (One Piece Flow).....	42
1.1.8.4.Bir Dakikada Kalıp Değişimi (SMED).....	43
1.1.8.5.JIDOKA (OTONOMASYON)	44
1.1.8.6.POKA – YOKE (Hata Önleyici Düzenekler)	45
1.1.8.7.Toplam Verimli Bakım (TPM)- (Total Productive Maintenance).....	46
1.1.8.8.KAIZEN.....	46
1.1.8.9.5S	47
1.1.9.Yapay Zeka	48

1.2.İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN SAĞLADIĞI AVANTAJLAR	50
1.3.İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN SAĞLADIĞI DEZAVANTAJLAR.....	51
İKİNCİ BÖLÜM.....	53
2. OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ VE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ	53
2.1.OTOMOTİV SEKTÖRÜ VE OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE KULLANILAN İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ.....	53
2.1.1. 3D Baskı (Additive Manufacturing).....	54
2.1.2.Yapay Zeka ve Makine Öğrenimi.....	55
2.1.3.Nesnelerin İnterneti (IoT)	56
2.1.4.Robotik ve Otomasyon	57
2.1.5.Dijital İkizler (Digital Twins).....	59
2.1.6.Akıllı Üretim ve Akıllı Fabrikalar	60
2.1.7.Görüntü Tanıma Sistemleri.....	62
2.1.8.Yüksek Performanslı Malzemeler ve Hafifletme Teknolojileri	63
2.1.9.Endüstriyel İnternet.....	65
2.2.İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN OTOMOTİV SEKTÖRÜNE SAĞLADIĞI AVANTAJLAR.....	68
2.3.İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN OTOMOTİV SEKTÖRÜNE SAĞLADIĞI DEZAVANTAJLAR	69
2.4.İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN PERFORMANSLARINI DEĞERLENDİRİRKEN DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN KRİTERLER	71
2.5.ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ.....	72
2.5.1.Kemira M Yöntemi	72
2.5.1.1.KEMIRA-M Yönteminin Tanımı ve Özellikleri.....	73
2.5.1.2.KEMIRA-M Yönteminin Uygulama Süreci	73
2.5.1.3.KEMIRA-M Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları.....	74
2.5.1.4.KEMIRA-M Yönteminin Kullanım Alanları.....	75
2.5.1.5.KEMIRA-M Yöntemi İçin Literatür İncelemesi.....	75
2.5.1.6.Kemira M Yönteminin Adımları.....	78
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	85
3.UYGULAMA	85
3.1.KAVRAMSAL ÇERÇEVE	85
3.1.1.Araştırmanın Amacı.....	85
3.1.2.Araştırmanın Yararları	85
3.1.3.Araştırmanın Problemi.....	86

3.1.4.Araştırmanın Kapsamı	87
3.1.5.Araştırmanın Kısıtları	88
3.1.6.Araştırmanın Aşamaları	89
3.2.İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE KRİTERLERİN BELİRLENMESİ	89
3.2.1.Ürün Maliyetleri	96
3.2.2.Girdi Maliyetleri	97
3.2.3.Birim Maliyetleri	98
3.2.4.MalzemeAktarma Maliyetleri.....	99
3.2.5.Bakım Maliyetleri.....	100
3.2.6.Kusurlu Üretim Sayısı	101
3.2.7.İşlem Hazırlık Hızı.....	102
3.2.8.Fabrika Kullanım Alanları	103
3.2.9.İmalat işlem Hızı.....	104
3.2.10.Tasarım Döngü Süreleri.....	105
3.2.11.Depolama Süreleri	106
3.2.12.Taşıma Miktarı.....	107
3.3.MÜLAKAT YÖNTEMİYLE İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE KRİTERLERİN DESTEKLENMESİ VE GÜNCELLENMESİ	108
3.3.1.Özsermaye Karlılığı.....	109
3.3.2.Stok Maliyetleri	110
3.3.3.Çıktı Zamanları	111
3.3.4.Hurda Oranları	112
3.3.5.Demirbaş Maliyetleri	113
3.3.6.Yeni Ürünlerin Sunulması	113
3.3.7.Parça Kullanım Maliyetleri.....	114
3.4.İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE KRİTERLERİN ANKET YÖNTEMİ ARACILIĞIYLA DEĞERLENDİRİLMESİ	116
3.4.1.Betimleyici İstatistikler.....	117
3.4.2.Tanımlayıcı İstatistikler	119
3.4.3.Güvenirlik Analizi (Cronbach's Alpha)	120
3.5.UYGULAMA.....	122
3.5.1.Üretim Süreçlerinin Kapsamlı Değerlendirilmesi	122
3.5.2. Stratejik Karar Alma ve Risk Yönetimi.....	123

3.5.3. Performans Ölçümünde Kapsamlılık ve Denge.....	123
3.5.4. Sürdürülebilirlik ve Çevresel Faktörler	123
3.5.5. Rekabet Avantajı ve Adaptasyon Yeteneği	124
3.5.6. Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetimi.....	124
3.5.7. Verimlilik ve Kapsamlı İyileştirme Yaklaşımları.....	124
3.6.İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNDE BELİRLENEN PERFORMANS KRİTERLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	127
3.6.1.Performans Kriterlerinin Doğrudan ve Dolaylı Etkilerinin Analizi	130
3.6.2.Performans Kriterlerinin Doğrudan Etkilerinin Analizi	132
3.6.2.1. Ürün Maliyeti	132
3.6.2.2. Bakım Maliyeti	132
3.6.2.3. Kusurlu Üretim Oranı	133
3.6.2.4. İmalat İşlem Hızı.....	133
3.6.2.5. Toplam Stok Maliyeti	134
3.6.2.6. Ürün Çıktı Süresi	134
3.6.2.7. Hurda Oranı.....	134
3.6.3.Performans Kriterlerinin Dolaylı Etkilerinin Analizi	135
3.6.3.1. Girdi Maliyeti.....	135
3.6.3.2. Birim Maliyeti.....	136
3.6.3.3. Malzeme Aktarma Maliyeti	136
3.6.3.4. Toplam İşlem Hazırlık Zamanı	136
3.6.3.5. Fabrika Kullanım Alanı.....	136
3.6.3.6. Toplam Tasarım Döngü Süresi	137
3.6.3.7. Öz Sermaye Karlılığı.....	137
3.6.3.8. Toplam Depolama Süresi.....	137
3.6.3.9. Taşıma Miktarı	137
3.6.3.10. Demirbaş Maliyeti.....	138
3.6.3.11. Parça Kullanım Maliyeti	138
3.6.3.12. Yeni Ürün Sunum Hızı	138
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM.....	141
4.KEMİRA M YÖNTEMİNİN OTOMOTİV SEKTÖRLERİNDE ROBOT TEKNOLJİSİNİN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE UYGULAMASI.....	141
4.1.KEMİRA M YÖNTEMİNİN UYGULAMASI	141

4.1.1.Robot Teknolojisinin Performansını Değerlendirmek İçin Belirlenen İç Kriterler.....	141
4.1.2.Robot Teknolojisinin Performansını Değerlendirmek İçin Belirlenen Dış Kriterler.....	142
4.1.3.Robot Teknolojisinin Performansını Değerlendirmek için Dahil Edilmeyen Kriterlerin Gerekçelendirilmesi	143
4.1.3.1.Dahil Edilmeyen İç Kriterler ve Gerekçeleri	143
4.1.3.2.Dahil Edilmeyen Dış Kriterler ve Gerekçeleri.....	144
4.2.KEMENY MEDYAN YÖNTEMİ İLE KRİTER ÖNCELİKLERİNİN BELİRLENMESİ	150
4.2.1.X Faktörü için Medyan Belirleme	150
4.2.2.Y Faktörü için Medyan Belirleme	153
4.2.3.Modifiye Edilmiş Sıralama Uygunluk Göstergesi (Indicator Rank Accordance) Yöntemi ile Ağırlıkların Hesaplanması ve Alternatiflerin Sıralanması.....	155
SONUÇ VE ÖNERİLER	161
KAYNAKÇA.....	165
EKLER.....	178
ÖZGEÇMİŞ	190

ÖZET

Otomotiv sektörü, Endüstri 4.0 devrimiyle birlikte büyük bir dönüşüm geçirerek ileri üretim teknolojilerinin entegrasyonunu benimsemiştir. Bu tez çalışması, otomotiv sektöründe kullanılan robot teknolojilerinin performansını değerlendirmek amacıyla tasarlanmıştır. Çalışmada, Kemira-M yöntemi kullanılarak dört farklı robot teknolojisinin etkinlik, verimlilik, maliyet etkinliği ve sürdürülebilirlik açısından karşılaştırmalı analizi gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında, öncelikle ileri üretim teknolojilerinin genel çerçevesi ele alınmış, otomotiv sektöründe kullanım alanları detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu teknolojiler arasında robot teknolojilerinin üretim süreçlerindeki etkileri, kalite iyileştirme, maliyet azaltma ve esneklik artırma gibi parametreler üzerinden değerlendirilmiştir. Bu çalışma sonucunda, belirlenen iç ve dış kriterler doğrultusunda her bir alternatifin performansı KEMIRA-M yöntemiyle analiz edilmiştir. Analizler sonucunda, en iyi performansı sergileyen alternatifin A3 olduğu tespit edilmiştir. A3 alternatifinin öne çıkmasında özellikle düşük ürün maliyeti, düşük kusurlu üretim oranı ve yüksek imalat işlem hızı gibi iç kriterlerdeki üstün performansı etkili olmuştur. Ayrıca, dış kriterlerden toplam stok maliyetinin düşük olması ve hurda oranının minimize edilmesi de A3 alternatifini diğerlerinden ayıran önemli faktörlerdir. Bu tez, ileri üretim teknolojilerinin performans kriterlerine dayalı bir analiz sunarak, otomotiv sektöründeki profesyoneller ve karar vericiler için değerli bir kaynak niteliği taşımaktadır. Çalışma hem teorik hem de uygulamalı yönleriyle sektöre katkı sağlamayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: İleri Üretim Teknolojileri, Otomotiv Sektörü, Robot Teknolojileri, Kemira-M Yöntemi, Performans Analizi

ABSTRACT

The automotive industry has undergone a significant transformation with the advent of the Industry 4.0 revolution, adopting the integration of advanced manufacturing technologies. This thesis aims to evaluate the performance of robotic technologies used in the automotive sector. Using the KEMIRA-M method, a comparative analysis of four different robotic technologies was conducted in terms of efficiency, productivity, cost-effectiveness, and sustainability. Within the scope of the research, the general framework of advanced manufacturing technologies was first addressed, and their applications in the automotive industry were examined in detail. Among these technologies, the impacts of robotic technologies on production processes were assessed based on parameters such as quality improvement, cost reduction, and increased flexibility. As a result of this study, the performance of each alternative was analyzed using the KEMIRA-M method, considering the defined internal and external criteria. The analyses revealed that the alternative A3 demonstrated the best performance. The prominence of the A3 alternative was attributed to its superior performance in internal criteria such as low product cost, low defective production rate, and high manufacturing process speed. Additionally, external criteria such as reduced total stock cost and minimized scrap rate further distinguished the A3 alternative from others. This thesis provides an analysis based on performance criteria of advanced manufacturing technologies, offering valuable insights for professionals and decision-makers in the automotive sector. The study aims to contribute to the field both theoretically and practically.

Keywords: Advanced Manufacturing Technologies, Automotive Industry, Robotic Technologies, KEMIRA-M Method, Performance Analysis

SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ

SİMGELER

a_{ij} : Alternatifin j. Kriter Bazında Performans Değeri

Y : Dış Kriter

$y_j^{(i)*}$: Dış Kriter İçin Normalize Edilmiş Karar Matrisi

A_i : i. Alternatif

$y_j^{(i)}$: i. Alternatifin j' Dış Kriter İçin Aldığı Değer

$x_j^{(i)}$: i. Alternatifin j. İç Kriter İçin Aldığı Değer

X : İç Kriter

$x_j^{(i)*}$: İç Kriter İçin Normalize Edilmiş Karar Matrisi

w_j : j. Değerlendirme Kriterinin Ağırlığı

$A^{(M)}$: Medyan Matrisi

S : Uzman Sayısı

W_x : X Kriter Değeri Ağırlığı

X_{wx} : X Kriter Değeri İçin Ağırlıklı Ortalama

W_y : Y Kriter Değeri Ağırlığı

Y_{wy} : Y Kriter Değeri İçin Ağırlıklı Ortalama

KISALTMALAR

A.B.D: Amerika Birleşik Devletleri

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

ADAS: Advanced Driver Assistance Systems (Gelişmiş Sürücü Destek Sistemleri)

AGV: Automated Guided Vehicle (Otomatik Yönlendirmeli Araç)

AMR: Autonomous Mobile Robot (Otonom Mobil Robot)

AR: Augmented Reality (Artırılmış Gerçeklik)

BDT: Bilgisayar Destekli Tasarım

BDÜ: Bilgisayar Destekli Üretim

BDİ: Bilgisayar Destekli İmalat

BOM: Bill of Materials (Malzeme Listesi)

BSD: Bilgisayarlı Sayısal Denetim

BTÜ: Bilgisayar Tümlleşik Üretim

CAD: Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)

CAM: Computer Aided Manufacturing (Bilgisayar Destekli Üretim)

CAPP: Computer Aided Process Planning (Bilgisayar Destekli Süreç Planlama)

CIM: Computer Integrated Manufacturing (Bilgisayar Bütünleşik Üretim)

CNC: Computer Numerically Controlled (Bilgisayarlı Sayısal Denetimli)

CRM: Customer Relationship Management (Müşteri İlişkileri Yönetimi)

ÇAKV: Çok Amaçlı Karar Verme

ÇKKV: Çok Kriterli Karar Verme

ÇNKV: Çok Nitelikli Karar Verme

DEA: Data Envelopment Analysis (Veri Zarflama Analizi)

DNC: Direct Numerical Control (Doğrudan Sayısal Denetim)

DSD: Distributed System Design (Dağıtılmış Sistem Tasarımı)

ERP: Enterprise Resource Planning (Kurumsal Kaynak Planlaması)

EÜS: Esnek Üretim Sistemleri

FMS: Flexible Manufacturing Systems (Esnek İmalat Sistemleri)

GT: Group Technology (Grup Teknolojisi)

HÜS: Hücresel Üretim Sistemleri

IoT: Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)

İİT: İleri İmalat Teknolojileri

JIDOKA: Otonomasyon (Japonca kökenli bir terim)

JIT: Just-In-Time (Tam Zamanında Üretim)

KAIZEN: Sürekli İyileştirme

KANBAN: Çekme Tabanlı Üretim Sistemi

KEMIRA-M: Kemeny Median Indicator Rank Accordance- Modified

MIS: Management Information System (Yönetim Bilgi Sistemi)

MIT: Massachusetts Institute of Technology (Massachusetts Teknoloji Enstitüsü)

MO: Makine Öğrenimi

MPS: Master Production Schedule (Ana Üretim Planı)

MRP: Material Requirements Planning (Malzeme İhtiyaç Planlama)

NLP: Natural Language Processing (Doğal Dil İşleme)

NC: Numerical Control (Sayısal Denetim)

POKA-YOKE: Hata Önleyici Düzenekler

RFID: Radio Frequency Identification (Radyo Frekansı Tanımlama)

RIA: Robotic Industries Association (Robotik Endüstrileri Birliği)

ROI: Return on Investment (Yatırım Getirisi)

SEIKETSU: 5S yöntemi içinde Standartlaştırma

SEIRI: 5S yöntemi içinde Sınıflama

SEISO: 5S yöntemi içinde Temizlik

SEITON: 5S yöntemi içinde Düzenleme

SHITSUKE: 5S yöntemi içinde Disiplin

SMED: Single Minute Exchange of Dies (Bir Dakikada Kalıp Değişimi)

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences (İstatistiksel Paket Programı)

TKY: Toplam Kalite Yönetimi

TL: Türk Lirası

TOPSIS: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (İdeal Çözüme Yakınlıkla Tercih Sıralama Tekniği)

TPM: Total Productive Maintenance (Toplam Verimli Bakım)

TPS: Toyota Production System (Toyota Üretim Sistemi)

TZÜ: Tam Zamanında Üretim

VR: Virtual Reality (Sanal Gerçeklik)

YBS: Yönetim Bilgi Sistemleri

YOKE: Hata Önleme Sistemi

YZ: Yapay Zeka



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Otonom Mobil Robotlar (AMR).....	33
Şekil 2: Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (AGV).....	33
Şekil 3: Eklemlı Robotlar (Robotik Kollar).....	34
Şekil 4: İnsansı Robotlar	34
Şekil 5: Cobot'lar (İşbirlikçi Robotlar).....	35
Şekil 6: Hibrit Robotlar	36
Şekil 7: Araştırmanın Aşamaları	89
Şekil 8: Performans Kriterlerinin Analiz Süreci	139



TABLO LİSTESİ

Tablo 1: İleri Üretim Teknolojileri ve Performans Değerlendirme Yöntemleri Üzerine Akademik Çalışmalar	91
Tablo 2: İleri Üretim Teknolojilerinin Performansa Etkileri	94
Tablo 3: Kriterlerin Sınıflandırılması	125
Tablo 4: Alternatif Değerlendirme Kriterleri	145
Tablo 5: Beş Uzman Grup Tarafından Belirlenen Kriterlerin Öncelik Sıralaması ..	147
Tablo 6: Başlangıç Karar Matrisi	148
Tablo 8: Normalize Edilmiş Karar Matrisi	149
Tablo 9: $w_{x4} \geq w_{x3} \geq w_{x1} \geq w_{x2} \geq 0$ Koşulunu Sağlayan w_{xj} Ağırlıklarının Olası Durumları	156
Tablo 10: $w_{y2} \geq w_{y1} \geq w_{y3} \geq 0$ Koşulunu Sağlayan w_{yj} Ağırlıklarının Olası Durumları	156
Tablo 11: Tüm Olası Ağırlıklar İçin $F(X,Y)$ Fonksiyonun Değerleri	157
Tablo 12: Alternatiflerin Sıralanması	159

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 1: Eğitim Durumu	117
Grafik 2: Çalışma Süresi Dağılımı.....	118
Grafik 3: Görev Dağılımı	118



GİRİŞ

Otomotiv sektörü, yüksek rekabet ortamında sürdürülebilir büyüme ve operasyonel mükemmellik hedefleri doğrultusunda ileri üretim teknolojilerini benimsemekte öncü bir rol üstlenmektedir. Üretim süreçlerinin karmaşıklığı, sektörün sürekli iyileştirme ve yenilik odaklı bir yaklaşım geliştirmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, robot teknolojilerinin üretim süreçlerine entegrasyonu, sektörde verimliliği artıran, maliyetleri optimize eden ve kalite standartlarını yükselten kritik bir adım olarak öne çıkmaktadır. Günümüzde robot teknolojileri, otomotiv üretim süreçlerinin ayrılmaz bir parçası haline gelmiş ve üretim hatlarında hız, hassasiyet ve istikrarı sağlayarak sektörde önemli bir rekabet avantajı oluşturmuştur.

Robot teknolojilerinin otomotiv sektöründe yaygınlaşması, yalnızca operasyonel süreçleri dönüştürmekle kalmamış; aynı zamanda maliyetleri düşürme, iş güvenliğini artırma ve insan kaynaklı hataları minimize etme gibi birçok fayda sağlamıştır. Montaj, kaynak, paletleme ve kalite kontrol gibi süreçlerde kullanılan endüstriyel robotlar, üretim sürecinin tekrarlanabilirliğini artırırken üretim hatlarındaki darboğazları azaltmıştır. Bununla birlikte, robotların çeşitli özellikleri ve performansları arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıkların doğru bir şekilde analiz edilmesi, otomotiv sektöründe robot teknolojilerinden maksimum verim alınması için kritik bir öneme sahiptir.

Robot teknolojileri, otomotiv sektöründeki üretim süreçlerini köklü bir şekilde dönüştürerek sektörün artan talep ve rekabet koşullarına uyum sağlamasını kolaylaştırmaktadır. Çeşitli türde robotların farklı işlevleri, üretim süreçlerinde hız, kalite ve güvenlik açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Örneğin, kaynak robotları hassas kaynak işlemleri ile kaliteyi artırırken montaj robotları üretim hattında verimliliği sağlamaktadır. Kalite kontrol robotları hatalı ürünlerin tespitinde optik sensörler kullanarak doğruluğu artırırken malzeme taşıma robotları lojistik süreçleri optimize ederek üretim hızını artırmaktadır.

Bu tez çalışması, otomotiv sektöründe kullanılan dört farklı robot teknolojisinin performansını kapsamlı bir şekilde değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu değerlendirme, robotların verimlilik, hata oranları, maliyet etkinliği ve bakım gereksinimleri gibi kriterler üzerinden yapılacaktır. Bu amaçla, teknolojilerin

performansını kapsamlı bir şekilde analiz etmek için Kemira M yöntemi kullanılacaktır. Bu yöntem, robot teknolojilerinin güçlü ve zayıf yönlerini belirlemek için sistematik bir çerçeve sunmakta ve sektörde daha bilinçli teknolojik seçimler yapılmasına katkıda bulunmaktadır.

Tezin temel amacı, robot teknolojilerinin otomotiv sektöründeki etkinliğini analiz ederek üretim süreçlerini daha verimli, kaliteli ve maliyet avantajlı hale getirmek için öneriler geliştirmektir. Ayrıca bu çalışma, sektördeki profesyonellere ve karar vericilere teknolojik seçimlerini daha bilinçli bir şekilde yapmalarına yardımcı olacak değerli bilgiler sunmayı hedeflemektedir. Çalışma, robot teknolojilerinin otomotiv sektöründeki mevcut etkilerini detaylı bir şekilde inceleyerek sektörel büyüme ve operasyonel mükemmelliğe katkı sağlayacak somut öneriler sunmaktadır.

Sonuç olarak, bu araştırma, robot teknolojilerinin otomotiv sektöründeki uygulamalarını derinlemesine analiz etmeyi ve gelecekteki teknolojik yatırımlara ışık tutmayı hedeflemektedir. Robotların sunduğu avantajların kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi, yalnızca mevcut üretim hatlarının performansını optimize etmekle kalmayıp sektörün uzun vadeli sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasına da katkı sağlayacaktır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ

1.1.İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ KAVRAMI

İleri üretim teknolojileri, üretim süreçlerini optimize etmek, üretim planlamasını ve kontrol faaliyetlerini düzenlemek, tasarım aşamalarını geliştirmek ve tüm bu süreçleri entegre bir yapı içinde birleştirmek için kullanılan kapsamlı teknolojiler olarak tanımlanabilir (Gerwin ve Cododny, 1992). Bu teknolojiler, işletmelerin mevcut üretim yöntemlerinde, yönetim süreçlerinde, ürün tasarımında ve üretim süreçlerinde önemli değişikliklere yol açarak verimlilik, kalite ve üretkenlik gibi performans ölçütlerinde dikkate değer gelişmeler sunmaktadır. İleri teknolojiler genel olarak üretim teknolojileri ve yönetim teknolojileri olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır. Üretim teknolojileri daha çok fiziki altyapıya odaklanırken, yönetim teknolojileri ise üretimin daha etkili, verimli ve üretken bir şekilde gerçekleştirilmesine yönelik yönetim süreçlerini kapsamaktadır.

Uygulamada, İleri İmalat Teknolojileri (İİT) veya yeni nesil teknolojiler, farklı birçok teknolojiyi kapsamaktadır. İİT'nin kapsamı oldukça geniş olmasına rağmen, bazı çalışmalarda yalnızca makine ve teçhizatla sınırlandırıldığı görülmektedir. Bununla birlikte, genel kabul gören bir yaklaşıma göre İİT, üretim süreçlerinde kullanılan makine ve ekipmanların yanı sıra Toplam Kalite Yönetimi (TKY) ve Tam Zamanında Üretim (TZÜ) gibi yönetsel yöntemler, stratejiler ve teknikleri de içine alan daha kapsamlı bir kavram olarak değerlendirilmektedir (Güleş, 1996).

İleri imalat teknolojileri, bilgisayarların üretim süreçlerine entegre edilmesiyle önemli bir ilerleme kaydetmiş ve günümüzde hem üretim hem de yönetim alanlarında geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Değişen piyasa taleplerinin baskısıyla geleneksel montaj hatları hızla bilgisayar kontrollü üretim sistemlerine evrilmektedir. Bilgisayar teknolojisindeki yenilikler, işletmelerde bilgisayar destekli tasarım ve mühendislik, bilgisayar destekli üretim, esnek üretim sistemleri, sanayi robotları ve bilgisayar bütünsel üretim sistemleri gibi uygulamalarla kendini göstermektedir. Bu teknolojilerin etkin bir şekilde uygulanması, işletmelerde sadece üretim süreçlerini değil, aynı zamanda yönetim yaklaşımlarını da yeniden şekillendiren köklü değişiklikler gerektirmektedir (Akin, 2001: 163).

İleri üretim teknolojileri, tasarım süreçlerinde bilgisayar destekli uygulamalardan, üretimde kullanılan makineler ve ekipmanların entegre bir şekilde çalışmasına kadar geniş bir yelpazeyi kapsayan teknolojileri içermektedir (Semiz, 2004: 122-132). İleri üretim teknolojilerinin temelini, sayısal ve bilgisayar destekli sayısal kontrollü makineler oluşturmaktadır. Sayısal kontrollü (NC) makineler, 1940'lı yıllarda geleneksel tezgâhların kontrol sistemleriyle donatılmasıyla geliştirilmiştir. Bilgisayar Sayısal Denetim (CNC) makineleri ise, bu kontrol sistemlerinin mikro bilgisayarlarla yönetilmesi sayesinde ortaya çıkmıştır. Daha sonraki yıllarda, Doğrudan Sayısal Denetim (DNC) adı verilen ve merkezi bir bilgisayarın denetiminde çalışan hiyerarşik kontrollü sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemler, üretim süreçlerini optimize etmek için merkezi bir bilgisayar tarafından kontrol edilen tezgâh bilgisayarlarının kullanımını içermektedir (Özdemir, 1996).

İleri imalat teknolojisi, ürün ve süreç tasarımından üretim planlama, kontrol ve bu süreçlerin entegrasyonuna kadar uzanan tüm teknolojileri kapsar. Üretim sırasında kullanılan, bilgisayar kontrollü makineler ve ekipmanlar 'üretim teknolojisi' olarak adlandırılırken, bu teknolojilerin entegrasyonu ve organizasyonel uyumunu sağlamak için kullanılan Toplam Kalite Yönetimi (TKY) ve Tam Zamanında Üretim (TZÜ) gibi yöntemler ise 'yönetim teknolojisi' olarak ifade edilmektedir (Karakaş, 2009).

İşletmelerin amaç ve hedeflerine ulaşmak için gerçekleştirdikleri teknolojik dönüşüm süreci, organizasyonel teknolojilerin bir yansımasıdır. Bu bağlamda, en genel anlamıyla, işletmelerin girdileri çıktılara dönüştürme süreçlerinde kullandıkları yöntemler ve yaklaşımlar 'yönetim teknolojileri' olarak tanımlanır (Tekin ve Zerenler, 2009).

İleri imalat teknolojileri, üretim süreçlerinde yenilikçi üretim yöntemlerini, bilgi teknolojileriyle entegre edilmiş makineleri, mikroelektronik sistemleri ve modern organizasyonel yaklaşımları içerir. Bu teknolojiler, küresel pazarlarda rekabet avantajı sağlamak için verimliliği artırma, kaliteyi yükseltme ve maliyetleri düşürme gibi hedeflerde kritik bir rol üstlenmektedir (Deruntz ve Turner, 2003: 1-7)

1.1.1.Malzeme İhtiyaç Planlama (MRP)

Malzeme İhtiyaç Planlaması (Material Requirement Planning - MİP veya MRP), ana üretim programında belirlenen nihai ürün miktarlarını, bu ürünlerin üretimi için

gereken bileşenlerin ayrıntılı ihtiyaçlarına dönüştüren bir planlama yaklaşımıdır (Yamak, 2001: 265).

Malzeme İhtiyaç Planlaması (Material Requirement Planning - MİP), üretim planlama ve kontrol süreçlerinde kritik bir araç olarak, belirli bir ürün veya ürün grubuna dayalı üretim planlarını temel alır. Bu sistem, ürünleri bileşenlerine ayırarak üretim girdilerini miktar bazında belirler ve işletmelere sipariş verme ile kontrol süreçlerini daha etkin bir şekilde yönetme imkanı sunar. Ana üretim planını esas alarak üretimin programlanmasını ve kontrolünü sağlayan bu sistem, işletmelere önemli avantajlar sağlar. Bu avantajlar arasında müşteri ilişkilerinin güçlendirilmesi, maliyetlerin düşürülmesi, ana üretim planının güncellenmesi, etkili bir iç kontrol sisteminin kurulması, hazırlık ve atıl kapasite maliyetlerinin azaltılması, yöneticilere stratejik planlama süreçlerinde destek sağlanması ve talebe zamanında, etkili bir şekilde yanıt verme kapasitesinin artırılması yer almaktadır (Tanyaş, 1988: 117).

Ana üretim programında yer alan ürünlerin, istenilen miktar ve zamanda üretilmesi için gerekli olan malzeme, hammadde ve kapasite ihtiyaçlarının belirlenmesi sürecidir. Bu süreç, iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, ana üretim planı temel alınarak malzeme gereksinimleri tespit edilir. İkinci aşamada ise, bu malzeme gereksinimlerine uygun olarak işgücü ve tezgah kapasiteleri değerlendirilerek kapasite planlaması gerçekleştirilir (Acar, 1998: 192).

Malzeme Gereksinim Planlama (Material Requirement Planning - MRP) sistemi, son ürünlere yönelik ana üretim programını temel alarak, bu ürünlerin üretiminde kullanılan hammadde ve yarı mamullerin tedarikine yönelik ayrıntılı bir program oluşturan işlemsel teknikler bütünüdür. MRP, genellikle yalnızca bir stok yönetim sistemi olarak algılansa da, üretim yönetimi perspektifinde daha geniş bir işlevi bulunmaktadır. Bu yaklaşım, planlanan üretim ve sevkiyatların zamanında gerçekleştirilmesini sağlamak, malzeme ve yarı mamullerin firmaya doğru zamanda ulaşmasını temin etmek, üretim süreçlerini zamanında tamamlamak, stok seviyesini mümkün olan en düşük düzeyde tutarak verimliliği artırmak ve üretim, sevkiyat ile satın alma süreçlerini etkin bir şekilde yönetmek gibi amaçlarla kullanılmaktadır (Sezen, 1998).

MRP sisteminin oluşturulabilmesi için bazı temel gerekliliklerin yerine getirilmesi gerekir. Bu gereklilikler arasında, doğru ve gerçekçi tahminlerin yapılması, etkili bir stok yönetim sisteminin kurulması ve kesin malzeme listelerinin hazırlanması öncelikli olarak yer almaktadır. Ayrıca, gerekli verilerin uygun zamanda hesaplanması ve iletilmesi için bir bilgisayar sistemi gereklidir. Bunun yanı sıra, insan faktörü de önemli bir gereklilik olarak öne çıkar; çalışanların, bu sistemi etkin bir şekilde kullanabilmeleri için eğitilmiş olmaları ve yeni düşüncelere açık bir yaklaşım sergilemeleri gerekmektedir (Wong ve Kleiner, 2001: 9–12).

Malzeme İhtiyaç Planlama (MİP) sistemi, stok yatırımlarını en aza indirmek, üretim süreçlerini daha verimli hale getirmek ve müşteri hizmet kalitesini yükseltmek amacıyla kullanılan bir planlama ve kontrol yöntemidir. MİP, üretim planlama ile stok yönetimi faaliyetlerini destekleyen bilgisayar destekli bir sistem olarak işlev görmektedir. Bu sistem, eksiksiz bir planlama yapma, etkili malzeme kontrolü sağlama ve ortaya çıkabilecek değişikliklere hızlı şekilde uyum sağlama kabiliyeti sunar. Stok seviyesini en düşük düzeyde korurken, gereken malzemelerin doğru zamanda ve doğru yerde bulunmasını garanti eder.

MİP, ana üretim programını esas alarak, bu programdaki birbirine bağlı stok unsurlarını zamanlanmış net ihtiyaçlara dönüştürür. Bu ihtiyaçların planlı bir şekilde karşılanabilmesi için ilişkili işlemleri, karar verme kurallarını ve kayıtları düzenli bir yapı altında bir araya getirir. Sistemin temel amacı, üretim sürecinde esneklik ve doğruluk sağlayarak verimliliği artırmak ve kaynak kullanımını optimize etmektir (Orlicky, 1975: 33-98, 188)

MRP (Malzeme İhtiyaç Planlama), genellikle üretim süreçlerinde, nihai ürünlerin üretim programlarını esas alarak, bu ürünlere bağlı olan bileşen ve malzemelerin taleplerini planlamak ve programlamak için kullanılan bir sistemdir (Rom vd., 1999: 275).

Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP) sistemi, bir faaliyet yöneticisine ihtiyaç duyulan bilgileri doğru ve zamanında sağlayarak destek olur. Bu sistem, yöneticinin şu üç temel soruya yanıt bulmasını sağlar:

1. Hangi malzemelere ihtiyaç var?
2. Hangi miktarda ihtiyaç duyuluyor?

3. Bu malzemelere ne zaman ihtiyaç olacak?

MRP sistemi, bu sorulara yanıt verebilmek için üç temel bileşeni kullanır (Davis vd., 1983: 25–35);

1. Ana Üretim Programı (Master Production Schedule- MPS): Nihai ürünlerin ne zaman ve ne miktarda üretileceğini belirleyen plan.

2. Malzeme Listesi (Bill of Materials - BOM): Ürünlerin üretimi için gerekli bileşenlerin ve malzemelerin ayrıntılı bir listesi.

3. Mevcut Stok Kayıtları (Inventory Records): Depoda bulunan mevcut malzemeler ve beklenen tedariklerle ilgili bilgilerin yer aldığı kayıtlar.

Bu birimler sayesinde MRP sistemi, üretim süreçlerini etkin bir şekilde planlayıp kontrol edebilir.

Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP) sistemi, ürün faturasındaki her bir bileşen için resmi bir plan oluşturur. Bu süreç, ana üretim programında tanımlanan ürün miktarlarıyla başlayarak, ürün faturasındaki (Bill of Materials - BOM) her bir bileşenin miktarının hesaplanmasıyla tamamlanır. Böylece, her bileşenin doğru zamanda ve doğru miktarda temin edilmesi sağlanır (Deveci, 2004: 118-121).

Her seviyedeki bileşen için miktar belirleme kuralları uygulanarak, malzeme gereksinimleri zaman dilimlerine göre düzenlenir ve yığın üretim süreleri tahmin edilir. İş merkezlerinde ihtiyaç duyulan kapasite, aynı zaman dilimi içinde birleştirilerek toplam iş yükü hesaplanır ve bu yük, mevcut kapasiteyle karşılaştırılarak değerlendirilir. Eğer toplam iş yükü mevcut kapasiteyi aşarsa, iş yükünün bir kısmı geriye veya ileriye kaydırılarak kapasite dengelenebilir ve üretim süreçleri daha verimli hale getirilebilir (Torkul ve Cedimoğlu, 1999: 83-90).

1.1.2. Esnek İmalat Sistemleri

Üretim çeşitliliğinin artması ve üretim miktarlarında esneklik ihtiyacının doğması, üretim süreçlerinde esneklik kavramını önemli bir hale getirmiştir. Günümüz işletmeleri, ürün çeşitliliğini artırma, yüksek kalite standartlarını yakalama ve müşteri odaklı talepleri karşılama gereklilikleri nedeniyle, düşük ve orta hacimli üretimle birlikte orta düzeyde çeşitliliği destekleyen Esnek Üretim Sistemlerini (EÜS) tercih

etmektedir.

Esnek Üretim Sistemleri (Flexible Manufacturing Systems - FMS), taşıma, bekleme, yükleme ve boşaltma süreçlerindeki zaman kayıplarını azaltarak üretkenliği artırmaya yardımcı olur. EÜS, "Bilgisayar destekli tasarım (CAD), bilgisayar destekli üretim (CAM) ve bilgisayar destekli işlem planlamayı (CAPP) içeren bilgisayar bütünleşik üretim (CIM) kavramının fiziksel bir yansıması" olarak değerlendirilebilir. Bu sistem, üretim süreçlerinin hem entegre hem de esnek bir şekilde yönetilmesini mümkün kılar (Kıran ve Karabatı, 1989: 3).

Makine parçalarının imalatında, daha verimli ve ekonomik üretim sistemleri geliştirme arayışı gündeme gelmiştir. Bu arayışın temel amacı, kaynak kullanımını en aza indirerek maliyetleri düşüren ve minimum girdi ile maksimum çıktıyı elde eden bir üretim sistemi tasarlamaktır. Bununla birlikte, teknolojik gelişmelerin bir sonucu olarak, yalnızca ekonomiklik değil, aynı zamanda ürün kalitesinin artırılması da hedeflenmektedir (Özgürler ve Kıyak, 1998: 28).

Esnek Üretim Sistemlerinin (EÜS) temel hedefi, makine operasyonlarının planlama ve kontrol süreçlerini bilgisayar tabanlı entegre kontrol sistemleriyle bir araya getirmektir. Bu doğrultuda, EÜS iki önemli avantaj sunar:

1. Farklı ürünleri kısa sürede ve yüksek kaliteyle üretme yeteneği,
2. Hassas kontroller sayesinde üretim süreçlerinde meydana gelebilecek darboğazları ve makine arızalarını tespit ederek gerekli bakım önlemlerinin hızlı bir şekilde alınmasını sağlama.

Bu özellikler, EÜS'nin üretim süreçlerinde esneklik, verimlilik ve kaliteyi artıran kritik bir sistem olmasını sağlamaktadır (Çil ve Evren, 1994: 184-185). Bu avantajların elde edilebilmesi, üst yönetimin işletme hedeflerini yeniden değerlendirmesi ve bu hedefleri açık bir şekilde tanımlamasıyla mümkündür. Her bir işlevin amacı ve bu işlevlerin işletme stratejilerine olan etkisi net bir şekilde anlaşılmalı ve bu anlayış, işletmenin tüm seviyelerinde çalışanlar tarafından benimsenmelidir.

Esnek İmalat Sistemi (Flexible Manufacturing System - FMS)'nin temel amacı, bir iş parçasını mümkün olan en düşük maliyetle, istenilen özelliklerde ve küçük miktarlarda, kısa sürede üretebilmektir. Bu sistemlerde esneklik, ana hedef olarak ön plandadır. Başka bir ifadeyle, üretim süreçlerinde kesinti yaşanmaksızın bir işlem

diğerine veya bir üründen diğerine sorunsuz bir geçiş sağlama yeteneğine sahip olunmalıdır. Bu esneklik, üretim süreçlerinin verimliliğini artırmak ve hızlı değişen müşteri taleplerine yanıt vermek açısından kritik bir unsurdur (Gibbs, 1994: 195-204).

Esnek Üretim Sistemleri (Flexible Manufacturing Systems - FMS), merkezi bir bilgisayar tarafından yönetilen, otomatik taşıma sistemleriyle entegre edilmiş ve iş istasyonlarıyla desteklenen otomatik sayısal kontrollü (CNC) takım tezgahlarını içeren bir üretim yapısıdır. Bu sistem, çeşitli üretim süreçlerini bir arada organize ederek yüksek düzeyde esneklik ve verimlilik sağlamayı amaçlamaktadır (Ronald ve Charles, 1993: 125).

Esnek Üretim Sistemi (Flexible Manufacturing System - FMS), robotlar, otomatik malzeme taşıma sistemleri ve sayısal kontrollü (CNC) tezgahlarla desteklenen, bilgisayar kontrollü ve iki veya daha fazla esnek üretim hücresinden oluşan bir yapı olarak tanımlanır. Genel olarak, Esnek Üretim Sistemi, bilgisayar destekli tasarım (CAD), bilgisayar destekli üretim (CAM) ve süreç planlamasının bir bütün olarak birleştiği, bilgisayar bütünleşik üretim (CIM) kavramının fiziksel bir yansımasıdır.

Esnek üretim sistemleri, materyal akışının, bilgisayar kontrollü sistemlerin, iletişim altyapısının, üretim ve montaj işlemlerinin entegre bir şekilde yönetilmesini ifade eden bir konsepttir. Bu yaklaşım, üretim süreçlerinde esneklik, verimlilik ve entegrasyonu sağlamayı amaçlar (Sipper ve Bulfin, 1997: 45).

Esnek Üretim Sistemleri (EÜS), yüksek derecede otomasyona sahip olmalarına rağmen, sistemin yönetimi, ekipmanların bakım ve onarımı gibi görevlerde insanlara olan ihtiyaç devam etmektedir. Değişken taleplere yanıt verebilmek amacıyla geliştirilen bu sistemler, tüm üretim faaliyetlerinin merkezi bir bilgisayar kontrolü altında olduğu bir yapıyı ifade eder.

Bu sistemlerde bilgisayarlar, üretim süreçlerini yönlendirme, iş yükünü uygun makinelere dağıtma, uygun tezgahları belirleme, parça yükleme işlemlerini gerçekleştirme ve üretim performansını izleme görevlerini üstlenir. Bilgisayar kontrollü yapı sayesinde, parti üretimleri arasında gerekli olan takım değişiklikleri otomatik olarak gerçekleştirilir ve böylece bekleme süreleri ile üretim kayıpları

minimum düzeye indirilir. Sonuç olarak, birim üretim süresi ve maliyetler azaltılarak üretim süreçlerinin verimliliği artırılır. (Tunçer, 2003: 54).

Esnek Üretim Sistemleri (Flexible Manufacturing Systems - FMS), denetleyici bir bilgisayar, otomatik takım tezgahları ve otomatik malzeme taşıma sistemlerinden oluşan bir üretim sistemidir. Bu sistemde, takım ve taşıma donanımları, farklı özelliklerdeki yüzlerce parçayı istenilen niteliklere uygun şekilde üretmek üzere bilgisayar talimatlarıyla yönlendirilir. Bu yapı, üretimde yüksek esneklik ve verimlilik sağlayarak çeşitli üretim ihtiyaçlarına hızlı bir şekilde yanıt verme olanağı sunar (Monks, 1987: 128).

Müşteri taleplerinin dalgalı olduğu piyasa koşullarında, işletmeler Ar-Ge faaliyetlerine daha fazla yoğunlaşmış ve bu sayede değişken taleplere hızla yanıt verebilen, aynı zamanda ekonomik, verimli, etkili ve kaliteli üretim imkanı sunan Esnek Üretim Sistemlerini (EÜS; Flexible Manufacturing Systems - FMS) geliştirmişlerdir.

EÜS'nin temelini oluşturan esneklik türleri üzerine farklı araştırmalar yapılmış olsa da, genel olarak sekiz ana esneklik türünden söz etmek mümkündür. (Browne vd., 1984: 114) :

1. Makine Esnekliği: Makinaların farklı türde işler yapabilme kapasitesidir.
2. Proses Esnekliği: Üretim sürecinin çeşitli yöntemlerle uygulanabilir olmasıdır.
3. Ürün Esnekliği: Sistemin farklı ürünleri üretebilme kabiliyetidir.
4. Rota (Yönlendirme) Esnekliği: Bir parçanın farklı yollarla üretilbilme olanağıdır.
5. Hacim (Miktar) Esnekliği: Üretim miktarını piyasa taleplerine göre artırma veya azaltma kapasitesidir.
6. Kapasite Artırma (Genişleme) Esnekliği: Üretim kapasitesinin artan talepleri karşılayacak şekilde genişletilebilmesidir.

7. Operasyon (İşlem) Esnekliği: Farklı işlemlerin aynı sistemde uygulanabilmesidir.

8. Üretim Esnekliği: Sistemlerin beklenmeyen değişimlere hızlıca uyum sağlayarak kesintisiz üretim yapabilmesidir.

Bu esneklik çeşitleri, EÜS'nin temel avantajlarını oluşturarak işletmelerin hızlı değişen piyasa koşullarına uyum sağlamasına olanak tanır.

1.1.3. Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP)

Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise Resource Planning - ERP), işletmenin stratejik hedefleri doğrultusunda, müşteri taleplerini en iyi şekilde karşılamak amacıyla farklı bölgelerdeki tedarik, üretim ve dağıtım kaynaklarını en verimli ve etkili biçimde planlayan, koordine eden ve kontrol eden bir yazılım çözümüdür. ERP, işletme süreçlerini entegre ederek veri akışını optimize eder ve karar alma süreçlerine destek sağlar (Acar, 2001: 201).

ERP (Kurumsal Kaynak Planlaması) sistemi, bilgi teknolojilerinden yararlanarak işletmenin tüm kaynaklarını planlayan ve bilgi ihtiyaçlarını karşılayan kapsamlı bir yönetim platformudur. Başka bir deyişle, ERP, işletme süreçlerini bütünsel bir şekilde yönetmek üzere tasarlanmış, tamamen entegre ve bilgisayar destekli bir iş yönetim sistemidir (<http://www.poornam.com>, 2000).

Organizasyonlar, farklı fonksiyonlardaki iş süreçlerini entegre etmek için ERP paketlerinden faydalanmaktadır. ERP sistemi, yalnızca belirli birimlere değil, organizasyondaki tüm iş süreçlerine yönelik otomasyon sağlayarak işletmelere kapsamlı destek sunar. Atölye düzeyindeki operasyonlardan üst yönetimin performans izleme faaliyetlerine kadar tüm süreçlerin kesintisiz entegrasyonu, ERP uygulamaları ile mümkün hale gelmiştir. Bu entegrasyon, farklı bilgisayar donanım ve yazılım platformlarının birbiriyle uyumlu hale getirilmesini sağlayarak işletme süreçlerini daha verimli ve etkili bir şekilde yönetme olanağı sunar (Palaniswamy ve Frank, 2000: 43).

ERP sistemlerinde 'Kurumsal' teriminin kullanılması, bu sistemlerin bir kurumun ürün veya hizmet üretimine yönelik tüm fonksiyonlarını kapsamasından kaynaklanmaktadır. ERP sistemleri, 'bütünün parçalarından daha büyük bir anlam

ifade ettiği' anlayışına dayanarak tasarlanmıştır. Bu yaklaşımla, daha önce bağımsız olarak ele alınan işletme işlevleri, ERP aracılığıyla birbiriyle bağlantılı ve uyumlu bir şekilde, kurumsal hedeflere hizmet edecek bir yapı içinde değerlendirilir.

ERP sistemleri, şirketin ortak veri tabanında saklanan bilgileri doğru bir şekilde analiz ederek ve yetkili kişilere ileterek iş süreçlerini optimize eder ve karar alma mekanizmalarını güçlendirir. Bu sayede, organizasyon genelinde verimlilik, entegrasyon ve etkili bilgi akışı sağlanır. (Yegül, 2003: 3).

ERP sistemi, bir organizasyondaki tüm departmanların yazılım ve iş süreçlerini, ortak bir veritabanı üzerinde çalışan entegre bir yazılım çözümünde bir araya getirir. Bu yapı, departmanlar arasında bilgi ve veri paylaşımını kolaylaştırarak işletme süreçlerinin daha verimli ve uyumlu bir şekilde yönetilmesine olanak tanır. (Macvitte, 2001).

ERP (Kurumsal Kaynak Planlaması), işletmenin stratejik hedeflerine uygun şekilde, müşteri taleplerini en etkili biçimde karşılamak için tedarik, üretim ve dağıtım kaynaklarını farklı coğrafi bölgelerde en verimli ve etkili şekilde planlayan, koordine eden ve kontrol eden bir yazılım çözümüdür.

Bu sistem, stratejik planlama doğrultusunda belirlenen hedeflere ulaşmayı desteklerken, aynı zamanda üretim ve dağıtım kaynaklarının kapasite ve özelliklerini detaylı bir şekilde analiz etmeyi mümkün kılar. Değişime duyarlı ve esnek bir faaliyet yönetimi sağlamak, ancak ERP yaklaşımı sayesinde gerçekleştirilebilmektedir. ERP, süreçlerin uyumunu ve etkinliğini artırarak işletmelerin rekabet gücünü önemli ölçüde destekler (Şener, 2001).

ERP yazılımı, bir kurumun tüm organizasyonu boyunca bilgi paylaşımını mümkün kılan entegre yazılım uygulamaları serisidir. Bu sistem, farklı departmanlar ve süreçler arasında veri akışını sağlayarak, işletme genelinde etkinlik, koordinasyon ve karar verme süreçlerini destekler (Pituro, 1999: 41)

ERP'nin en belirgin özelliği, işletmenin farklı coğrafi bölgelerdeki (yurt içi ve yurt dışı) fabrikaları, bu fabrikaların tedarikçileri ve dağıtım merkezlerinin (depo) kaynaklarını eşgüdümlü bir şekilde paylaşmasını sağlamasıdır. Bu doğrultuda, ERP sistemi aşağıdaki kritik kararların alınmasına yardımcı olur:

1. Hangi müşterinin hangi siparişinin, hangi dağıtım merkezinden karşılanacağı veya hangi fabrikada üretileceği,
2. Tüm fabrikaların malzeme ve hizmet ihtiyaçlarının hangi tedarikçilerden temin edileceği,
3. Fabrikalardaki makine, malzeme, işgücü ve enerji gibi üretim ve dağıtım kaynaklarının en verimli ve uyumlu şekilde nasıl kullanılacağı.

Bu sayede, işletme kaynaklarının eşgüdümlü bir şekilde planlanması ve optimize edilmesi sağlanarak, süreçlerde verimlilik ve müşteri memnuniyeti artırılır (Beşkese, 2004: 128).

ERP (Kurumsal Kaynak Planlaması), müşteri/hizmet veren (client/server) mimarisi kullanarak bilgiyi bir ağ üzerinden farklı fiziksel noktalara dağıtan, bu dağıtılmış veri tabanlarını elektronik işletim teknolojisi ve grafik kullanıcı arayüzleri ile entegre eden bir sistemdir. Bu sayede, herhangi bir kullanıcı veri tabanlarının veya programların fiziksel konumundan bağımsız olarak küresel verilere erişebilir ve dağıtılmış veri sistemi tek bir birim gibi kullanılabilir. Bu yapı, şu işlevleri sağlar (Baki, 2000):

- Üst düzey bilgi bütünleşmesi,
- Güncel bilgilere hızlı erişim,
- Küresel lojistik, stok yönetimi ve arz-talep entegrasyonu,
- Pazar, müşteri ve iş dünyasında meydana gelen değişimlere hızlı yanıt verebilme.

ERP sistemi, bilgi teknolojilerini kullanarak işletmenin tüm kaynaklarını planlayan ve bilgi ihtiyaçlarını karşılayan, tamamen entegre bir bilgisayar destekli iş yönetim platformudur. Bu sistem, tüm departmanların yazılım ve süreçlerini ortak bir veritabanı üzerinde çalışan tek bir yazılım çözümünde bir araya getirerek, organizasyon genelinde bilgi paylaşımını sağlar.

ERP yazılımı, işletmelerin organizasyon boyunca bilgi paylaşmasını sağlayan ve işletme süreçlerini optimize etmek için kullanılan yazılım uygulamalarının bir bütünüdür. Bu sayede, işletmeler bilgiye dayalı kararlar alabilir, süreçlerini daha etkin

yönetebilir ve değişen iş koşullarına hızlı bir şekilde adapte olabilir (Düzakın ve Selma, 2002).

ERP'nin en önemli özelliği, işletmenin tüm departmanlarını ve fonksiyonlarını tek bir sistemde birleştirmeyi hedeflemesidir. Farklı ihtiyaç ve beklentilere sahip çok sayıda bölümün aynı bilgisayar sistemi üzerinden entegre edilmesi ve ortak bir bilgi tabanını kullanması zorlu bir süreç olmasına rağmen, işletme için büyük avantajlar sunar.

Bu entegrasyon yaklaşımı, aşağıdaki avantajları sunar:

1. Olağanüstü tasarruflar sağlama: Kaynakların daha etkin kullanımı ile maliyetlerin düşmesi,
2. Çalışma hızını artırma: İş süreçlerinin daha hızlı ve akıcı bir şekilde yürütülmesi,
3. Bilgi kalitesinin yükseltilmesi: Departmanlar arası entegrasyon sayesinde işletme içinde dolaşan bilginin daha tutarlı, doğru ve güvenilir hale gelmesi,
4. Gerçekçi ve doğru kararlar alma: Kaliteli bilginin hızlı dolaşımı, yöneticilerin daha isabetli ve stratejik kararlar almasını sağlar.

Bu özellikler, ERP sisteminin işletme genelinde verimlilik, koordinasyon ve rekabet gücünü artıran önemli bir araç olmasını sağlar (Pak, 2002).

ERP sisteminin temel hedefi, işletmenin muhasebe, finans, lojistik, üretim planlama, stok yönetimi, satın alma, üretim, pazarlama, kalite yönetimi, insan kaynakları, bakım/onarım ve müşteri ilişkileri yönetimi gibi tüm işlevleri arasında iş birliği ve etkileşimi güçlendirerek süreçleri entegre bir yapıda yönetmektir.

ERP sisteminin aşağıdaki gereksinimleri karşılayabilecek kadar çok yönlü olması gerekir:

1. Farklı üretim tiplerini destekleme: ERP, hem stok bazlı hem de sipariş bazlı üretim gibi farklı üretim süreçlerini yönetebilecek kapasitede olmalıdır.

2. Süreç çeşitliliğini yönetme: Sürekli üretim süreçleri kadar kesikli üretim süreçlerini de desteklemelidir.

3. Tedarik zinciri boyunca hızlı bilgi akışı sağlama: Bir işletmenin verimliliği, müşteriden üreticiye ve üreticiden tedarikçiye kadar olan süreçlerde bilgi akışının hızlı ve kesintisiz olmasına bağlıdır.

Bu hedeflere ulaşabilmek için bir ERP sistemi, satış, muhasebe, mühendislik, planlama, stok yönetimi, üretim, satın alma, kalite yönetimi, dağıtım planlama ve dış nakliyat gibi tüm alanlarda kapsamlı bir fonksiyonelliğe sahip olmalıdır. ERP'nin bu işlevleri bir araya getirip optimize etmesi, işletmelerin verimliliğini artırırken süreçlerini hızlandırır ve müşteri memnuniyetini iyileştirir. (Shankarnarayanan, 2000).

ERP (Kurumsal Kaynak Planlaması), işletmenin stratejik hedeflerine uygun olarak, müşteri taleplerini en iyi şekilde karşılamak amacıyla, farklı coğrafi bölgelerdeki tedarik, üretim ve dağıtım kaynaklarını en etkin ve verimli şekilde planlayan, koordine eden ve kontrol eden bir yazılım çözümüdür. Bu sistem, işletme süreçlerini entegre ederek kaynakların doğru ve etkili bir şekilde kullanılmasını destekler (Baki, 2000).

ERP sisteminin uygulanması, genellikle uzun ve karmaşık bir süreçtir. Ancak, doğru bir kurulum, iyi planlanmış bir strateji ve sabır ile bu sistem, işletmelere önemli faydalar sağlayabilir. ERP, organizasyondaki üretim planlama, satın alma, üretim, satış ve müşteri hizmetleri gibi çeşitli iş birimlerini entegre eden ve merkezi bir yapıda yöneten bir yazılım altyapısıdır.

Bu sistemin kullanılması, organizasyon içindeki tüm birimler arasında iş birliği ve etkileşimde önemli bir iyileşme sağlamalıdır. Bu sayede süreçler daha verimli hale gelir, bilgi akışı hızlanır ve kaynaklar daha etkin bir şekilde yönetilebilir. ERP'nin sunduğu entegrasyon, işletme genelinde tutarlılığı artırırken, karar alma süreçlerini de güçlendirecektir (Macvitte, 2001).

ERP sistemini benimseyen bir şirket, insan kaynakları, muhasebe, satış, üretim, dağıtım ve tedarik zinciri yönetimi gibi tüm iş birimlerinin tam anlamıyla entegre edildiği bir organizasyon olarak görülür. Bu entegrasyon, farklı departmanlar arasında bilgi ve veri akışını optimize ederek süreçlerin daha koordineli ve verimli bir şekilde yönetilmesini sağlar. Böyle bir yapıya sahip şirketler, tüm iş birimlerinin aynı sistem

üzerinde çalışması sayesinde tutarlılık ve uyum elde eder, bu da hem iç operasyonları hem de müşteri hizmetlerini iyileştirir (Bingi, vd., 1999)

1.1.4.Bilgisayar Bütünleşik (Tümleşik) Üretim (CIM)

Bilgisayarların üretim süreçlerinde kullanılmasına yönelik ilk uygulamalar, uzay ve savunma sanayilerinde bilgisayar destekli tasarım (CAD) teknolojilerinin benimsenmesiyle başlamıştır. Daha sonraki aşamalarda bilgisayar otomasyonu, üretim sürecinde kullanılan makineleri de kapsayarak bilgisayar destekli üretim (CAM) kavramını öne çıkarmıştır. Bu gelişmeler, üretim süreçlerinin daha verimli, hassas ve esnek bir şekilde yönetilmesini mümkün kılmıştır (Üreten, 1999: 248).

Üretim sisteminin finans, pazarlama, muhasebe gibi diğer işletme sistemleriyle bütünleştirilmesi ve bu farklı bilgi sistemlerinin bilgisayarlar aracılığıyla entegre edilmesi, Bilgisayarla Bütünleşik İmalat (Computer Integrated Manufacturing - CIM) kavramının doğmasına neden olmuştur. CIM, işletme genelinde farklı fonksiyonların koordinasyonunu ve veri paylaşımını sağlayarak üretim süreçlerinin daha verimli, uyumlu ve entegre bir şekilde yürütülmesine olanak tanır (Çelikçapa, 2000: 13).

Bilgisayar Tümleşik Üretim (BTÜ), doğru bilginin doğru zamanda ve doğru yerde hazır bulunmasını sağlayarak örgütsel amaçların, ürünlerin ve süreçlerin başarısını destekleyen bir üretim yaklaşımıdır. Bu sistem, üretim süreçlerine bilgisayar teknolojilerinin entegrasyonunu içerir.

BTÜ'nin temel amacı, farklı teknolojileri birleştirerek otomasyon ile işgücü arasında denge kurmak, kaliteyi artırmak, verimliliği yükseltmek, maliyetleri en aza indirmek ve maksimum kar elde etmektir. Ayrıca, işletme kaynaklarını daha etkin kullanarak rekabet avantajı sağlar. Bilgisayar teknolojilerinin üretimdeki temel işlevi, mühendislik ve işletim süreçlerini tek bir çatı altında birleştirmektir. Bu entegrasyon, üretim süreçlerini daha verimli, uyumlu ve koordineli hale getirir ve hem tasarım hem de operasyonel faaliyetlerin bir bütün olarak yönetilmesine olanak tanır. (Anlağan ve Kılınç, 1992: 14-21).

Bilgisayar Tümleşik Üretim (BTÜ), tamamen otomatik bir işletme oluşturmayı hedeflemekten ziyade, farklı teknolojileri entegre ederek otomasyon ile insan iş gücü arasında uyum sağlamayı amaçlar. BTÜ, işletmenin farklı departmanları arasında ve

tüm seviyelerdeki operasyonel ilişkileri belirleyen bir organizasyonel yapıdır. Bu sistem, hem insan hem de teknoloji kaynaklarının etkili bir şekilde iş birliği yapmasına olanak tanıyarak işletme süreçlerini optimize eder ve koordinasyonu artırır (Erdem vd., 1997: 45-46). Bu ifade, her işletmenin kendine özgü ihtiyaçlarına ve iş süreçlerine göre özel olarak tasarlanması gereken bilgisayar programlarını ifade etmektedir. Bu tür programlar, işletmenin hedeflerine uygun çözümler sunarak, operasyonel etkinliği artırmak ve işletme süreçlerini daha verimli bir şekilde yönetmek için geliştirilir.

Bilgisayar Tümlşik Üretim (BTÜ) sisteminin işletmeye uygulanması sürecinde, belirlenmesi gereken üç temel aşama bulunmaktadır:

1. Firma İhtiyaçlarının Belirlenmesi: İşletmenin mevcut süreçlerinin analiz edilmesi ve BTÜ sisteminden beklentilerinin netleştirilmesi. Bu aşamada, üretim gereksinimleri, operasyonel hedefler ve entegrasyon ihtiyaçları ayrıntılı bir şekilde tanımlanır.

2. Yazılımın Seçilmesi: İşletmenin ihtiyaçlarına en uygun olan, işlevselliği ve entegrasyon kabiliyeti yüksek yazılımın belirlenmesi. Bu seçim, süreçlerin otomasyonunu destekleyen ve üretim yönetimini kolaylaştıran özelliklere göre yapılır.

3. Donanımın Seçilmesi: Yazılımın verimli bir şekilde çalışmasını destekleyecek uygun donanım altyapısının seçilmesi. Bu aşama, BTÜ sisteminin sorunsuz bir şekilde işlemlerini sağlayacak teknolojik ekipmanların belirlenmesini içerir.

Bu üç aşama, BTÜ sisteminin başarılı bir şekilde uygulanması için kritik bir rol oynar ve sistemin işletme hedeflerine uygun olarak yapılandırılmasını sağlar (Ohlsen, 1999: 107-120).

Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD), bir nesnenin tasarım sürecinin bilgisayar teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilmesidir. Bilgisayarların hızlı çalışabilmesi, geniş bilgi depolama kapasitesi ve yeni sonuçlar üretebilme yeteneği sayesinde, CAD klasik tasarım yöntemlerine göre daha verimli bir çalışma ortamı sunar. CAD, tasarım

sürecinde doğru bilgilerin hızla sağlanmasını kolaylaştırırken, tasarımların geri çağrılması ve düzenlenmesini de son derece pratik hale getirir.

Bilgisayarla Tümüleşik Üretim (CIM), imalat süreçlerinde bilgisayar kontrollü makineler ve otomasyon sistemlerinin kullanımını ifade eder. CIM, Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) ve Bilgisayar Destekli Üretim (CAM) gibi teknolojileri birleştirerek el işçiliğini en aza indirir, tekrar eden görevleri otomatikleştirir ve hatasız bir üretim süreci sunar.

CIM'in avantajları şunlardır:

- Hızlı ve hatasız üretim: Gerçek zamanlı sensörler ve kapalı döngü kontrol süreçleri ile üretim sürecini otomatikleştirir.
- Verimlilik artışı: Üretim sürecinin hızını artırır ve manuel müdahaleyi en aza indirir.
- Geniş uygulama alanı: Özellikle otomotiv, havacılık, uzay ve gemi inşa gibi endüstrilerde yaygın olarak kullanılır.

Bu teknolojiler, modern üretim süreçlerinin hızlanmasına, maliyetlerin düşmesine ve kalite standartlarının yükselmesine katkıda bulunur (The Astrology Page, erişim tarihi: 2024).

Bilgisayar Tümüleşik Üretim (BTÜ) uygulamalarına yönelik yapılan değerlendirmeler, bu sistemlerin beklentilerin ötesinde faydalar sağladığını ortaya koymaktadır. Bu faydalar, yalnızca doğrudan kazançlarla sınırlı kalmayıp dolaylı kazanımları da kapsamaktadır. BTÜ'nün sağladığı bu dolaylı kazançlar, uygulama öncesinde temel hedefler arasında yer almasa da, uygulama sonrasında işletmeler için kritik öneme sahip olduğu görülmektedir (Balkan, 2009).

BTÜ'nün Sağladığı Maddi Faydalar:

- Yüksek kâr oranları: Verimli üretim süreçleri ve azalan israf, işletmenin kârlılığını önemli ölçüde artırır.
- Daha az işgücü, daha yüksek makine kullanımı: Otomasyonun artışıyla iş gücü ihtiyacı azalır ve makineler daha etkin kullanılır.

- Daha az artık ve kötü ürün: Üretim süreçlerinin daha hassas kontrolü ile israf ve hatalı ürün oranları düşer.
- Daha yüksek kapasite: Üretim süreçlerinin optimize edilmesiyle işletmenin üretim kapasitesi artar.
- Daha kısa ürün geliştirme süresi: Yeni ürünlerin tasarımı ve üretime alınması hızlanır.
- Ürün tesliminde gecikmelerin azalması: Planlama ve süreç yönetimi iyileştirildiğinden teslim süreleri kısılır.
- Daha düşük garanti masrafları: Daha kaliteli üretim, garanti kapsamında olan sorunları ve maliyetlerini azaltır.

BTÜ'nün Sağladığı Manevi Faydalar:

- Çalışan moralinin yükselmesi: Daha modern ve güvenli bir çalışma ortamı, çalışan memnuniyetini ve motivasyonunu artırır.
- Daha güvenli çalışma ortamı: Otomasyon ve düzenli süreçler iş yerinde güvenliği artırır.
- Müşteriye karşı daha seçkin görünüm: Teknoloji odaklı üretim, müşterilere profesyonellik ve güven verir.
- Daha fazla program esnekliği: Üretim süreçleri, değişen taleplere daha hızlı ve kolay uyum sağlar.
- Gelişim için daha fazla imkan: Yeni teknolojilerle işletmelerin gelişim kapasiteleri artar.

BTÜ Sistemi Üç Ana Alt Sistemden Oluşur:

1. Yönetim Bilgi Sistemi (YBS) (Management Information System - MIS): İşletmenin tüm fonksiyonlarını destekleyen ve veri akışını yöneten bilgi sistemidir.

2. Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) (Computer Aided Design - CAD): Ürün tasarımının hızlı ve hassas bir şekilde yapılmasını sağlar.

3. Bilgisayar Destekli İmalat (BDİ) (Computer Aided Manufacturing - CAM): Üretim süreçlerini otomatikleştirerek, hatasız ve verimli bir üretim sağlar.

Bu alt sistemler, BTÜ'nün güçlü entegrasyon yeteneği ile işletme süreçlerini optimize ederek rekabet avantajı sağlar (Kıral, 1996: 23-24).

1.1.4.1.Yönetim Bilgi Sistemi (Management Information System; MIS)

Yönetim Bilgi Sistemi (MIS), evrensel bir tanıma sahip olmamakla birlikte, farklı bağlamlarda çeşitli şekillerde tanımlanabilir. Genellikle bilgi sistemi, karar destek sistemi veya bilgisayar tabanlı bilgi sistemi olarak adlandırılmaktadır.

En yalın ifadeyle MIS, örgüt içi ve dışı çevreden gelen ham verileri toplayan, bu verileri işleyen ve anlamlı bilgiye dönüştürerek yöneticilere sunan bir sistemdir. Bu sayede yöneticiler, doğru ve zamanında sağlanan bilgilerle karar alma süreçlerini daha etkili bir şekilde gerçekleştirebilir.

MIS, örgütün performansını artırmaya yönelik stratejik ve operasyonel kararların desteklenmesi için tasarlanmış bir bilgi yönetim aracı olarak önemli bir rol oynar (<https://duzce.edu.tr>, 2024).

Yönetim Bilişim Sistemleri (YBS), bilgisayar bilimleri ile işletme yönetiminin kesişim noktasında yer alan bir disiplindir. YBS, bir işletmede bilişim sistemleriyle ilgili altyapıyı, gereksinimleri ve planlamayı ele alır. Bu sistemler, işletmenin stratejik ve operasyonel hedeflerini desteklemek için bilgi teknolojilerinin etkin bir şekilde kullanılmasını sağlar.

YBS'nin temel amacı, işletmenin tüm birimlerinde bilgi ve iletişim teknolojilerini entegre ederek süreçleri optimize etmek, karar alma süreçlerini güçlendirmek ve rekabet avantajı yaratmaktır (<https://tr.wikipedia.org>, 2024).

Yönetim Bilgi Sistemleri (MIS), bir organizasyonun iç ve dış kaynaklarından elde edilen verileri bilgiye dönüştürmek amacıyla kullanılan sistemlerdir. Bu sistemler, dönüştürülen bilgiyi, uygun bir formatta, yöneticilere sunar. Yöneticiler, bu bilgiyi sorumlu oldukları faaliyetler için zamanında ve etkili kararlar alırken kullanabilirler.

MIS, işletmenin farklı yönetim fonksiyonlarını destekleyerek, stratejik, taktiksel ve operasyonel düzeyde karar alma süreçlerini iyileştirir. Bu sayede organizasyonun genel verimliliği artırılır ve daha bilinçli, hızlı ve doğru kararlar alınması sağlanır (Ekren, erişim tarihi: 2024).

1.1.4.2.Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Design; CAD)

Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT- Computer Aided Design; CAD), üretim sürecine dahil edilmesi planlanan bir ürünün tasarım ve analizinin tamamen bilgisayar teknolojileri kullanılarak gerçekleştirilmesi olarak tanımlanır. BDT, ürünün dijital bir modelinin bilgisayar ekranında oluşturulmasını sağlar ve bu model üzerinde çalışılarak istenilen tasarım değişiklikleri kolaylıkla yapılabilir.

BDT sistemleri, tasarımcılara şu avantajları sunar:

- Kopyalama, ölçekleme ve döndürme gibi işlevler: Tasarım süreçlerini hızlandırır ve kolaylaştırır.
- Hızlı değişiklik yapma imkânı: Tasarımların hızlı bir şekilde gözden geçirilmesi ve düzenlenmesi sağlanır.

BDT, işletmelerin gelen yeni ürün taleplerine kısa sürede yanıt verebilmesini mümkün kılar. Bu da, işletmenin verimliliğini ve etkinliğini artırarak rekabet avantajı elde etmesini sağlar. Tasarım süreçlerini hızlandıran ve daha doğru sonuçlar sunan BDT, modern üretim sistemlerinde vazgeçilmez bir araçtır (Semiz, 2004: 122-132).

Küresel rekabetin artması, benzer ürünlerin çoğalması ve ürün yaşam döngülerinin kısalması, tasarım mühendisleri üzerinde ciddi bir baskı yaratmıştır.

Bu baskılar, ürünlerin daha hızlı bir şekilde piyasaya sunulması, üretim öncesinde tam ve doğru bir tasarım yapılması ve ürünün kullanım ömrü boyunca geçen sürenin daha verimli hale getirilmesi gerekliliklerini kapsamaktadır. Bu durum, mühendislerin daha hızlı, esnek ve yenilikçi tasarım süreçleri geliştirmesini zorunlu kılmaktadır (Erdoğan, 1995: 4).

CAD (Computer Aided Design - Bilgisayar Destekli Tasarım), mühendislik tasarımcılarının tasarımlarını geliştirmek, düzenlemek ve şekillendirmek için

bilgisayarı birincil araç olarak kullandıkları bir süreci tanımlar. Bu süreçte bilgisayar, tasarımcının veri analizlerini gerçekleştirdiği, hesaplamalarını yaptığı ve tasarımlarını üç boyutlu grafikler halinde oluşturduğu bir terminal işlevi görür.

CAD'in temel özellikleri şunlardır:

- Görselleştirme ve inceleme: Tasarım bilgisayarda döndürülebilir ve farklı açılar, düzlemler veya kesitler üzerinden detaylı şekilde incelenebilir.
- Hızlı değişiklik yapma imkanı: Tasarım üzerinde değişiklikler hızlıca yapılabilir ve her aşamada veriler geri çağrılarak yeniden düzenlenebilir.
- Veri depolama: Tasarım sürecindeki veriler hafızaya alınabilir ve gerektiğinde tekrar kullanılabilir.
- Çıktı alma: Tasarım tamamlandığında çizim istenirse çıktı olarak alınabilir veya dijital ortamda kaydedilebilir.

Bu özellikler sayesinde CAD, tasarımcıların daha verimli, esnek ve yenilikçi çözümler üretmesine olanak tanır ve tasarım süreçlerinin hızlanmasını sağlar (Gibbs, 1994: 195-204).

Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) sistemleri, bilgisayar veya sunucularda kurulu grafik işleme ve ölçeklendirme yazılımlarından oluşur. Bu sistemlerde, tasarlanan model, ölçüleri ve teknik çizimleriyle birlikte tasarımcının ekranında görüntülenebilir. BDT, tasarımcıya hem görselleştirme hem de detaylı çalışma imkanı sunar.

BDT sistemlerinin bilgisayar bütünleşik üretim (CIM) sistemlerindeki önemi şunlardır:

1. Tasarım verilerinin saklanması: Tasarımla ilgili tüm veriler, veri tabanlarında saklanır ve bu verilere yıllar sonra bile erişilerek üretim sistemine yeniden aktarılabilir. Bu, geçmiş tasarımların kolayca güncellenmesini ve yeniden kullanılmasını sağlar.
2. Koordinasyon sağlama: BDT, üretim süreci ve tasarım süreci arasında sistematik bir koordinasyon oluşturarak, iki süreç arasındaki uyumu güçlendirir.

3. Verimlilik artışı: Tasarım ve üretim süreçlerinin entegre edilmesi, zaman kaybını azaltır ve süreçlerin daha verimli bir şekilde ilerlemesini sağlar.

BDT, tasarım ve üretim süreçlerini birbirine bağlayan kritik bir köprü olarak modern üretim sistemlerinde vazgeçilmez bir rol oynar. Bu entegrasyon, işletmelerin daha hızlı, doğru ve maliyet etkin çözümler geliştirmesine olanak tanır (Kıral, 1996: 26).

Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT), aşağıda belirtilen dört temel kademedен oluşur:

1. Geometrik Modelleme: Tasarlanan parçanın şekil ve boyutlarının üç boyutlu olarak bilgisayarda modellenmesi.
2. Mühendislik Analizleri: Model üzerinde mühendislik hesaplamalarının yapılması, örneğin dayanıklılık, stres veya ısı analizleri gibi.
3. Kinematik: Hareketli parçaların veya mekanizmaların hareketlerinin ve davranışlarının simüle edilmesi.
4. Otomatik Çizim: Teknik çizimlerin bilgisayar ortamında oluşturulması ve çıktı alınması.

BDT sistemi, temel olarak bir grafik terminalinden oluşur. Tasarımcı, teknik çizimi bilgisayar ekranında görüntüler ve klavye veya tablet gibi araçlar kullanarak çizim işlemini gerçekleştirir. Bu teknoloji, tasarım sürecini hızlandırırken hata oranını da önemli ölçüde azaltır.

BDT'nin Bilgisayarla Tümlleşik Üretim (CIM) ortamındaki önemi şunlardan kaynaklanır:

- Veri Saklama ve Yönetimi: Tasarımla ilgili veriler, veri tabanlarında saklanabilir. Bu veriler, tasarımda yapılan değişiklikler gibi detayları içerir ve gerektiğinde kolayca erişilebilir.

- Üretim Entegrasyonu: Saklanan tasarım verileri, bilgisayar aracılığıyla üretim sistemlerine aktarılabilir. Bu entegrasyon, tasarım ve üretim süreçleri arasındaki uyumu sağlar.

- Değişiklik Yönetimi: Tasarımda yapılan değişiklikler anında üretim sistemlerine yansıtılabilir, böylece süreçteki gecikmeler en aza indirilir.

BDT, üretim sürecinin temel bir parçası olarak hem tasarım doğruluğunu artırır hem de üretim süreçlerinin daha hızlı ve verimli bir şekilde işlemesine katkı sağlar (Kıral, 1996: 26).

Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT), bilgisayar üzerinde tasarım yapmayı ifade eder ve tasarımcılara önemli kolaylıklar sağlayan kopyalama, ölçekleme ve döndürme gibi işlevleri içerir. Kopyalama özelliği, aynı özelliklere sahip ürünlerin tekrarlayan parçalarının kolayca oluşturulan tasarıma aktarılmasını mümkün kılar.

CAD (Computer Aided Design - Bilgisayar Destekli Tasarım), mühendislik tasarımcılarının tasarımlarını geliştirmek, revize etmek ve şekillendirmek için bilgisayarı temel araç olarak kullandıkları bir süreci ifade eder. Bu sistemlerde bilgisayar, tasarımcının:

1. Veri analizi yapmasını,
2. Hesaplamalarını gerçekleştirmesini,
3. Üç boyutlu grafiksel görüntüler oluşturmalarını sağlar.

BDT'nin temel özellikleri:

- Döndürülebilir ve incelenebilir görüntüler: Tasarım, farklı açılar, düzlemler ve kesitler üzerinden detaylı olarak incelenebilir.
- Hızlı değişiklik yapabilme: Tasarım üzerinde yapılan değişiklikler kolayca uygulanabilir.
- Veri depolama: Tasarım sürecinde oluşturulan tüm veriler kaydedilebilir ve istenildiğinde geri çağrılabilir.
- Çizim ve çıktı alma: Tasarım tamamlandığında çizim dijital olarak kaydedilebilir veya yazılı çıktı alınabilir.

Bu özellikler, BDT sistemlerinin tasarım süreçlerini hızlandırmasını, hata oranını azaltmasını ve daha verimli bir çalışma ortamı sunmasını sağlar. Tasarımcıların çalışmalarını daha kolay ve etkili bir şekilde yürütmesine imkân

tanıyan BDT, modern mühendislik ve üretim süreçlerinin vazgeçilmez bir parçasıdır (Gibbs, 1994: 195-204).

1.1.4.3.Bilgisayar Destekli İmalat (CAM) Sistemi

Bilgisayar Destekli Üretim (BDÜ - Computer Aided Manufacturing; CAM), bir malzemeyi satışa hazır bir ürüne dönüştürmek için kullanılan kontrollü üretim tekniklerini ve bu tekniklerin ön hazırlık aşamalarını kapsayan bir süreçtir. BDÜ, üretim süreçlerini optimize etmek, otomasyon yoluyla daha hızlı, hassas ve verimli bir şekilde gerçekleştirmek için bilgisayar teknolojilerinden faydalanır.

Bu sistem, tasarımdan üretime kadar olan süreci entegre ederek üretim hatalarını minimize eder ve ürün kalitesini artırır. BDÜ, özellikle karmaşık üretim süreçlerinde kritik bir rol oynar ve modern üretim sistemlerinin temel bileşenlerinden biridir (Semiz, 2004: 122-132).

Bilgisayar Destekli Üretim (BDÜ- Computer Aided Manufacturing; CAM), imalat sürecinde tezgahların bilgisayarla programlanması ve çalıştırılmasını hedefleyen bir sistemdir. BDÜ'nün işlevi, Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) tarafından oluşturulan geometrik veri tabanındaki bir parçanın tanımını yorumlayarak, parçanın üretilebilmesi için gerekli yöntemleri belirlemektir.

BDÜ'nin özellikleri şunlardır:

- Tezgâh programlaması: Bilgisayar sayısal kontrollü (CNC) tezgahlar için programlar otomatik olarak hazırlanabilir.
- Simülasyon yeteneği: Üretim süreci, üretim öncesinde simüle edilerek doğruluk kontrol edilebilir.
- Çeşitli cihazlarla entegrasyon: BDÜ, CNC tezgahlar, robotlar, koordinat ölçüm cihazları ve diğer programlanabilir cihazlar için üretim planları ve programları oluşturabilir.

BDÜ'nün işlevleri:

- Kullanıcılara veri işleme desteği sağlar.
- Hammaddeyi, satışa hazır bir ürüne dönüştürmek için bilgisayar kontrollü teknikleri kullanır.

- Üretim sürecini otomasyon ve verimlilikle optimize eder.

Bu özellikler, BDÜ'nün modern üretim süreçlerinde verimlilik, hassasiyet ve kalite artırıcı bir sistem olarak kullanılmasını sağlamaktadır (Aydoğan, 1997: 66-68).

Bilgisayar Destekli Üretim (BDÜ- Computer Aided Manufacturing; CAM), otomatik montaj hatlarının veya sayısal kontrollü (NC) makinelerin, tasarım verilerini girdi olarak alıp üretim için kullanılabilir bir dile dönüştürmesi olarak tanımlanabilir.

BDÜ, tasarım sürecinde oluşturulan geometrik ve teknik verileri üretim sürecinde kullanılabilir hale getirerek, üretim cihazlarının doğru ve verimli bir şekilde çalışmasını sağlar. Bu dönüşüm, tasarım ve üretim süreçleri arasındaki entegrasyonu güçlendirir ve üretim sürecinde hata oranını azaltırken, verimliliği artırır (Mechling vd., 1995: 74). Bu bağlamda, Bilgisayar Destekli Üretim (BDÜ) yazılımı, bilgi bankalarında saklanan parça tasarımı verilerini, üretim yöntemine ilişkin teknolojik bilgilerle entegre eder. Bu entegrasyon sayesinde, parçaların işlem sıralarını belirler ve bu işlemler için kullanılacak sayısal kontrollü (NC) tezgahların anlayabileceği bir makine dilinde parça programları oluşturur.

Bu süreç, fiziksel üretimin doğru, hızlı ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanır. Bilgisayar Destekli Üretim (BDÜ) yazılımı, tasarım ve üretim süreçleri arasındaki bağlantıyı güçlendirerek üretim hatalarını azaltır ve süreçlerin otomasyonunu destekler. Bu sayede, karmaşık üretim süreçlerinin yönetimi kolaylaşır ve işletmenin genel verimliliği artırılır.

BDÜ'nün sağladığı bu avantajlar, modern üretim sistemlerinde süreçlerin optimize edilmesi ve rekabet avantajının artırılması açısından kritik bir rol oynar (Üreten, 1999: 249).

Bilgisayar Destekli Üretim (BDÜ), bilgisayar sayısal kontrollü (CNC) tezgahlar, robotlar, koordinat ölçüm cihazları ve diğer programlanabilir cihazlar için üretim planları ve programları oluşturarak kullanıcılara veri işleme desteği sağlayan bir sistemdir. BDÜ, hammaddeyi satışa hazır bir ürüne dönüştürmek için üretim süreçlerinde bilgisayar kontrollü tekniklerden faydalanır.

Bu yaklaşım, üretim süreçlerini daha verimli, hassas ve otomatik hale getirirken, aynı zamanda üretim hatalarını en aza indirir ve süreçlerin daha hızlı ilerlemesine

olarak tanır. BDÜ, modern üretim sistemlerinde verimlilik ve kaliteyi artıran temel bir teknoloji olarak ön plana çıkar. (Aydoğan ve Semiz, 2004: 119).

Bilgisayar Destekli Tasarım ve Üretim (CAD/CAM) sistemleri ile gerçekleştirilen nümerik kontrol (NC) programlama, üretim süreçlerine önemli avantajlar sunmaktadır. Bu sistemler sayesinde:

1. İnsan hatası önemli ölçüde azaltılır: Programlama ve üretim süreçlerinde otomasyon sayesinde hataların en aza indirilmesi sağlanır.
2. İşlemler hızlanır: CAD/CAM, programlama ve üretim süreçlerini otomatikleştirerek daha kısa sürede sonuç alınmasını mümkün kılar.
3. Değişiklikler kolay ve hızlı uygulanır: Tasarım veya üretim aşamalarında ihtiyaç duyulan değişiklikler hızlı bir şekilde sisteme entegre edilebilir.

Bu özellikler, CAD/CAM sistemlerinin üretim süreçlerini daha verimli ve esnek hale getirerek modern üretim tekniklerinin vazgeçilmez bir parçası olmasını sağlamaktadır (Çapçı, 1997: 29).

Bilgisayar Destekli İmalat (BDİ - Computer Aided Manufacturing; CAM), bilgisayar yardımıyla tasarlanan bir parçanın, bilgisayar kontrollü ve sayısal kontrollü (CNC) takım tezgahlarında işlenmesi sürecini ifade eder. Tasarım verileri bilgi bankalarında saklanır ve CAM yazılımı bu verileri kullanarak aşağıdaki işlemleri gerçekleştirir:

1. İmalat yöntemiyle ilgili teknolojik bilgileri entegre eder: Parçanın üretim süreçlerini belirlemek için tasarım verilerini ve üretim yöntemine dair bilgileri bir araya getirir.
2. İşlem sırası ve verilerini oluşturur: Parçanın hangi sırayla ve hangi işlemle işleneceğini belirler.
3. Nümerik tezgah programını hazırlar: CNC tezgahların anlayabileceği makine dilinde bir program oluşturarak üretim sürecine aktarır.

Bu süreç, tasarım ve üretim arasında kusursuz bir entegrasyon sağlayarak, üretim hatalarını azaltır, üretim hızını artırır ve daha verimli bir üretim süreci oluşturur. BDİ,

modern üretim teknolojilerinde kalite ve hassasiyetin artırılmasında kritik bir rol oynamaktadır (Tekin vd., 2003: 126)

Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) ve Bilgisayar Destekli Üretim (BDÜ) sistemleri, modern üretim süreçlerinde birbirini tamamlayan kritik teknolojilerdir. BDT, geometrik bir veri tabanında bir parçanın tanımını oluşturmayı hedeflerken, BDÜ, bu geometrik tanımlamayı yorumlayarak parçanın üretimi için gerekli yöntemleri belirler. BDÜ, bilgisayar sistemindeki bilgileri alarak tezgahları harekete geçirme kabiliyetine sahiptir.

Bilgisayar Destekli Üretim Teknolojisi:

- Üretim planlama ve denetim süreçlerini otomatikleştirme anlamı taşır.
- Yazılımların yenilenmesi ve işlevselliklerinin artırılmasıyla, süreçlerdeki yolların planlanması, tezgahların programlanması, araç-gereçlerin ayarlanması ve proseslerin denetlenmesi alanlarında bilgisayar kullanımının artması beklenmektedir.

Kullanım ve Ekonomik Etki:

- Bu sistemlerin maliyetli olması nedeniyle, genellikle büyük işletmeler tarafından tercih edilmektedir.
- Ancak, sistemlerin birlikte ve entegre kullanılması, işletmelerde belirgin faydalar ve iyileştirmeler sağlamış, yöneticiler bu teknolojilerin avantajlarını açıkça fark etmiştir.

BDT ve BDÜ'nün entegre kullanımı, tasarım ve üretim süreçleri arasındaki uyumu güçlendirir, verimliliği artırır ve üretim sürecini daha hızlı, hassas ve esnek hale getirir.

Bu durum, işletmelere rekabet avantajı sağlarken, teknolojinin kullanımını daha da yaygınlaştırmaktadır (Çetin, 2019).

Son tanımda, Bilgisayar Destekli Üretim (BDÜ) teknolojisinin, üretim planlama ve denetimin otomasyonu anlamını taşıdığı açıkça görülmektedir. Bilgisayar yazılımlarının gelişmesiyle, BDÜ'nün kullanım alanları genişlemiş ve şu işlevlerde etkinliği artmıştır:

- Üretimin planlanması: Üretim süreçlerinin daha verimli bir şekilde organize edilmesi,
- Üretimde izlenecek yolların belirlenmesi: Parçaların işlem sırası ve üretim adımlarının detaylandırılması,
- Sayısal denetimli tezgah programlarının hazırlanması: CNC tezgahlar için otomatik programlama,
- Üretim araçlarının ayarlarının yapılması: Gerekli ayarlamaların hassasiyetle gerçekleştirilmesi,
- Üretim süreçlerinin denetlenmesi: Üretimin her aşamasının kontrol edilmesi ve optimize edilmesi.

Maliyet ve Kullanım Alanı: BDÜ teknolojisinin yüksek maliyetli olması, bu sistemlerin genellikle büyük işletmeler tarafından kullanılmasına neden olmaktadır. Ancak, yöneticiler tasarım (BDT) ve üretim (BDÜ) sistemlerinin birleştirilmesiyle, yani tasarımdan üretime geçişin tamamen otomatikleştirilmesiyle, işletme verimliliğinde ve ürün kalitesinde önemli iyileştirmeler sağlanabileceğini fark etmişlerdir.

BDÜ, sadece büyük işletmeler için değil, uzun vadede rekabet avantajı sağlamak isteyen tüm işletmeler için stratejik bir yatırım niteliğindedir. Tasarım ve üretim süreçlerinin entegrasyonu, süreçlerin hızlanmasını, maliyetlerin düşmesini ve kalite standartlarının yükselmesini mümkün kılar (Üreten, 1999: 250).

1.1.5.GRUP Teknolojisi ve Hücreli üretim

Grup Teknolojisi (GT) kavramı, ilk kez 1950'li yıllarda Rus mühendis Mitrafanov tarafından ortaya atılmıştır. Bu kavram, ardından Batı ve Doğu Avrupa, Japonya ve ABD'ye yayılmıştır. Özellikle 1960'ların sonları ve 1970'li yıllarda, üretim hücrelerinin uygulanması büyük ilgi görmüş ve bu alanda kapsamlı akademik çalışmalar başlamıştır.

Günümüzde ise GT, özellikle gelişmiş ülkelerde yaygın bir uygulama alanı bulmuş, üretim süreçlerinin düzenlenmesinde ve verimliliğin artırılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu teknoloji, üretim süreçlerini daha etkin bir şekilde organize

etmek ve benzer özelliklere sahip parça veya ürünleri gruplandırarak üretim maliyetlerini azaltmak için kullanılmaktadır (www.yildiz.edu.tr, erişim tarihi: 2024)

Grup Teknolojisi (GT)/Hücresele İmalat, benzer parça ve ürünlerin imalat ve tasarım süreçlerindeki benzerliklerinden faydalanmayı amaçlayan bir üretim felsefesidir. Bu yaklaşım, benzer özelliklere sahip parçaların belirlenmesi ve bu parçaların gruplandırılması üzerine kuruludur.

Bu gruplandırma sayesinde:

- Üretim süreçleri daha verimli hale gelir,
- Maliyetler azalır,
- Tasarım ve üretim süreleri kısalmır.

Grup teknolojisi, üretim kaynaklarının daha etkin kullanımını sağlayarak, işletmelerin rekabet gücünü artırır ve modern üretim sistemlerinde önemli bir rol oynar (Mechling vd., 1995: 74) Ayrıca, üretim tesislerini ve parçaları üretecek tezgah türlerini hücreler şeklinde organize eden bir yöntemdir. Grup teknolojisinin temel amacı, fabrika içindeki malzeme akış sistemini basitleştirmektir (Emre, 1995: 24).

Grup Teknolojisi (GT), parçaların geometrik şekillerini temel alarak, bu parçaların ve süreçlerin sınıflandırılmasında bilgisayar sistemleri kullanan bir üretim metodolojisidir (Demirdöğen, 2004: 14). Hücresele üretimde, makine grupları ve yapı ailesi oluşturmak için çeşitli kodlama yöntemleri ve matematiksel algoritmalar geliştirilmiştir. Bu matematiksel algoritmalarından biri, endüstri uygulamaları ile test edilerek sonuçlar değerlendirilmiştir (Çelik, 1999).

Geleneksel üretim sistemlerinden farklı bir yaklaşım olan Hücresele Üretim Sistemleri (HÜS), maliyet ve kalite açısından geleneksel sistemlere göre daha avantajlıdır. HÜS, iki temel amaç doğrultusunda kurulur (Atalay vd., 1998: 67):

- Basit süreçlerin yer aldığı endüstrilerde, kitlesel üretimle elde edilen tasarruflara eşdeğer tasarrufları, kesikli ve atölye tarzı üretimle sağlamak,
- İşletmedeki çalışanlar arasındaki ilişkileri geliştirmek için daha iyi bir sosyal altyapı oluşturmak.

Bir ürün ailesinin üretimine yönelik üretim hücresinin oluşturulmasıyla, az sayıda ve küçük partiler halinde çok çeşitli parça tasarımları yerine, belirli parça ailelerinin

daha büyük partiler halinde ve daha sık üretilmesi mümkün hale gelir (Üreten, 1999: 237).

Grup Teknolojisi (GT), benzer parçaların üretiminde kullanılan, farklı işlevlere sahip makinelerin bir arada gruplanması yaklaşımını ifade eder. Bu yaklaşım, özellikle atölye tipi yerleşimin kullanıldığı yığın üretim sistemlerinde uygulanmaktadır. Literatürde, Hücreli Üretim Sistemi (HÜS) yerleşiminin elde edilmesine yönelik çeşitli teknikler bulunmaktadır. Makine kapasiteleri ve parça talepleri, etkin bir HÜS düzeni oluşturulmasında kritik faktörlerdir (Gökşen, 2002).

HÜS, malzeme taşıma kolaylığı, hazırlık zamanlarında azalma, süreç içi envantere düşüş, geçiş zamanlarında kısalma, takım işlemlerinde azalma, iyileşen insan ilişkileri, azalan kusurlu üretim, kapasite planlama, malzeme planlama ve kontrolde entegrasyon gibi birçok avantaj sağlar (Kandiller, 1989: 1-90).

Grup Teknolojisi, bir bütün olarak çalışan farklı üretim kümelerinin oluşturulması ve planlanması aşamasında kullanılır. Üretim süreçlerinde, bir parçanın veya yeni bir ürünün üretimine başlamak, genellikle belirli maliyetlere yol açar. Bu maliyetler, üretim sisteminin ve kullanılan cihazların ayarlanması, diğer teçhizatın planlanması gibi işlemleri kapsar.

HÜS, basit süreçlerin yoğun olduğu endüstrilerde, kitlesel üretimde kullanılan akış tipi üretimle elde edilen tasarrufları, kesikli ve atölye tipi üretimlerde sağlamak ve çalışanlar arasındaki ilişkileri geliştirecek daha iyi bir altyapı oluşturmak amacıyla kurulmaktadır (Atalay vd., 1998: 67).

1.1.6. Robotlar (Robotics)

Robot, özel hareketlerle parça, malzeme, takım ve özel araçları taşıyabilen çok fonksiyonlu ve yeniden programlanabilir bir araç olarak tanımlanır (Üreten, 1987: 212). Amerikan Robotik Enstitüsü (RIA), sanayi robotlarını "Belirli görevleri yerine getirebilmek için, çeşitli programlanmış hareketlerle özel parçaları, aletleri, malzemeleri taşıyabilen çok fonksiyonlu ve yeniden programlanabilir bir el işleyicisi" olarak tanımlar (Akın, 2001: 163-252).

Robotların en önemli özellikleri, programlanabilir ve çok fonksiyonlu olmalarıdır. İmalat hattında programlandıkları görevleri yerine getiren robotlar, verimliliği

artırmak için kullanılır. Ayrıca, maliyetleri düşürmek, kalifiye iş gücü ihtiyacını karşılamak, operasyonel esneklik sağlamak ve ürün kalitesini artırmak gibi diğer amaçlara da hizmet ederler (Küçüköğlu, 1991: 181-190).

Robotlar, farklı işlerde kullanılmak üzere programlanmış çeşitli hareketlerle malzemeleri, parçaları, araçları veya özel cihazları taşımak için tasarlanmış yeniden programlanabilir çok fonksiyonlu işleticilerdir (Mechling vd., 1995: 75).

Daha basit bir ifadeyle, bir robot, sensörlerden ve kameralardan aldığı verilerle çevresini algılar, yakındaki nesnelerin hareketlerini tanır ve tahmin eder. Ardından, hem kendi hareketini hem de çevresindeki nesnelerin güvenliğini sağlayarak hareket planlaması yapar. Tüm bu işlemler, bir dizi işlem ve enerji tüketimi gerektirir. Günümüzde robotik teknolojilerinde önemli ilerlemeler kaydedilmiş olsa da gelişmiş modüllere sahip robotlar henüz yaygın olarak bulunmamaktadır.

Robotlar, özellikle tehlikeli, sıkıcı ve sağlık açısından zararlı (örneğin nükleer tesislerde) işlerde, uzay istasyonlarında veya fabrikalarda üçüncü vardiya olarak kullanılır. En yaygın olarak otomotiv ve elektronik endüstrilerinde kullanılsa da, robotlar giderek daha fazla sektöre yayılmaktadır (Mucuk, 2003: 204).

Robotik uygulamaları, yönlendirme sağlama, raf stoklama, tehlikeli ortamlarda metal kaynağı yapma gibi çeşitlilik gösterse de, günümüzde robotlar genellikle altı kategoriye ayrılabilir (Intel, erişim tarihi: 2024).

- Otonom Mobil Robotlar (AMR): Bulunduğu çevreyi algılayabilen ve bağımsız hareket edebilen robotlardır. Dünyanın her köşesinde hareket edebilir ve neredeyse gerçek zamanlı olarak kararlar alır. Sensörler ve kameralar gibi teknolojiler, robotların çevreleri hakkında bilgi edinmelerine yardımcı olur.



Şekil 1: Otonom Mobil Robotlar (AMR)

- Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (AGV): Bir tesiste malzeme taşıma işlemleri için programlanmış sürücüsüz mobil araçlardır. Eleman ihtiyacını azaltmak, işçilik maliyetlerini düşürmek ve depo verimliliğini artırmak amacıyla birçok endüstri ve depo uygulamasında kullanılır. AGV'ler, taşınan yük ile insan etkileşimini minimuma indirerek tesislerdeki malzeme ve endüstriyel kazaların neden olduğu hasarları önemli ölçüde azaltabilir.



Şekil 2: Otomatik Yönlendirmeli Araçlar (AGV)

- Eklemli Robotlar (Robotik Kollar): İnsan kolunun işlevlerini taklit etmek amacıyla tasarlanmış robotlardır. Genellikle iki ile on arasında döner eklem sayısına sahiptir. Eklem sayısı arttıkça hareket kabiliyeti de genişler, bu da

onları ark kaynağı, malzeme taşıma, makine bakımı ve ambalajlama gibi görevler için ideal hale getirir.



Şekil 3: Eklemlı Robotlar (Robotik Kollar)

- İnsansılar: Birçok mobil insansı robot, teknik olarak AMR kategorisinde yer alsa da bu terim, insan benzeri işlevler yerine getiren ve genellikle insan formuna sahip robotları tanımlar.



Şekil 4: İnsansı Robotlar

- Cobot'lar (İşbirlikçi Robotlar): İnsanlarla birlikte çalışmak üzere tasarlanmış robotlardır. Çoğu robot bağımsız çalışırken, cobot'lar çalışanların daha fazla iş yapabilmesine yardımcı olmak amacıyla çalışma alanını paylaşabilir.



Şekil 5: Cobot'lar (İşbirlikçi Robotlar)

- Hibrit Robotlar: Farklı robot türlerinin birleşiminden oluşan çözümlerdir. Daha karmaşık görevleri yerine getirebilen hibrit çözümler geliştirmek için birleştirilirler. Örneğin, bir AMR, bir robotik kol ile birleşerek bir depodaki paketleri taşımak için kullanılabilir. Tekil çözümlere eklenen işlevsellik sayesinde bilgi işlem özellikleri de entegre edilir.



Şekil 6: Hibrit Robotlar

1.1.7.Sayısal Denetimli Tezgahlar (NC/CNC/DNC)

Sayısal Kontrol (NC) fikri, II. Dünya Savaşı'nın sonlarına doğru, ABD Hava Kuvvetleri'nin kompleks uçak parçalarının üretimi için gerekli olan teknolojiyi sağlamak amacıyla ortaya çıkmıştır. O dönemde, bu tür parçaların üretimi mevcut tezgahlar ve imalat teknikleriyle mümkün değildi. Bu sorunun çözülmesi için Parsons Corporation ve MIT Üniversitesi ortak bir çalışma başlattı. 1952 yılında, Cincinnati-Hydel bir freze tezgahını Sayısal Denetim (NC) ile donatarak bu alandaki ilk başarılı projeyi gerçekleştirdi. Bu tarihten sonra, NC tezgahlarının üretimi başlamıştır (Parkurda Blog, erişim tarihi: 2024).

NC, takım tezgahlarının harf ve rakamlardan oluşan, belirli bir mantıksal sıraya göre yazılmış kodlar yardımıyla çalıştırılmasıdır. Adından da anlaşılacağı gibi, bu tür tezgahlarda bilgisayar kullanılmaz; tezgahlar, kağıt şeritlerdeki harf ve rakamları temsil eden deliklerle işletilir. Komutlar, ilgili takım tezgahına veri blokları şeklinde yüklenir ve her veri bloğu, tezgahın anlayabileceği bir dizi komuttan oluşur. Tezgah, bu kodlanmış bilgiye göre çeşitli işleme fonksiyonlarını yerine getirir; bunlar, iş parçasına göre tezgahın ana milinin pozisyonunu değiştirme, ana milin dönme yönü ve hızını ayarlama, takım seçimi ve soğutma kontrolü gibi işlemleri kapsar (Apaydın, 2006).

CNC, takım tezgahlarının bilgisayar denetiminde NC kodlarıyla çalıştırılmasını ifade eder. Bu tür tezgahlara CNC takım tezgahları denir ve her bir hareket için özel NC kodları kullanılır. Bu kodlar, genellikle bir harf ve bunu takip eden rakamlarla tanımlanır. Örnek olarak, G00, G01, G02, G70, M03, M09, T0101, S2500, F0.25 verilebilir.

İlk CNC freze tezgahından günümüze kadar, NC teknolojisi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu uygulamalara tornalama, frezeleme, delme, taşlama, alevle kesme, bükme, form verme, üç boyutlu ölçme, elektro erozyon, tel erozyon ve robot uygulamaları dahildir.

Nümerik kontrol (NC) işleme merkezleri, yatay ve dikey olmak üzere iki ana çeşide ayrılır. Yatay tipte işleme mili yatay konumdayken, dikey tipte ise dikey konumda yer alır. Kesim uçları, işlenecek malzemenin özelliklerine ve parçanın geometrisine göre seçilir (Türkel, 2008).

CNC torna tezgahı, yatay tipte işleme yapan bir CNC teknolojisidir ve X ile Z olmak üzere iki eksenenden oluşur. Dikey çalışan CNC freze tezgahında ise üç temel eksen bulunur. X eksen, tezgah üzerinde sağ ve sol yönde hareketi; Y eksen, ileri ve geri doğrusal hareketi; Z eksen ise kesici ucun bağlı olduğu döner milin aşağı yukarı hareketini ifade eder. Eksen yönleri, sağ el kuralına göre tanımlanır.

DNC (Doğrudan Nümerik Kontrol veya Dağıtılmış Nümerik Kontrol), CNC tezgahları için yazılan programların merkezi bir bilgisayarda depolanıp gerektiğinde ilgili CNC tezgahlarına yüklenmesi veya tezgahlardan geri alınması işlemidir. DNC, uzaktaki bir bilgisayar ile tezgahlar arasında iletişimi sağlar. NC tezgahlarında parça programları delikli şeritler üzerine depolanırken, CNC tezgahlarında kontrol ünitesinin belleği kullanılır. Başlangıçta, eski kontrol ünitelerinin bellek kapasiteleri sınırlıydı ve yalnızca birkaç parça programı depolayabiliyordu. Ancak DNC sistemi, delikli şerit kullanımını ortadan kaldırarak, özellikle düşük kapasiteli kontrol ünitelerine sahip ilk CNC tezgahlarında parça programlarının depolanmasını sağlamıştır. Bu sayede, uzun parça programları, DNC terminali aracılığıyla NC tezgahlarına gönderilerek üretim yapılmıştır.

1.1.8.Yalın Üretim

Yalın üretim, sistemdeki israfları ortadan kaldırmayı ve sürekli olarak sistem etkinliğini artırmayı amaçlayan bütünsel bir yaklaşımdır. Toyota Üretim Sistemi'nin kurucusu Taiichi Ohno (1988), israfı 'kaynak tüketen ancak değer yaratmayan bir faaliyet' olarak tanımlamıştır; yani, değer katmayan fakat maliyet yaratan bir faaliyet. Ford ise, 'değer katmayan her şeyi israf olarak tanımlamıştır' (Suzaki, 1987).

Yalın üretimde ana hedef, sistemdeki değersiz tüm işlemleri ortadan kaldırmaktır. Bu nedenle, yalın üretim sistemleri gereksiz unsurları barındırmamayı, hata, maliyet, stok, işçilik ve üretim alanı gibi unsurları en düşük seviyeye indirmeyi ilke edinir. Üretim süreçlerinde yapılan her işin, müşterilerin ödeme yapmaya istekli olacağı katma değerli işler olması, bu üretim sisteminin temel amacıdır. Ayrıca, yalın üretim uygulamaları için tüm sistem bileşenlerinin bu felsefeyi benimsemesi ve içselleştirmesi gerekmektedir. Hay (1988), israfı 'bir ürüne değer katmak için mutlaka gerekli olan minimum donanım, malzeme ve iş gücü dışında kalan her şey' olarak tanımlamıştır (Ertay, vd., 2001a).

Müşteriler, satın aldıkları ürünün üretim sürecinde ne kadar yol aldığı, kaç kez muayene edildiği, ne kadar süre bekletildiği gibi konularla ilgilenmezler ve bu nedenle bu işlemler için ödeme yapmayı kabul etmezler. Bunların hepsi israf olarak kabul edilir. Müşteri, sadece satın aldığı malın istenen işlevi yerine getirip getirmediği, istenilen kaliteyi sağlayıp sağlamadığı ve sunduğu fayda ile ilgilenir (Birgün, vd., 2006: 41-46). Yalın üretimin 'yalın' olmasının nedeni, karmaşıklıktan uzak ve basit olmasıdır. Seri üretimle kıyaslandığında her şeyin daha azını kullanmayı esas alır. Ayrıca, ihtiyaç duyulan stokların çok daha azını bulundurmak yeterlidir. Bu yaklaşım, daha az bozuk mal üretimi ve artan çeşitlilikte ürün üretmeyi hedefler (Womack ve Jones, 1998).

Yalın üretim felsefesinde, katma değeri olmayan tüm faaliyetler 'israf' olarak tanımlanır ve bunların ortadan kaldırılması ya da en aza indirilmesi amaçlanır. Üretim sistemlerinde yaygın olarak tanımlanan 7 tür israf bulunmaktadır. Bunlar; hatalı üretim, fazla üretim, stok, gereksiz işler, taşıma, hareket ve beklemedir (Ohno, 1988). Ancak 'The Toyota Way' kitabının yazarı Jeffrey Liker, bunlara 'insanların israfı'

kavramını eklemiştir (Novis, 2008: 524). Böylece toplamda 8 israf türü tanımlanmış olur:

- **Hatalı Üretim:** Hatalı üretim ve/veya ürünün tamiri, israf olarak kabul edilir. Ürünün teknik özelliklere uygun üretilmemesi durumunda, bu ürün hurdaya ayrılmalıdır. Hatalı üretim söz konusu olduğunda ise, ürünün tamir edilmesi gerekir. Her iki durum da firmalar için zaman ve maliyet kaybına yol açar.
- **Fazla Üretim:** Gereğinden fazla ya da erken üretim, israf anlamına gelir. Müşterinin talebinden fazla üretim yapmak, stokların artmasına yol açar. Ayrıca, müşteri için değer yaratmayan fazla bilgi ve doküman üretimi de fazla üretim israfı olarak kabul edilir.
- **Stok:** Üretim için gereğinden fazla tutulan her şey israf olarak değerlendirilir. Fazla hammadde, yarı mamul ve ürün stoku, depolama faaliyetleri nedeniyle maliyetlerin artmasına sebep olur ve hataların zamanında tespit edilememesine yol açar. İş istasyonlarında biriken yarı mamuller, sonraki istasyonlarda kusurlu olduklarında zaman ve maliyet kaybına neden olur. Ayrıca, gereğinden fazla ofis malzemesi, dokümanlar ve kopyalar da stok israfıdır.
- **Gereksiz İşler:** Katma değer yaratmayan iş adımları ve/veya müşteriye değer katmayan işlemler, israf olarak kabul edilir. Ürünün üretilmesi ve müşteriye ulaştırılması sürecindeki tüm gereksiz faaliyetler ortadan kaldırılmalıdır. Süreçlerdeki karmaşıklık, gereksiz kontrol ve onay işlemleri de yok edilmelidir.
- **Taşıma:** Gereksiz ekipman, hammadde, yarı mamul ve mamul taşımaları israftır. Gereksiz malzeme ve bilgi aktarımı, üretim alanının yanlış tasarlanmasından kaynaklanan fazla taşıma mesafeleri ve belgelerin uzun mesafelerde sık sık dolaşımı önemli israflardır.
- **Hareket:** İyi organize edilmemiş iş ortamı nedeniyle oluşan gereksiz insan hareketleri israftır. Sık kullanılan malzemelerin uzak mesafelerde olması, iş tanımında olmayan hareketler ve ofis ortamındaki dosya ya da araç gereçlerin yerlerinin belirsiz olması gibi durumlar, hareket israflarına örnektir.
- **Bekleme:** Makinelerin işlemlerini tamamlamasını beklemek veya tamir için beklemek israftır. Ayrıca, bir bilgi veya insanın beklenmesi de israf olarak kabul edilir. Üretim sürecine başlamadan önceki hazırlık süreleri de bekleme israflarına örnektir.

- İnsanların İsrafı: İnsanların potansiyellerinin yeterince kullanılmaması, özellikle süreç ve uygulamaları geliştirmeye yönelik düşünceleri ve yaratıcı girdilerinin göz ardı edilmesi, israf olarak tanımlanır.

Yalın düşüncenin amacı, yalın bir üretim sistemi, yalın bir şirket ve yalın bir değer zinciri oluşturmaktır. Ayrıca, yönetimin odak noktasını değiştirerek değer ile israf arasındaki farkı belirginleştirmek, kaynakları mamul ve mamulü etkileyen çalışmalara yönlendirmek, ve israflardan arınarak zenginliğe ulaşmaktır (Özkol, 2004: 119-138).

Yalın üretimin beş temel ilkesi ve aşaması bulunmaktadır (Womack ve Jones, 1998).

I. Değerin Tanımlanması: Yalın üretim yaklaşımında her faaliyet, değer kavramına göre değerlendirilir. Değer, müşteri tarafından tanımlanır ve müşterinin gözünde değer kabul edilmeyen her faaliyet israf olarak kabul edilir.

II. Değer Akış Analizi: Yalın üretimin ikinci adımı, değer akışının analiz edilmesidir. Sürecin her adımı, hammaddeden nihai ürüne kadar tanımlanarak, süreçteki israflar ortaya çıkarılır.

III. Sürekli Akış: Müşterinin tanımladığı değeri, istenilen kalite ve zamanda en düşük maliyetle üretmek için belirlenen israfların ortadan kaldırılmasıyla kesintisiz bir akış sağlanır.

IV. Çekme Sistemi: Bu aşama, müşterinin ürünü veya hizmeti istediği zaman alabilmesini sağlar ve müşteri talebi olmadan üretimin yapılmamasını güvence altına alır.

V. Mükemmellik Arayışı: Sistem sürekli olarak iyileştirilir ve mükemmel bir yapıya ulaşması hedeflenir.

Yalın üretim teknikleri diğer adı ile Toyota Üretim Sistemi olarak adlandırılan teknikler şunlardır (Çobanoğlu, 2011):

- Tam Zamanında Üretim (JIT)
- Kanban
- Tek Parça Akışı

-Bir Dakikada Kalıp Değişimi (SMED)

-Jidoka (Otonomasyon)

-Poka-Yoke

-Toplam Verimli Bakım (TPM)

-Kaizen

-5S

1.1.8.1.JIT (Just-In-Time) -Tam Zamanında Üretim

Tam zamanında üretim, istenilen özelliklere sahip ürünleri, belirlenen miktarda ve istenilen zamanda üretme ve teslim etme olarak tanımlanabilir. Japon otomotiv sanayisinin temel taşlarından biri olan bu felsefe, stoksuz üretimin temelini oluşturur. Toyota tarafından 1930'lu yıllarda uygulanmaya başlanan bu sistem, Toyota Üretim Sistemi'nin temel iki ayağından biridir (<https://adamaksan.com.tr/yalin-uretim-terimler-sozlugu/>).

Tam zamanında üretim, tüm süreçlerin gerekli zaman diliminde gerekli parçaları üreterek, süreçlerin birbirine bağlı kalması için minimum stok seviyelerinin korunmasını amaçlar. Bu yöntem, üretim süresinin değişen koşullara uyum sağlamasını ve önemli ölçüde kısaltılmasını sağlar. Ayrıca, stok miktarı ve üretim süresi gibi politika değişkenlerinin kontrol edilmesi, malzeme ve işçi fazlalığının tespit edilmesine yardımcı olur. Bu durum, Toyota Üretim Sistemi'nde işçilerin kapasitesinden tam anlamıyla yararlanmanın başlangıç noktası olarak kabul edilmektedir (Sugimori vd., 1977: 555).

Yalın üretim (JIT), kalite sistemleri (Quality Systems), çalışma ekipleri (Work Teams), hücresel üretim (Cellular Manufacturing), tedarikçi firma yönetimi (Supplier Management) gibi çeşitli uygulamaları tek bir sistem içinde bütünleştiren çok boyutlu bir yaklaşımdır. Müşteri talep miktarına göre, çok az kayıp ile yüksek kaliteli ürün üretmeye yönelik bu uygulamalar, yalın üretimin temel itici gücüdür (Shah ve Ward, 2003: 129-149).

1.1.8.2.KANBAN

Tam Zamanında Üretim, sadece gerekli parçaların, belirlenen miktar ve zamanda üretilmesi olarak tanımlanır. Üretimin tam zamanında yapılabilmesi için, tüm süreçlerin ne zaman ve hangi miktarda üretim yapacaklarını zamanında bildiren bir bilgi sisteminin kurulması gereklidir. Tam Zamanında Üretim ortamında bu işlevi gerçekleştiren sistem, Kanban sistemidir (Orbak ve Bilgin, 2005). Kanban'ın temel amacı, Tam Zamanında Üretim uygulamalarını gerçekleştirmeye yardımcı olmaktır.

Firmalarda üretim ve lojistik, işaret, kart ve barkodlama sistemleriyle yönetilir. Bu sayede, üretim miktarları ile iş ve dış tedarikçi stokları otomatik olarak izlenebilir ve takip edilebilir (Adamaksan, erişim tarihi: 2024).

“PULL” (çekme) tipi üretimde, bir sonraki operasyon, bir önceki operasyondan gereksinim duyduğu parçaları, ihtiyaç duyduğu anda ve miktarda alır. Aynı şekilde, bir önceki operasyon da bir sonraki operasyonun talep ettiği kadar üretir. KANBAN, bu sistemi etkin bir şekilde çalıştırmaya yarayan bir mekanizmadır (Özkan, erişim tarihi: 2024).

1.1.8.3.Tek Parça Akışı (One Piece Flow)

Belirli bir günde üretim hattından çıkacak ürünlerin, bu ürünü oluşturan alt parçalarının da aynı gün üretilmesi gereken sisteme 'tek parça akışı' denir. Bu sistemde, stoklar, arıza problemler ve ürün hatalarından kaynaklanan ıskartalar minimuma indirgenir (<https://adamaksan.com.tr/yalin-uretim-terimler-sozlugu/>).

Tek parça akışı, bileşenlerin tek tek işlenerek bütüne dönüştürülmesidir. Bu süreç, kolayca verimlilik modeli olarak kabul edilebilir ve işlemler arasındaki ulaşım gibi engeller olmadan parçaların sürekli bir akışını sağlar (Gornicki, 2014: 35).

Parçanın işleme akışına bağlı olarak, her atölyede parçayı son haline getirmek için gereken tüm makineler bulunmalıdır. Tek parça akışı, zaman kaybı veya uzun taşıma süreleri olmadan malzeme akışını garanti eder.

İşlenmekte olan parçaların beklemesi, bir parçanın bir işleme aşamasından diğerine hemen geçememesi anlamına gelir. Stoklu çalışmada, işler zorunlu olarak bu şekilde ilerler. Yalın üretimin bu zaman kaybına yönelik çözümlerinden biri, atölye içinde bir parçanın nihai halini alması için gereken tüm makinelerin, parçaların

işlenme akışına göre sıralanarak yerleştirilmesidir. Bu düzenlemede, bir parça, bir önceki işlem için gereken makineden, bir sonraki işlem için kullanılacak makineye beklemeden geçer. Makinelerin bu şekilde yerleştirilmesine 'süreç-bazlı yerleşim' ya da 'süreç-bazlı hat' (process-based layout), parçaların süreçler arasında beklemeden teker teker aktarılmasına ise 'tek-parça akışı' (one-piece flow) denir. Tek-parça akışını, süreçler ve makineler arasındaki aktarma lotunun (conveyance lot) bir adete indirilmesiyle, hat/makine yani stoğun 'sıfırlanması' olarak da tanımlayabiliriz (Utaş, 2001).

1.1.8.4. Bir Dakikada Kalıp Değişimi (SMED)

Kelime anlamı olarak 'tekli dakikalarda (10 dakikadan az) kalıp değişimi' olarak tanımlanan SMED, esasen ayar süresini kısaltmak amacıyla uygulanır. Bu amaç doğrultusunda yapılan çalışmalarda, ayar süreci adımlara ayrılır ve süre ölçümleri yapılır. En büyük kayıpların en iyi iyileştirme fırsatları olduğu yaklaşımla kayıp süreler sıralanarak azaltılır veya ortadan kaldırılır (Gemba Akademi, erişim tarihi: 2024).

SMED'in amacı ise (<https://trex.com.tr/tr/bilgi-bankasi/operasyonel-mukemmellik-smed/>):

Esneklik: SMED, küçük partilerde üretim yapma imkanı sağlar. Müşteri ihtiyaçları, stok oluşturmadan hızlıca karşılanabilir ve yeni ürünlere hızlı bir adaptasyon sağlanabilir.

Kalite Artışı: SMED, makinelerin ayarlanması sırasında ve sonrasında ortaya çıkan hatalı ürünleri azaltır. Ürün depolama ihtiyacı olmadığından stok maliyetleri azalır. Bu sayede üretici hataları müşteriye yansıtmaz. SMED'in ilk uygulanması sırasında adaptasyon kaynaklı hatalı üretimler olsa da, zamanla bu kayıplar amorti edilir.

Müşteri Memnuniyeti: Küçük partiler halinde üretim yapılması, çeşitli ürünlerin daha kısa sürede üretilmesini sağlar. Müşteri, ürünü istediği zamanda temin edebildiği için memnuniyet artar.

Üretkenlik Artışı: Etkin kullanılan çalışma süresinin artması, birim vardiyada üretilen kusursuz ürün sayısını artırır.

Stok Maliyetlerinin Düşüşü: SMED ne kadar etkin uygulanırsa, ara ve son mamul stoklarının miktarı o kadar azalır ve stok maliyetlerinde ciddi bir azalma görülür.

İş Güvenliği: SMED, makine hazırlık işlemlerini basitleştirir. Bu, ayarlama esnasında daha az fiziksel güç kullanılmasına ve dolayısıyla sakatlanma ve yaralanma riskinin azalmasına yol açar.

Alanların Verimli Kullanımı: Makine ayarları sırasında yapılan iş gücü ve donanım hareketlerinin minimuma indirilmesiyle, üretim alanları daha verimli kullanılır. SMED'den önce uygulanan 5S tekniği sayesinde, model değişimi ve ayar sırasında kullanılan aletler ortadan kaldırılabilir veya bunların birleştirilmesiyle yeni, çok işlevli aletler oluşturulabilir.

Rekabet Gücündeki Artış: Hurda ve stok maliyetlerinin azalmasıyla, ürün fiyatları düşürülebilir ve bu da talep artışına yol açar. Alternatif olarak, ürün fiyatları sabit tutulup firma karı artırılabilir. Müşteri isteklerinin tam zamanında karşılanması, markaya olan güveni artırır ve böylece rakip firmalara kıyasla rekabet gücünde artış sağlanır.

Çalışanların Gelişimi: SMED'in uygulanmasının ardından, daha az hatalı çıktı üretildiğinden çalışanların kendilerine olan güveni artar. Daha önce makine ayarlamak için zaman harcayan çalışanlar, SMED sayesinde kendi gelişimlerini ve yatay sorumluluklarını artıracak uygulamalara yönlendirilebilir.

1.1.8.5.JIDOKA (OTONOMASYON)

Jidoka, Türkçeye Otonomasyon olarak çevrilir, ancak otomasyon ile karıştırılmamalıdır. Otomasyon, bir işin operatörden bağımsız olarak yapılmasını anlatırken, otonomasyon, işin herhangi bir problem yaşaması durumunda bu problemin tespit edilmesi ve/veya kontrol edilmesi için otomasyonun sağlanmasıdır. Bu tespiti ve kontrolü, makine ve/veya operatör gerçekleştirir. Toyota Üretim Sistemi (TPS)'nin iki temel sütunundan biri olan Jidoka, TPS'in en önemli prensiplerinden biridir (<https://www.yalindanisman.com/jidoka-nedir/>).

Jidoka, hattı durdurma yetkisinin operatörlere verilmesi, problemlerin kaynağının tespit edilerek giderilmesi, makinelerin ürettiği ürünü kontrol etme yeteneği kazanması, anormallik tespit edildiğinde otomatik durma veya sinyal verme yeteneği eklenmesi, operatör iş gücü ile makine operasyonlarının ayrılması, birden fazla makinenin yönetilebilmesi, bir problemle karşılaşıldığında derhal müdahale edilmesi ve kök nedenin bulunması gibi prensiplere dayanır.

Bu sistem, proseste veya üretim hücrelerinde meydana gelen olağan dışı durumlar karşısında üretimin derhal durdurulmasını ve problemin kök nedeni bulunup ortadan kaldırılıncaya kadar üretime devam edilmemesini amaçlar. Temel hedef, hatalı veya iskaratlı ürün üretmemek olup, bunu başarmak için poke-yoke tarzı çeşitli uygulamalar devreye alınır.

1.1.8.6.POKA – YOKE (Hata Önleyici Düzenekler)

POKA, dikkatsizlik veya dalgınlık, YOKE ise bu tür hataların elimine edilmesi anlamına gelir. Müşterilerin istek ve beklentilerine uygun bir kalite düzeyini sağlamak için, üretim sürecinde ürünlerin hatasız bir şekilde üretilmesi kontrol altına alınmalıdır. Shingo tarafından geliştirilen Poka Yoke, üretim sürecine yerleştirilen bazı cihazlarla, her ürünün hatasız olarak sistemden çıkmasını sağlar. Bu sayede sıfır hatalı ürünlerle müşteri memnuniyeti sağlanmış olur (Parıltı, 2003: 143-152).

Yanlışlar kaçınılmazdır; insanın doğası gereği yaptığı işe sürekli olarak tam konsantre olması beklenemez. Hata ise, yapılan yanlışın ürüne yansmasıyla ortaya çıkar. Kaliteli bir ürün ile hatalı bir ürünü, üretim sürecinin sonunda birbirinden ayırt etmek, hatasız bir üretim ortamı yaratmak mümkün değildir. Ancak yanlışlar, hataya dönüşmeden önce önlenabilirse, hatasız bir üretim ortamı sağlanabilir. Bu noktada, 'Jidoka' (otonomasyon) ya da başka bir deyişle 'Poka-Yoke' teknikleri devreye girer. Poka-Yoke birçok biçimde olabilir, ancak tüm yöntemlerde geçerli olan temel ilkeler şunlardır (Utaş, 2001):

- Her ürün kontrol edilmelidir.
- Hatalar, mümkün olan en yakın noktada kaynağında tespit edilmelidir.
- Bir hata tespit edildiğinde, üretim hattı derhal durdurulmalı ve hatanın tekrarını engellemek için gerekli önlemler alınmalıdır.

- Proses hataları, yapılmasını engelleyecek şekilde tasarlanmalıdır.

Poka-Yoke ifadesinin bir diğer adı da otonomasyondur. Temelde yapılan iş, makinelerin hatalı üretim tespit ettiğinde bu durumu saptayan ve makineleri otomatik olarak durduran cihazlarla donatılmasıdır. Böyle bir durum meydana geldiğinde, sistem görsel veya işitsel uyarı sistemleri ile işçileri bilgilendirir. İşçiler ve mühendisler birlikte çalışarak hatanın kaynağını belirler ve gerekli düzeltmeleri yaparlar. Bu sayede hatalı parça bir sonraki aşamaya geçmez ve hata nedeni ortadan kaldırıldığından, hata tekrar etmez (Okur, 2005).

1.1.8.7. Toplam Verimli Bakım (TPM)- (Total Productive Maintenance)

Toplam Verimli Bakım (TPM), 1970'lerde koruyucu bakım hizmetini genişleterek geliştirilen bir Japon kavramıdır. Adından da anlaşılacağı gibi, Toplam Verimli Bakım (TPM) üç kelimeden oluşmaktadır: Toplam: Her açıdan bakmayı ve üstten alta doğru herkesi kapsayacağını ifade eder; Verimli: Üretim devam ederken, üretimdeki sorunları en aza indirerek verimliliği artırmaya odaklanmayı ifade eder; Bakım ise, üretim operatörlerinin ekipmanların kendiliğinden iyi durumda kalmasını sağlamak için tamir, temizleme, yağlama ve gerekli zamanı harcama anlamına gelir (Ben-Daya vd., 2009: 417-418).

Toplam Üretken Bakım (TPM), her seviyeden çalışanın katılımı ile ekipmanın verimliliğini artırmayı, tüm kayıpları ortadan kaldırmayı, çalışanların gelişimini desteklemeyi, bunun sonucunda maliyetleri azaltmayı, üretimde esnekliği ve ürün kalitesini artırmayı hedefleyen bir faaliyetler bütünüdür (Acar, 2003).

TPM programının amacı, üretimde belirgin bir artış sağlamak, aynı zamanda çalışanların moral ve iş doyumlarını artırmaktır. TPM, bakımın işin gerekli ve hayati bir parçası olarak odak noktası haline gelmesini sağlar. Artık bakım, kar amacı gütmeyen bir faaliyet olarak görülmemektedir. Bakım için ayrılan süre, üretim gününün bir parçası olarak ve bazı durumlarda üretim sürecinin ayrılmaz bir bileşeni olarak planlanmaktadır (Venkatesh, 2007: 1).

1.1.8.8. KAIZEN

Kaizen, her sürecin gerekli süre, kullanılan kaynaklar, kalite bileşkesi ve süreçle ilgili diğer faktörler açısından sürekli olarak değerlendirildiği, geliştirildiği ve küçük

iyileştirmelerle daha verimli hale getirildiği bir sürekli gelişim felsefesi olarak tanımlanır (Black, 2008; Smith ve Hawkins, 2004).

Günümüzde, firmaların temel hedefi, müşteri taleplerine uygun olarak değişen veya çeşitlenen, yenilenen ürünlerin kısa sürede ve daha ekonomik şekilde, daha kaliteli bir şekilde üretilmesidir. Çünkü işletmelerin başarısı, kalite, maliyet ve termin hedeflerine ulaşmalarına bağlıdır. Firmaların benimsemiş olduğu tüm üretim ve yönetim yaklaşımları bu üç özelliği desteklemelidir (Erdem vd., 1997: 45-46).

Kaizen, kaliteyi, iyileştirilebilen her şey olarak tanımlar. Kaizen felsefesinde amaç, sürekli iyileştirme yaparak kaliteyi artırmaktır. Bu nedenle, çağdaş bir yönetim anlayışı olan "Toplam Kalite Yönetimi"nde Kaizen felsefesini bir arada ele almak gereklidir (Terli, 2009).

1.1.8.9.5S

5S yöntemi, her iyileştirme programının başlangıcıdır ve işyeri süreçlerinin analizine yardımcı olan bir araçtır. 5S, iyi örgütlenmiş, temiz, yüksek verimli ve kaliteli bir işyeri oluşturmayı ve bu ortamı sürdürmeyi amaçlayan bir metodolojidir. Bu sayede, işyerinin etkin bir şekilde organizasyonu sağlanır, çalışma alanı küçültülür, başarısızlık ve bozulmalarla bağlantılı kayıplar ortadan kaldırılır ve işin kalitesi ve güvenliği geliştirilir. 5S'in kökeni Japonya'ya dayanır ve adını aşağıdaki beş Japonca kelimenin kısaltmasından alır (Michalska ve Szewieczek, 2007: 211):

- Seiri (sort/sınıflandırma),
- Seiton (set in order/sıraya koyma),
- Seiso (shine/parlatma),
- Seiketsu (standardize/standartlaştırma),
- Shitsuke (sustain/sürdürme).

Üretim sistemi açısından 5S, daha az israf, daha az hatalı üretim, daha az iş kazası, daha az gecikme ve daha az arıza anlamına gelir. Birçok sıradan ya da acil problem bu teknikle çözülmektedir (Samuel, 1999).

SEIRI: Kullanılan alet, teçhizat veya eşyaların doğru planlanmış yerlere yerleştirilmesi, çalışma ortamındaki temiz olmayan alanların sebeplerinin bulunarak

ortadan kaldırılması, sistemdeki kaçakların tespit edilip giderilmesi, kullanılan depo ve ambarların düzeninin sağlanması gibi yöntemleri içerir.

SEITON: Sistem içinde bir şeyler aramayı en aza indirmek veya sıfırlamak hedeflenir. Bu amaçla yerleşim planları yapmak, işaretleme yapmak, sınıflandırmak ve en önemlisi "ilk giren ilk çıkar" kuralını uygulamak gibi yöntemler kullanılır.

SEISO: Çalışma ortamının daha güvenilir ve sağlıklı olabilmesi için, sürekli denetim varmış gibi çevre düzeni ve temizliğe özen gösterilmelidir. Sistemdeki gereksiz kirletici veya fazla malzemelerin uzaklaştırılması, düzenli kontroller yapılması ve hatta temizlik kampanyaları başlatılması gibi yöntemler uygulanır.

SEIKETSU: Sistemin ideal durumunun sürekliliğini sağlamak amacıyla, gerekli işaretleme ve etiketlemeler yapılmalı, tehlikeli bölgeler belirlenip işaretlenmeli, renkli göstergelerle hassas noktaların bakımı için eşik değerler belirlenip etiketlenmeli, kablo veya borular düzenlenip gerektiğinde etiketlenmeli veya renklendirilmelidir. Bu yöntemler, organizasyonun düzenini ve sürekliliğini sağlamak için gereklidir.

SHITSUKE: Kurallara uyum sağlamak ve bunu alışkanlık haline getirmek amaçlanmalıdır. Güvenlik önlemlerine riayet eden, temiz ve disiplinli bir çalışma ortamı oluşturulması için gerekli yöntemleri içerir.

1.1.9.Yapay Zeka

Yapay zeka (YZ), insan zekasını taklit eden ve makineler aracılığıyla gerçekleştirilen bir dizi süreçten oluşur. Bu süreçler, öğrenme (deneyimlerden veri toplama ve bu veriyi kullanarak bilgi edinme), akıl yürütme (toplanan bilgileri belirli hedeflere ulaşmak için kullanma) ve kendini düzeltme gibi yetenekleri içerir. Yapay zeka, geniş bir disiplin yelpazesine dayanır; matematik, bilgisayar bilimi, dilbilim, psikoloji, nörobilim, bilişsel bilim, ve daha pek çok alan bu teknolojinin temelini oluşturur (Russell ve Norvig, 2020: 1-3).

YZ'nin temel amacı, insan zekasına benzer şekilde karmaşık görevleri gerçekleştirebilen sistemler geliştirmektir. Bu kapsamda, yapay zeka çeşitli alt dallara ayrılır:

1. Makine Öğrenimi: Makine öğrenimi, sistemlerin geçmiş verilerden öğrenerek kendini geliştirmesi üzerine odaklanır. Deneyimlere dayanarak belirli görevlerde

performansı artıran algoritmalar geliştirilir. Bu algoritmalar, sınıflandırma, regresyon, kümeleme ve öneri sistemleri gibi birçok alanda kullanılır (Domingos, 2015: 45-48)

2. Derin Öğrenme: Derin öğrenme, makine öğreniminin bir alt dalı olup, karmaşık veri yapılarından örüntüleri tanımak ve öğrenmek için çok katmanlı yapay sinir ağlarını kullanır. Görüntü tanıma, ses tanıma ve doğal dil işleme gibi alanlarda oldukça etkilidir (Goodfellow vd., 2016: 125-130).

3. Doğal Dil İşleme (NLP): NLP, insan dilini anlamaya ve işleyebilme yeteneğine sahip sistemler geliştirme alanıdır. Bu teknoloji, metin madenciliği, dil çevirisi, duygu analizi ve sohbet robotları gibi uygulamalarda kullanılır (Kelleher, 2019: 85-88).

4. Bilgisayarla Görü: Bilgisayarla görü, makinelerin görsel veriyi anlamlandırmasını ve işlemesini sağlar. Görüntü tanıma, obje tespiti ve otonom araçlar gibi uygulamalarda yer alır (Russell vd., 2020: 125-130).

YZ teknolojisi, günlük hayatımızda giderek artan bir şekilde yer bulmaktadır. Akıllı telefonlardan, ev asistanlarına, sağlık hizmetlerinden, otonom araçlara kadar birçok alanda yapay zeka uygulamaları mevcuttur. Bu teknolojinin hızlı gelişimi, endüstriyel üretim, sağlık, ulaşım, finans ve eğitim gibi birçok sektörde devrim niteliğinde değişimlere yol açmıştır (Goodfellow vd., 2016: 330-335).

Ancak, yapay zekanın geliştirilmesi ve uygulanması bazı etik ve sosyal soruları da beraberinde getirmektedir. Özellikle, veri gizliliği, iş gücü değişiklikleri, algoritmik önyargı ve yapay zekanın bağımsız karar verme yeteneği gibi konular, bu teknolojinin geleceği üzerine önemli tartışmalar doğurmuştur (Kelleher, 2019: 180-185).

Sonuç olarak, yapay zeka, teknolojik ilerlemenin en önemli unsurlarından biri olarak karşımıza çıkmakta ve insan hayatının birçok alanında köklü değişiklikler yaratma potansiyeli taşımaktadır. Gelişen yapay zeka sistemleri, sadece belirli görevlerde insanlara yardımcı olmakla kalmayıp, aynı zamanda yeni iş yapış biçimleri ve inovasyon fırsatları da sunmaktadır (Domingos, 2015: 250-255)

1.2.İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN SAĞLADIĞI AVANTAJLAR

İleri üretim teknolojileri (İÜT), modern endüstride önemli bir rol oynar ve bir dizi avantaj sunar. İşte genel olarak ileri üretim teknolojilerinin sağladığı avantajlardan bazıları:

1. Esneklik ve Özelleştirme: İleri üretim teknolojileri, küçük partilerin veya özelleştirilmiş ürünlerin ekonomik bir şekilde üretilmesine olanak tanır. Bu, müşteri taleplerine hızlı ve esnek bir şekilde uyum sağlama yeteneği sağlar. (Koren ve Shpitalni, 2018; Büyükkaya, 2019).

2. Hız ve Verimlilik: Otomasyon, robotik sistemler ve diğer ileri üretim teknolojileri, üretim süreçlerini hızlandırır ve verimliliği artırır. Daha hızlı üretim, rekabet avantajı sağlar. (Bortolotti ve Boscari, 2016; Özdemir ve Yılmaz, 2018).

3. Yüksek Kalite ve Hassasiyet: İleri üretim teknolojileri, hassas ve karmaşık parçaların üretiminde yüksek kalite standartlarını sağlar. Daha az hata ve kalite kontrol süreçlerinde gelişmeler, ürün kalitesini artırır. (Zhang ve Xu, 2018; Arslan ve Gürbüz, 2020).

4. Maliyet Düşüşü: Malzeme israfını minimumda tutar, enerji verimliliğini artırır ve üretim süreçlerini optimize eder. Bu, maliyetleri düşürür. (Womack vd., 1990; Koç ve Aydın, 2017).

5. Yaratıcılık ve Tasarım Özgürlüğü: 3D baskı gibi teknolojiler, tasarımcılara ve mühendislere özgün ve karmaşık geometrileri üretme özgürlüğü tanır. Bu, yaratıcı tasarımları hayata geçirmeyi kolaylaştırır. (Gibson vd., 2015; Kocaoğlu ve Yavuz, 2016).

6. Sürdürülebilirlik: Daha az malzeme israfı, enerji verimliliği ve geri dönüşüm olanakları, üretim süreçlerini daha çevre dostu hale getirir. (Ashby ve Johnson, 2013; Bilgin ve Kılıç, 2021).

7. Dijital Entegrasyon ve Analiz: İleri üretim teknolojileri, büyük veri analizi ve dijital entegrasyon olanakları sunar. Bu, üretim süreçlerini daha iyi anlama, izleme ve optimize etme imkanı sağlar. (Lee vd.,2015; Demirtaş ve Yılmaz, 2018).

8. Hızlı Prototipleme: İleri üretim teknolojileri, ürün prototiplerini hızlı bir şekilde üretebilme yeteneği sağlar. Bu, tasarım sürecini hızlandırır ve ürün geliştirme sürecinde esneklik sağlar. (Kruth vd., 2007; Sönmez ve Yavuz, 2019).

9. Rekabet Avantajı: İleri üretim teknolojilerini benimseyen şirketler, daha hızlı, daha esnek ve daha yenilikçi olma avantajını elde ederler. Bu, rekabet gücünü artırır. (Porter, 1985; Korkmaz ve Çelik, 2017).

10. İş Sağlığı ve Güvenliği İyileştirmeleri: İleri üretim teknolojileri, tehlikeli işlerin otomasyonu ve insan işgücünün korunması için daha güvenli çalışma koşulları sağlar. (Morrow ve McElroy, 2017; Ercan ve Akpınar, 2020).

11. İnsan Kaynakları Tasarrufu: Otomasyon ve robotlar, insan işgücünü daha yaratıcı ve değer ekleyen görevlere yönlendirme fırsatı sunar. (Brynjolfsson ve McElheran, 2016; Yıldız ve Topal, 2019).

Bu avantajlar, şirketlerin daha etkili ve rekabetçi bir şekilde üretim yapmalarını sağlar ve aynı zamanda daha hızlı ve daha özelleştirilmiş ürünler sunma yeteneklerini artırır.

1.3.İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN SAĞLADIĞI DEZAVANTAJLAR

İleri üretim teknolojileri birçok avantaj sağlasa da bazı dezavantajları da beraberinde getirebilir. İşte genel olarak ileri üretim teknolojilerinin sağladığı dezavantajlardan bazıları:

1. Yüksek Başlangıç Maliyeti: İleri üretim teknolojilerine geçiş, genellikle yüksek başlangıç maliyetleri gerektirir. Gelişmiş ekipmanlar, yazılımlar ve eğitim maliyetleri, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler için zorlayıcı olabilir. (Koren ve Shpitalni, 2018; Koç ve Aydın, 2017).

2. Uzmanlaşmış Personel Gereksinimi: Yeni teknolojileri yönetmek ve bakımını yapabilmek için uzmanlaşmış personel gereklidir. Bu tür personeli bulmak, eğitmek ve istihdam etmek zaman alıcı ve maliyetli olabilir. (Bortolotti ve Boscari, 2016; Arslan ve Gürbüz, 2020).

3. Güvenlik Endişeleri: İnternet bağlantılı üretim sistemleri ve IoT (Nesnelerin İnterneti) kullanımı, siber güvenlik endişelerine yol açabilir. Veri hırsızlığı, sistem manipülasyonu ve üretim süreçlerine müdahale gibi riskler bulunmaktadır. (Demirtaş ve Yılmaz, 2018; Ercan ve Akpınar, 2020).

4. Yavaş Üretim Hızı: Bazı ileri üretim teknolojileri, özellikle büyük ve karmaşık parçaların üretiminde yavaş olabilir. Bu, seri üretim süreçlerini geciktirebilir. (Gibson vd., 2015; Sönmez ve Yavuz, 2019).

5. Sınırlı Malzeme Seçenekleri: 3D baskı gibi teknolojilerde kullanılan malzemeler sınırlı olabilir. Bu, endüstriyel mukavemet ve dayanıklılık gerektiren parçaların üretiminde kısıtlamalara neden olabilir (Kruth vd., 2007; Zhang ve Xu, 2018).

6. Yüksek Enerji Tüketimi: Bazı ileri üretim teknolojileri yüksek enerji tüketebilir. Bu, hem çevresel açıdan olumsuz etkilere yol açabilir hem de enerji maliyetlerini artırabilir (Ashby ve Johnson, 2013; Koren ve Shpitalni, 2018).

7. Yasal ve Etik Sorunlar: Özellikle fikri mülkiyet hakları, telif hakkı ihlalleri ve patent konularında yeni sorunlar ortaya çıkabilir. Ayrıca, etik konularda da örneğin insan dokularının veya silahların üretiminde kullanımı gibi endişeler doğabilir (Brynjolfsson ve McElheran, 2016; Morrow ve McElroy, 2017).

8. Teknolojik Hız: Teknoloji hızla ilerlediği için, bir şirketin seçtiği ileri üretim teknolojisi, gelecekte daha gelişmiş teknolojilerle hızla eskimiş olabilir (Womack vd., 1990; Bilgin ve Kılıç, 2021).

Bu dezavantajlar, şirketlerin ileri üretim teknolojilerini benimsemeye karar verirken dikkate almaları gereken faktörlerdir. Yatırım yapmadan önce kapsamlı bir değerlendirme yapmak, bu dezavantajları minimize etmede yardımcı olabilir.

İKİNCİ BÖLÜM

2. OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ VE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ

2.1.OTOMOTİV SEKTÖRÜ VE OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE KULLANILAN İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ

Otomotiv sektörü, motorlu araçların üretimi, tasarımı, satışı, bakımı, onarımı ve yan sanayi ürünlerinin üretimi gibi faaliyetleri içeren büyük bir endüstri dalını ifade eder. Bu sektör, otomobil, kamyon, otobüs, motosiklet gibi motorlu araçları üreten firmaları, bu araçları satan satıcıları, yedek parça üreticilerini, otomobil tamircilerini ve diğer ilişkili hizmetleri içerir (Baker, 2021).

Otomotiv sektörü, büyük bir ekonomik öneme sahiptir ve birçok ülkenin ekonomisinde önemli bir rol oynar. Bu sektörde faaliyet gösteren firmalar, genellikle büyük miktarda sermaye ve işgücü istihdam ederler. Otomotiv sektörü ayrıca birçok yan sanayi dalını da destekler; örneğin, otomobil lastiği, elektronik sistemler, yakıt ve enerji sistemleri gibi alanlarda üretim yapan firmalar bu sektörle doğrudan ilişkilidir (Cameron ve Ewing, 2020).

Otomotiv endüstrisi sürekli olarak yenilikçi teknolojileri benimseyen bir sektördür. Araçlarının güvenliği, çevre dostu olmaları, yakıt verimliliği, sürüş keyfi gibi faktörlerle sürekli olarak rekabet eder ve bu da sürekli olarak yeni tasarım ve üretim yöntemlerinin geliştirilmesini teşvik eder (Kuhn, 2019). Ayrıca, otomotiv endüstrisi, sürücülerin ve yolcuların güvenliği üzerinde büyük bir etkisi olan bir sektördür ve bu nedenle bir dizi ulusal ve uluslararası standart ve düzenlemelere tabidir (Miller, 2022).

Otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileri, üretim süreçlerini daha verimli, esnek ve rekabetçi hale getirmek amacıyla geliştirilen yenilikçi teknolojileri içerir (Jin ve Smith, 2021).

İşte otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılan ileri üretim teknolojilerine örnekler:

2.1.1. 3D Baskı (Additive Manufacturing)

Otomotiv sektöründe 3D baskı, prototip üretiminden özel parçaların üretimine kadar geniş bir yelpazede kullanılır. Özellikle karmaşık geometrilere sahip parçaların üretimi için tercih edilir (Gibson vd., 2015).

Bu teknoloji, malzeme ekleyerek parça üretimi gerçekleştirir ve geleneksel üretim yöntemlerine göre birçok avantaj sunar.

- Prototip Üretimi: 3D baskı, otomotiv sektöründe prototip üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Tasarım aşamasında, mühendisler ve tasarımcılar, fikirlerini hızlı ve düşük maliyetle test edebilirler. Bu, ürün geliştirme sürecinde hızlı geri bildirim almayı ve tasarım değişikliklerini kolayca yapmayı sağlar.

- Özel Parçaların Üretimi: 3D baskı, özelleştirilmiş ve nadir parçaların üretiminde büyük avantajlar sunar. Özellikle düşük hacimli üretimlerde veya talep edilen parçaların hızlı bir şekilde temin edilmesi gereken durumlarda etkili bir çözümdür. Özellikle araç içi özel bileşenler, prototipler ve kişiselleştirilmiş parçalar için idealdir.

- Karmaşık Geometriler: Geleneksel üretim yöntemlerinin sınırlamaları nedeniyle zor veya imkansız olan karmaşık geometrilere sahip parçaların üretimi, 3D baskı ile mümkün hale gelir. Bu teknoloji, tasarımcıların yenilikçi ve işlevsel tasarımlar oluşturmaya olanak tanır, çünkü malzemeyi sadece ihtiyaç duyulan yerlerde ekleyerek yapı oluşturur.

- Hız ve Verimlilik: 3D baskı teknolojisi, üretim sürecini hızlandırarak daha kısa teslim süreleri sağlar. Bu, otomotiv sektöründe hızlı prototipleme ve üretim süreçlerinin optimizasyonu için kritik öneme sahiptir. Ayrıca, parça başına üretim maliyetlerini düşürerek, özellikle düşük hacimli üretimlerde ekonomik faydalar sağlar.

- Malzeme Çeşitliliği: 3D baskı, çeşitli malzemeler kullanarak üretim yapabilir. Plastik, metal ve kompozit malzemeler gibi çeşitli seçenekler, otomotiv sektöründe farklı performans gereksinimlerine uygun parçaların

üretilmesine olanak tanır. Bu özellikler, 3D baskı teknolojisinin otomotiv sektöründe yenilikçi ve verimli bir üretim aracı olarak kullanılmasını sağlar.

2.1.2.Yapay Zeka ve Makine Öğrenimi

Yapay zeka, otomotiv sektöründe kalite kontrol, üretim süreçlerinin optimize edilmesi, müşteri hizmetleri ve sürücü destek sistemlerinde kullanılır (Bengio vd., 2013).

Bu teknolojilerin kullanımı, araçların güvenliğini artırmaktan üretim süreçlerini iyileştirmeye kadar geniş bir yelpazeyi kapsar:

- Kalite Kontrol:** Otomotiv üretiminde kalite kontrol süreçleri, YZ ve MO teknolojileri sayesinde daha hassas ve etkili hale gelir. Görüntü işleme ve sensör teknolojileri kullanılarak, üretim hatlarındaki parçaların kalitesi sürekli olarak izlenir. YZ tabanlı sistemler, görsel verileri analiz ederek yüzey hatalarını, malzeme kusurlarını veya montaj hatalarını tespit eder. Bu teknoloji, insan gözüyle fark edilmesi zor olan hataları bile saptayabilir, bu da kaliteyi artırır ve geri dönüş oranlarını düşürür.

- Üretim Süreçlerinin Optimize Edilmesi:** YZ ve MO, üretim süreçlerini daha verimli hale getirmek için kullanılabilir. Bu teknolojiler, üretim hatlarından toplanan verileri analiz ederek, süreçlerin otomatik olarak optimize edilmesini sağlar. Örneğin, üretim makinelerinin performansı sürekli izlenir ve gerekli ayarlamalar yapılır. Bu, üretim süresini kısaltır, maliyetleri düşürür ve ürün kalitesini artırır. Ayrıca, bakım ve arıza tahminleri için MO algoritmaları kullanılarak, üretim duraksamaları önenebilir.

- Müşteri Hizmetleri:** Müşteri hizmetlerinde YZ tabanlı araçlar, müşteri etkileşimlerini daha hızlı ve verimli hale getirir. YZ destekli sohbet robotları ve sanal asistanlar, müşteri taleplerine anında yanıt verebilir, ürün bilgileri sağlayabilir ve randevu planlaması yapabilir. Bu araçlar, müşterilerin sıkça sorulan sorularını yanıtlamak ve çözüm önerileri sunmak için kullanılır. Ayrıca, müşteri geri bildirimlerini analiz ederek, hizmet kalitesini artırmak ve müşteri memnuniyetini yükseltmek için önerilerde bulunur.

- Sürücü Destek Sistemleri (ADAS): YZ ve MO, araçların sürücü destek sistemlerinin (ADAS) temelini oluşturur. Bu sistemler, güvenliği artırmak ve sürüş deneyimini iyileştirmek için çeşitli özellikler sunar. Örneğin, çarpışma öncesi uyarı sistemleri, şerit takip asistanları, adaptif hız kontrolü ve park asistanları gibi fonksiyonlar, araçların çevresindeki nesneleri algılamak için YZ algoritmalarını kullanır. Bu sistemler, sürücülere uyarılar sağlar, otomatik olarak müdahalede bulunur ve sürüş güvenliğini artırır.

Bu uygulamalar, otomotiv sektöründe verimliliği artırmak, maliyetleri düşürmek ve müşteri deneyimini iyileştirmek için YZ ve MO'nun nasıl kullanıldığını göstermektedir. Bu teknolojiler, otomotiv endüstrisinin geleceğinde önemli bir rol oynamaktadır.

2.1.3.Nesnelerin İnterneti (IoT)

Otomotiv sektöründe, araçlar ve üretim ekipmanları IoT sensörleriyle donatılarak, gerçek zamanlı izleme yapılabilir, bakım süreçleri optimize edilebilir ve verimlilik artırılabilir (Atzori vd., 2010).

Bu teknolojinin otomotiv sektöründeki kullanımları aşağıdaki alanlarda önemli faydalar sağlar:

- Gerçek Zamanlı İzleme: IoT sensörleri, araçların ve üretim ekipmanlarının gerçek zamanlı olarak izlenmesini sağlar. Araçlarda kullanılan sensörler, motor performansı, yakıt tüketimi, lastik basıncı ve diğer kritik parametreleri sürekli olarak ölçer ve bu verileri araç içindeki bilgi sistemlerine veya bulut tabanlı platformlara iletir. Bu, sürücülere anlık durum bilgisi sunar ve olası arızaların erken tespit edilmesine yardımcı olur.

- Bakım Süreçlerinin Optimize Edilmesi: IoT sensörleri, araçların ve üretim ekipmanlarının bakım ihtiyaçlarını proaktif bir şekilde yönetmek için kullanılır. Örneğin, araçlarda yer alan sensörler, belirli bir parça veya sistemin ömrünü izler ve bakım ihtiyacını tahmin eder. Bu, planlı bakımın gerçekleştirilmesini sağlar ve beklenmedik arızaların önüne geçer. Üretim ekipmanlarında ise IoT, makine performansını izler ve bakım gereksinimlerini önceden belirler, bu da üretim sürekliliğini ve verimliliğini artırır.

- Verimlilik Artışı: IoT teknolojisi, otomotiv üretim süreçlerinde verimliliği artırmak için kullanılabilir. Üretim hatlarına yerleştirilen sensörler, makinelerin ve süreçlerin performansını izler, veri toplar ve analiz eder. Bu veriler, üretim süreçlerini optimize etmek ve darboğazları tespit etmek için kullanılır. Ayrıca, enerji tüketimi ve malzeme kullanımı gibi faktörlerin izlenmesi, üretim maliyetlerini düşürür ve kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlar.

- Gelişmiş Sürücü Destek Sistemleri: IoT, araçların gelişmiş sürücü destek sistemlerinin (ADAS) daha etkili çalışmasını sağlar. Örneğin, araçlar arasındaki veri alışverişi sayesinde, trafik bilgileri, yol koşulları ve diğer araçlarla etkileşimler hakkında gerçek zamanlı bilgi sağlanır. Bu bilgiler, sürücülerin daha bilinçli kararlar vermesine ve sürüş güvenliğini artırmasına yardımcı olur.

- Müşteri Deneyiminin İyileştirilmesi: IoT, müşteri deneyimini iyileştirmek için araç içi hizmetler sunar. Araç sahipleri, mobil uygulamalar veya araç içi bilgi-eğlence sistemleri aracılığıyla araçlarının durumu hakkında bilgi alabilir, bakım hatırlatmaları alabilir ve araçlarının performansını takip edebilir. Ayrıca, araç verileri, üreticilere müşteri tercihleri ve kullanım alışkanlıkları hakkında bilgi sağlar, bu da ürün geliştirmelerini ve kişiselleştirilmiş hizmetleri mümkün kılar.

Bu özellikler, IoT teknolojisinin otomotiv sektöründeki verimliliği artırma, bakım süreçlerini iyileştirme ve müşteri deneyimini zenginleştirme potansiyelini gösterir. IoT, otomotiv endüstrisinin geleceğinde önemli bir rol oynamakta ve sektördeki yenilikleri desteklemektedir.

2.1.4.Robotik ve Otomasyon

Otomotiv üretiminde endüstriyel robotlar, montaj hattında tekrarlayan görevleri hızlı, doğru ve verimli bir şekilde gerçekleştirir. Otomasyon, üretim süreçlerini optimize eder (Siciliano ve Khatib, 2016).

Bu teknolojiler, üretim hatlarındaki verimliliği artırmak, maliyetleri düşürmek ve kaliteyi iyileştirmek için kullanılır. İşte bu teknolojilerin otomotiv üretimindeki detaylı kullanımları:

Endüstriyel Robotlar: Endüstriyel robotlar, otomotiv üretiminde montaj hatlarında, kaynak işlemlerinde, boya uygulamalarında ve parça taşıma işlemlerinde geniş bir uygulama yelpazesi sunar. Bu robotlar, tekrarlayan ve fiziksel olarak zorlayıcı görevleri hızlı, doğru ve tutarlı bir şekilde yerine getirir. Örneğin:

- Montaj Hattı:** Robotlar, otomobil parçalarını hassas bir şekilde monte edebilir, vidaları sıkabilir ve parçaları doğru konumda yerleştirebilir. Bu, üretim hızını artırır ve montaj hatalarından kaynaklanan problemleri azaltır.

- Kaynak İşlemleri:** Kaynak robotları, otomobil gövdesinin metal parçalarını hassas bir şekilde kaynatır, bu da güçlü ve güvenilir bağlantılar sağlar

- Boya Uygulamaları:** Boya robotları, yüzeyleri eşit bir şekilde kaplar, bu da estetik kalitenin ve koruyucu kaplamanın tutarlı olmasını sağlar.

Otomasyonun üretim süreçlerine etkisi; otomasyon, üretim süreçlerini optimize ederek, verimliliği artırır ve üretim maliyetlerini düşürür. Otomasyon sistemleri, üretim hatlarını sürekli izler ve verileri toplar, bu da:

- Üretim Hızını Artırma:** Otomasyon sistemleri, üretim sürecindeki gecikmeleri ve darboğazları minimize ederek daha hızlı üretim sağlar. Bu, yüksek hacimli üretimlerde özellikle önemlidir

- Kalite Kontrol:** Otomasyon sistemleri, kalite kontrol süreçlerini otomatikleştirir ve hatalı ürünleri tespit eder. Bu, ürün kalitesini artırır ve insan hatasını azaltır.

- Düşük İş Gücü Maliyeti:** Otomasyon, insan iş gücünün yerini alarak, iş gücü maliyetlerini düşürür. Üretim süreçlerinin otomatik hale getirilmesi, iş gücü ihtiyacını azaltır ve maliyet tasarrufu sağlar.

- Esneklik ve Uyarlanabilirlik:** Modern robotik ve otomasyon sistemleri, esnek ve uyarlanabilir özelliklere sahiptir. Bu, üretim hatlarının çeşitli ürünlere uyum sağlamasını kolaylaştırır. Özellikle değişken üretim taleplerine ve üretim çeşitliliğine hızlıca yanıt verebilir. Bu esneklik, üreticilere yeni modellerin hızlı bir şekilde entegre edilmesini sağlar

- Verimlilik ve İyileştirme: Robotik ve otomasyon teknolojileri, üretim süreçlerinin sürekli olarak izlenmesini ve analiz edilmesini sağlar. Bu, süreçlerdeki verimsizlikleri tespit etmeye ve iyileştirmeler yapmaya olanak tanır. Ayrıca, veri analizi yoluyla süreçlerin daha da optimize edilmesi sağlanır.

Bu teknolojiler, otomotiv üretiminde kaliteyi artırmak, üretim süreçlerini hızlandırmak ve maliyetleri düşürmek için kritik bir rol oynar. Robotik ve otomasyon, otomotiv endüstrisinin rekabetçi kalmasını ve yüksek verimlilikle üretim yapmasını sağlar.

2.1.5.Dijital İkizler (Digital Twins)

Otomotiv endüstrisinde, araçların dijital ikizleri oluşturularak tasarım, üretim ve bakım süreçlerinde gerçek zamanlı izleme ve analiz yapılabilir (Tao vd., 2018).

Bu teknoloji, otomotiv endüstrisinde araçların, üretim süreçlerinin ve bileşenlerin dijital temsilcilerini oluşturmak için kullanılır. Dijital ikizler, gerçek zamanlı veri toplama, analiz ve simülasyon yetenekleri sağlar ve birçok avantaj sunar:

- Tasarım Süreçlerinde Kullanım: Dijital ikizler, araç tasarım süreçlerini geliştirmek için kullanılır. Bir aracın dijital ikizi, gerçek aracın tüm fiziksel ve işlevsel özelliklerini sanal ortamda temsil eder. Bu model, tasarım aşamasında çeşitli senaryoların test edilmesine, tasarım değişikliklerinin etkilerinin değerlendirilmesine ve performans analizlerinin yapılmasına olanak tanır. Böylece, prototip üretimine geçmeden önce tasarımın ne kadar verimli ve güvenilir olduğu belirlenebilir.

- Üretim Süreçlerinin İyileştirilmesi: Dijital ikizler, üretim süreçlerinin gerçek zamanlı izlenmesini ve optimize edilmesini sağlar. Üretim hattındaki makinelerin ve süreçlerin dijital ikizleri oluşturulur ve bu modeller, üretim verilerini toplar. Bu veriler, süreçlerdeki verimsizlikleri, potansiyel arızaları ve darboğazları tespit etmek için analiz edilir. Ayrıca, üretim sürecindeki değişikliklerin etkileri dijital ikizler üzerinden simüle edilebilir, böylece süreç iyileştirmeleri daha etkili bir şekilde planlanabilir.

- Bakım ve Onarım: Araçların dijital ikizleri, bakım ve onarım süreçlerini optimize etmek için kullanılır. Araçların çalışma koşullarını sürekli izleyen

sensörler, dijital ikizlere veri sağlar. Bu veriler, araçların performansını izler ve bakım gereksinimlerini tahmin eder. Örneğin, bir araç parçasının ömrü ve kullanım durumu hakkında bilgi sağlayarak, planlı bakım zamanlarını belirler ve olası arızaları önceden tespit eder. Bu, araçların daha uzun süre sorunsuz çalışmasını sağlar ve bakım maliyetlerini düşürür.

- Gerçek Zamanlı İzleme ve Performans Analizi: Dijital ikizler, araçların ve üretim süreçlerinin gerçek zamanlı izlenmesini sağlar. Sensörlerden ve IoT cihazlarından gelen veriler, dijital ikizlere aktarılır ve bu veriler üzerinden araçların veya süreçlerin performansı analiz edilir. Bu, anlık sorunların hızlıca tespit edilmesine ve çözülmesine yardımcı olur. Ayrıca, performans analizleri, sistemlerin nasıl daha iyi optimize edilebileceğini belirlemek için kullanılabilir.

- Müşteri Deneyimi ve Kişiselleştirme: Dijital ikizler, müşteri deneyimini iyileştirmek için de kullanılır. Araçların dijital ikizleri, müşteri kullanım verilerini ve geri bildirimlerini analiz ederek, kişiselleştirilmiş hizmetler ve öneriler sunar. Ayrıca, araç sahiplerine araçlarının durumu ve performansı hakkında detaylı bilgiler sağlar, bu da daha bilinçli bakım ve kullanım kararları almalarına yardımcı olur. Bu özellikler, dijital ikizlerin otomotiv endüstrisinde tasarım, üretim ve bakım süreçlerini daha etkili ve verimli bir şekilde yönetmek için nasıl kullanıldığını gösterir. Dijital ikizler, endüstrinin dijital dönüşümünde önemli bir rol oynar ve süreçlerin daha akıllı ve bağlantılı hale gelmesini sağlar.

2.1.6.Akıllı Üretim ve Akıllı Fabrikalar

Otomotiv fabrikalarında sensörler ve veri analiziyle akıllı üretim süreçleri oluşturulabilir. Akıllı fabrikalar, üretim süreçlerini otomatize eder ve optimize eder (Lee vd., 2018).

Bu teknolojiler, sensörler, veri analizi ve otomasyon sistemlerinin entegrasyonunu içerir:

- Sensörler ve Veri Toplama: Akıllı üretim sistemlerinde, üretim süreçlerinin her aşamasında sensörler kullanılır. Bu sensörler, makinelerin, üretim hatlarının ve diğer ekipmanların performansını izler. Sensörler, sıcaklık,

basınç, titreşim, hız gibi parametreleri sürekli olarak ölçer ve bu verileri toplar. Bu veriler, üretim sürecinin durumunu ve performansını gerçek zamanlı olarak izlemeye olanak tanır.

- Veri Analizi ve Karar Destek: Toplanan veriler, veri analizi araçları ve yapay zeka algoritmaları kullanılarak işlenir. Bu analizler, üretim süreçlerinde ortaya çıkan verimsizlikleri, hataları ve potansiyel sorunları tespit eder. Ayrıca, bu analizler, üretim sürecindeki trendleri ve kalıpları belirleyerek gelecekteki performansı tahmin etmek için kullanılır. Bu sayede, üretim süreçleri sürekli olarak optimize edilebilir ve iyileştirme fırsatları belirlenebilir.

- Otomasyon ve Süreç İyileştirme: Akıllı fabrikalarda otomasyon sistemleri, üretim süreçlerini daha hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştirir. Otomasyon, makinelerin ve üretim hatlarının kontrolünü sağlar ve insan müdahalesini en aza indirir. Bu, üretim sürecindeki hata oranını azaltır ve üretim hızını artırır. Ayrıca, otomasyon sistemleri, üretim süreçlerinde esneklik sağlar ve farklı ürünlerin üretiminde hızlı değişiklikler yapmayı mümkün kılar.

- Gerçek Zamanlı İzleme ve Kontrol: Akıllı üretim sistemleri, üretim sürecinin her aşamasını gerçek zamanlı olarak izler ve kontrol eder. Sensörlerden ve IoT cihazlarından gelen veriler, merkezi kontrol sistemlerine aktarılır ve bu sistemler, sürecin durumunu sürekli olarak gözlemleyerek anlık müdahalelere olanak tanır. Bu, süreçlerdeki anormalliklerin ve arızaların hızla tespit edilmesini ve çözülmesini sağlar.

- Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilirlik: Akıllı fabrikalar, enerji tüketimini izler ve optimize eder, bu da üretim süreçlerinin daha enerji verimli ve çevre dostu olmasını sağlar. Enerji verimliliği stratejileri, enerji tasarrufu sağlamak ve üretim süreçlerinde atıkları azaltmak için uygulanır.

Bu teknolojiler, otomotiv endüstrisinin üretim süreçlerini daha akıllı, verimli ve sürdürülebilir hale getirir. Akıllı üretim ve akıllı fabrikalar, üretim hatlarının sürekli iyileştirilmesine ve üretim süreçlerinin daha dinamik ve adaptif olmasına olanak tanır.

2.1.7.Görüntü Tanıma Sistemleri

Kamera sistemleri ve görüntü tanıma yazılımları, üretim hatlarında kalite kontrol işlemlerini gerçekleştirir ve hatalı ürünleri tespit eder (Goodfellow vd., 2016).

Bu teknolojinin otomotiv endüstrisindeki detaylı kullanım alanları:

- Kalite Kontrol ve Hata Tespiti: Görüntü tanıma sistemleri, üretim hattındaki her bir ürünün kalitesini değerlendirmek için kullanılır. Yüksek çözünürlüklü kameralar, ürünleri çeşitli açılardan görüntüler ve bu görüntüler üzerinde analiz yapılır. Yazılımlar, görüntülerdeki kusurları, eksiklikleri veya deformasyonları algılar. Örneğin: Yüzey Kontrolü: Araç kaportası veya iç parçalar üzerindeki yüzey kusurlarını (çizikler, çatlaklar, renk farklılıkları) tespit eder. Montaj Kontrolü: Ürünlerin montaj aşamasındaki parçaların doğru yerleştirilip yerleştirilmediğini kontrol eder.

- Otomatik Denetim: Görüntü tanıma sistemleri, kalite kontrol süreçlerini otomatikleştirir. İnsan operatörlerinin yerine geçen bu sistemler, üretim hattında yüksek hızda çalışabilir ve sürekli olarak ürünleri denetleyebilir. Bu otomatik denetim, insan hatasını minimize eder ve kalite kontrol süreçlerini daha hızlı ve tutarlı hale getirir.

- Veri Toplama ve Analiz: Görüntü tanıma sistemleri, her bir ürünün görüntüsünü ve analiz sonuçlarını kaydeder. Bu veriler, kalite kontrol süreçlerinin izlenmesini ve analiz edilmesini sağlar. Uzun vadede, bu veriler üretim süreçlerinde trendleri belirlemek ve sürekli iyileştirme fırsatlarını ortaya çıkarmak için kullanılabilir.

- Anomali Tespiti ve Önleme: Görüntü tanıma sistemleri, üretim sürecinde anormallikleri tespit edebilir ve bu anormalliklerin nedenlerini analiz edebilir. Bu, üretim sürecinde meydana gelen sorunları hızlıca çözmeye ve hatalı ürünlerin piyasaya sürülmesini önlemeye yardımcı olur. Örneğin, bir parçanın ölçülerindeki sapmaları algılayarak, bu sapmaların nedenlerini araştırabilir ve üretim sürecinde düzeltici önlemler alabilir.

- Üretim Verimliliği: Bu sistemler, üretim sürecinin daha verimli olmasını sağlar. Kalite kontrol işlemlerinin otomatik hale getirilmesi, üretim

hızını artırır ve üretim hatlarını optimize eder. Ayrıca, kalite kontrol süreçlerinde kullanılan manuel iş gücünü azaltarak maliyetleri düşürür.

- Uyumluluk ve Standartlar: Görüntü tanıma sistemleri, otomotiv endüstrisindeki kalite standartlarına ve regülasyonlarına uyumu sağlamada yardımcı olur. Sistemler, belirli kalite standartlarını karşılamayan ürünleri tespit ederek, üretim sürecinin bu standartlara uygun olmasını garanti eder.

Bu özellikler, görüntü tanıma sistemlerinin otomotiv üretiminde kalite kontrol ve süreç iyileştirme üzerindeki önemli etkilerini gösterir. Bu teknolojiler, üretim sürecinde yüksek kalite standartlarını korumak ve üretim verimliliğini artırmak için kritik bir rol oynar.

2.1.8.Yüksek Performanslı Malzemeler ve Hafifletme Teknolojileri

Otomotiv sektöründe kullanılan ileri malzemeler, araçların ağırlığını azaltarak yakıt verimliliğini artırır ve performansı artırır (Callister ve Rethwisch, 2018).

Bu teknolojiler, hem çevresel hem de ekonomik avantajlar sağlar. İşte bu teknolojilerin otomotiv sektöründeki detaylı kullanım alanları:

- İleri Malzeme Seçimi: Otomotiv üretiminde kullanılan ileri malzemeler, genellikle düşük ağırlık ve yüksek dayanıklılık özelliklerine sahiptir. Bu malzemeler, araçların toplam ağırlığını azaltarak yakıt verimliliğini artırır ve performansını iyileştirir. Öne çıkan malzemeler şunlardır: Karbon Fiber: Karbon fiber kompozitler, düşük ağırlıkları ve yüksek mukavemetleri ile bilinir. Karbon fiber, özellikle performans araçlarında, spor otomobillerde ve yarış arabalarında kullanılır. Yüksek maliyetine rağmen, karbon fiberin sağladığı hafiflik ve güç artışı, bu araçların performansını önemli ölçüde artırır. Alüminyum: Alüminyum, hafifliği ve korozyon direnci nedeniyle yaygın olarak kullanılır. Araç gövdesi, motor parçaları ve şasi bileşenlerinde kullanılarak araç ağırlığını azaltır ve yakıt verimliliğini artırır. Ayrıca, alüminyumun işlenmesi ve geri dönüşümü diğer malzemelere göre daha çevre dostudur. Magnezyum: Magnezyum alaşımları, alüminyumdan daha hafif bir seçenektir ve özellikle hafifletme teknolojilerinde kullanılır. Magnezyum, genellikle motor parçaları, jantlar ve şasi elemanlarında tercih edilir.

•Hafifletme Teknolojileri: Araç ağırlığını azaltmak için kullanılan çeşitli hafifletme teknolojileri, hem malzeme hem de tasarım aşamalarında uygulanır. Bu teknolojiler, performans ve yakıt verimliliğini artırırken, aracın güvenliğini ve dayanıklılığını da korur: Kompozit Malzemeler: Kompozit malzemeler, iki veya daha fazla malzemenin kombinasyonudur ve yüksek performanslı özellikler sağlar. Bu malzemeler, araç parçalarının daha hafif olmasını ve aynı zamanda dayanıklı olmasını sağlar. Örneğin, cam elyafı veya karbon fiber ile takviye edilmiş polimerler, araçlarda geniş bir uygulama alanına sahiptir. Strüktürel Tasarım: Araçların tasarımında yapılan değişiklikler, malzeme kullanımını optimize eder. İnce, hafif ve yüksek mukavemetli strüktürel tasarımlar, ağırlığı azaltırken güvenliği ve performansı artırır. Örneğin, optimize edilmiş şasi tasarımları ve malzeme tasarrufu sağlayan yapılar, aracın toplam ağırlığını azaltabilir.

•Yakıt Verimliliği ve Performans: Araç ağırlığını azaltma, yakıt verimliliğini önemli ölçüde artırabilir. Daha hafif araçlar, motorun daha az enerji harcamasını gerektirir, bu da daha iyi yakıt ekonomisi sağlar. Ayrıca, hafif araçlar daha hızlı hızlanabilir ve daha iyi manevra kabiliyeti sunar, bu da performansı artırır.

•Çevresel Etkiler: Hafifletme teknolojileri, çevresel sürdürülebilirliği destekler. Daha hafif araçlar, daha düşük emisyon değerlerine sahip olabilir ve bu, çevreye olan etkiyi azaltır. Ayrıca, geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımı, atıkların azaltılmasına ve doğal kaynakların korunmasına yardımcı olur.

•Gelişmiş Üretim Teknikleri: İleri malzemeler ve hafifletme teknolojileri, gelişmiş üretim teknikleriyle birlikte kullanılır. Örneğin, sıcak presleme, enjeksiyon kalıplama ve diğer özel işleme yöntemleri, malzemelerin daha verimli kullanılmasını ve daha hassas üretim süreçlerini mümkün kılar.

Bu açıklama, yüksek performanslı malzemeler ve hafifletme teknolojilerinin otomotiv endüstrisindeki çeşitli uygulamalarını ve sağladığı avantajları kapsamlı bir şekilde detaylandırır. Bu teknolojiler, araçların performansını artırırken, yakıt verimliliğini iyileştirir ve çevresel sürdürülebilirliği destekler.

2.1.9.Endüstriyel İnternet

Endüstriyel internet, üretim süreçlerinde verimliliği ve bakımı artırmak için makinelerin ve sistemlerin internet üzerinden birbiriyle iletişim kurmasını sağlar (Porter ve Heppelmann, 2014).

Bu teknoloji, otomotiv sektöründe üretim süreçlerinin verimliliğini artırmak, bakım süreçlerini optimize etmek ve genel performansı iyileştirmek için kullanılır. İşte endüstriyel internetin otomotiv üretimindeki detaylı kullanım alanları:

- Gerçek Zamanlı İzleme ve Kontrol: Endüstriyel internet, üretim süreçlerini gerçek zamanlı olarak izlemeye ve kontrol etmeye olanak tanır. Sensörler ve IoT (Nesnelerin İnterneti) cihazları, makinelerden ve üretim hatlarından veri toplar. Bu veriler, merkezi kontrol sistemlerine aktarılır ve burada analiz edilir. Bu sayede, üretim sürecinin durumu hakkında anlık bilgi edinilir, makinelerin performansı izlenir ve üretim hatalarına hızlı müdahale edilir. Örnek: Bir otomotiv montaj hattında, makinelerin ve robotların çalışma koşulları anlık olarak izlenir ve herhangi bir arıza durumunda hemen uyarılar gönderilir.

- Veri Analizi ve Tahmin: Endüstriyel internet, topladığı büyük miktarda veriyi analiz edebilme yeteneğine sahiptir. Bu analizler, üretim süreçlerinde trendlerin ve kalıpların belirlenmesine yardımcı olur. Ayrıca, makine öğrenimi algoritmaları kullanılarak, ekipman arızaları ve bakım gereksinimleri tahmin edilebilir. Bu tahminler, proaktif bakım stratejileri geliştirmeye olanak tanır ve beklenmeyen arızaların önüne geçer. Örnek: Bir motor montaj hattındaki makinelerin performans verileri analiz edilerek, olası arızalar önceden tespit edilir ve bakım öncesi bakım planlaması yapılır.

- Uzaktan Erişim ve Yönetim: Endüstriyel internet sayesinde, makineler ve üretim sistemleri uzaktan erişilebilir ve yönetilebilir. Bu, üretim süreçlerinin herhangi bir yerden izlenmesini ve yönetilmesini sağlar. Uzaktan erişim, teknik destek ve sorun çözme süreçlerini kolaylaştırır ve iş gücünün fiziksel olarak üretim tesisinde bulunmasını gerektirmeden sorunların çözülmesine olanak tanır. Örnek: Bir üretim yöneticisi, fabrikada fiziksel olarak bulunmadan,

merkezi bir kontrol paneli üzerinden tüm üretim hattını izleyebilir ve yönetebilir.

- Otomatik Bakım ve Onarım: Endüstriyel internet, makinelerin ve ekipmanların bakım süreçlerini otomatikleştirir. Sensörler, ekipmanların durumunu sürekli olarak izler ve bakım gereksinimlerini belirler. Bu veriler, bakım zamanlarını planlamaya yardımcı olur ve bakım süreçlerinin zamanında yapılmasını sağlar. Ayrıca, otomatik uyarılar ve bildirimler, bakım personeline gerektiğinde müdahale etmeleri için bilgi verir. Örnek: Bir makine, yağ seviyesinin düştüğünü algıladığında, sistem otomatik olarak bakım ekibine uyarı gönderir ve yağın değiştirilmesi gerektiğini bildirir.

- Verimlilik ve Performans İyileştirme: Endüstriyel internet, üretim süreçlerinin verimliliğini artırmak için sürekli veri toplar ve analiz eder. Bu, üretim hattındaki darboğazları tespit etmeye ve süreçleri optimize etmeye yardımcı olur. Ayrıca, makine verimliliğini ve üretim hızını artırmak için gerekli düzenlemeleri yapar. Örnek: Bir otomotiv fabrikasında, endüstriyel internet sistemleri, üretim hattındaki yavaş noktaları analiz eder ve bu noktaların iyileştirilmesi için önerilerde bulunur.

- Enerji Yönetimi ve Sürdürülebilirlik: Endüstriyel internet, enerji tüketimini izleyebilir ve optimize edebilir. Enerji kullanımını gerçek zamanlı olarak izleyerek, enerji tasarrufu sağlamak ve çevresel sürdürülebilirliği desteklemek için stratejiler geliştirilir. Enerji verimliliğini artırma hedefleri doğrultusunda otomatik düzenlemeler yapılabilir. Örnek: Enerji tüketimi verilerini analiz eden sistemler, fabrikada gereksiz enerji tüketimini azaltmak için enerji yönetim stratejileri uygular.

Bu açıklama, endüstriyel internetin otomotiv üretimindeki çeşitli uygulamalarını ve sağladığı avantajları detaylandırır. Endüstriyel internet, üretim süreçlerini daha akıllı, verimli ve yönetilebilir hale getirirken, genel performansı ve sürdürülebilirliği artırır.

Bu teknolojiler, otomotiv sektöründe üretim süreçlerini daha esnek, verimli ve rekabetçi hale getirir. Özellikle özelleştirilmiş parçaların ve yüksek hassasiyet

gerektiren bileşenlerin üretiminde önemli bir rol oynarlar (Gibson vd., 2015; Bengio vd., 2013; Atzori vd., 2010).

İleri üretim teknolojisi, Otomotiv sektöründe son yıllarda büyük bir önem kazanmıştır. Bu teknoloji, otomotiv endüstrisinin verimliliğini artırmak, maliyetleri düşürmek ve rekabet gücünü yükseltmek için kullanılmaktadır. Otomotiv sektöründe kullanılan en önemli ileri üretim teknolojileri arasında otomasyon, robot teknolojisi ve yapay zeka bulunmaktadır (Siciliano ve Khatib, 2016; Tao vd., 2018; Goodfellow vd., 2016).

Otomotiv sektöründe otomasyon, üretim süreçlerini hızlandırma ve tekrarlayan işleri otomatikleştirme açısından büyük bir avantaj sağlamaktadır. Sensörler ve diğer teknolojik sistemler kullanılarak üretim hatlarında yapılan işlemler izlenmekte ve kontrol edilmektedir. Böylece hatalar minimize edilirken üretim kalitesi önemli ölçüde artırılmaktadır. Otomasyon aynı zamanda işçi güvenliğinin sağlanması açısından da büyük bir role sahiptir. Tehlikeli ve zorlu işler robotlar aracılığıyla gerçekleştirilebilir, bu da iş kazalarını önlemede etkilidir (Lee vd., 2018).

Diğer bir ileri üretim teknolojisi olan robot teknolojisi, otomotiv sektöründe giderek daha yaygın hale gelmektedir. Robotlar, otomobil parçalarının birleştirilmesi, kaynak işlemleri, boyama ve montaj gibi görevleri üstlenebilirler. Bu, otomobil üretim süreçlerinin hızlandırılması ve kalitenin artırılmasına yardımcı olur (Siciliano ve Khatib, 2016).

Robotlar, sürekli ve yüksek hassasiyetle çalışabilir, böylece beklentileri ve talepleri karşılamak için ideal bir çözüm sunarlar. Ayrıca, insan işçilerin yaptığı bazı işleri üstlenerek maliyetleri düşürürler ve verimliliği artırır (Callister ve Rethwisch, 2018).

Yapay zeka da otomotiv sektöründe kullanılan bir diğer önemli ileri üretim teknolojisidir. Araçlarda otonom sürüş özelliği ve gelişmiş güvenlik sistemleri gibi birçok yenilikçi özelliği desteklemek için yapay zeka kullanılır. Yapay zeka, araçların çevrelerini algılamaları ve trafik koşullarına göre karar vermeleri için kullanılır (Bengio vd., 2013). Bu, sürücülerin güvenliğini sağlarken araçların daha etkili ve verimli şekilde çalışmasına olanak tanır. Ayrıca, yapay zeka kullanarak araç üreticileri,

satış sonrası hizmetlerde müşteri deneyimini iyileştirebilir, tahmini bakım hizmetleri sunabilir ve daha akıllı, bağlantılı araçlar üretebilirler (Goodfellow vd., 2016).

Otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileri, sektördeki firmalar için önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu teknolojiler sayesinde daha hızlı üretim, artan verimlilik ve kalite elde edilebilir. Aynı zamanda, işçi güvenliği ve iş kazalarının önlenmesi gibi önemli konularda da çözümler sunarlar. Bu nedenle, otomotiv sektöründe kullanılan otomasyon, robot teknolojisi ve yapay zeka gibi ileri üretim teknolojileri, sektörün geleceği açısından büyük bir öneme sahiptir (Tao vd., 2018; Porter ve Heppelmann, 2014).

Sonuç olarak, otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileri, sektördeki firmaların rekabet gücünü artırmak için vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir. Otomasyon, robot teknolojisi ve yapay zeka gibi bu teknolojiler, otomotiv üretiminin verimli, güvenli ve yenilikçi bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlar. Bu teknolojiler, otomotiv sektörünün geleceğini şekillendirmekte ve sektördeki firmaların başarılarını belirlemede kritik bir role sahiptir (Jin ve Smith, 2021).

2.2.İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN OTOMOTİV SEKTÖRÜNE SAĞLADIĞI AVANTAJLAR

İleri üretim teknolojileri, otomotiv sektörüne bir dizi önemli avantaj sağlar:

- **Esneklik ve Özelleştirme:** İleri üretim teknolojileri, özelleştirilmiş ürünlerin ve parçaların üretimini daha ekonomik ve hızlı hale getirir. Bu, müşteri taleplerine hızlı bir şekilde yanıt verme kapasitesini artırır (Berman, 2012; Westkämper, 2014).
- **Daha Hızlı Üretim Süreçleri:** Geleneksel üretim süreçlerine göre daha hızlıdır. 3D baskı ve diğer ileri üretim teknolojileri, parçaları daha kısa sürede üretebilir ve prototip geliştirme sürecini hızlandırabilir (Gibson vd., 2015; Wohlers ve Caffrey, 2021)
- **Maliyet Düşüşü:** İleri üretim teknolojileri, malzeme israfını minimumda tutar ve üretim süreçlerinde verimliliği artırır. Bu, üretim maliyetlerini düşürür (Bourke, 2019; Koren, 2010).

- Yüksek Hassasiyet ve Kalite: Bu teknolojiler, hassas ve karmaşık geometrileri üretebilme yeteneğine sahiptir. Bu da daha yüksek kaliteli ve hassas ürünlerin üretilmesini sağlar (Sachs vd., 2016; Berman, 2012).

- Daha Az Stok Tutarı: İleri üretim teknolojileri, ürünleri talebe göre üretme esnekliği sağlar. Bu, stok maliyetlerini minimize eder (Hazen vd., 2016; Koren, 2010).

- Ürün İyileştirmesi ve İnovasyon: İleri üretim teknolojileri, daha karmaşık ve performans açısından üstün ürünlerin tasarlanmasını mümkün kılar. Bu da otomotiv endüstrisinde sürekli yenilik ve ürün iyileştirmesi sağlar (Gordon, 2017; Zhao, 2018).

- Sürdürülebilirlik: İleri üretim teknolojileri, malzeme kullanımını optimize eder ve enerji verimliliğini artırabilir. Bu, otomotiv endüstrisinin sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunabilir (Cohen ve Klemperer, 2017; Yalçın, 2021).

- Daha Hızlı Prototip Geliştirme: Prototip üretim süreçlerini hızlandırır, bu da yeni ürünlerin ve tasarımların daha hızlı bir şekilde test edilmesine ve piyasaya sürülmesine olanak tanır (Sachs vd., 2016; Wohlers ve Caffrey, 2021).

- Dijital Tasarım ve Optimizasyon: İleri üretim teknolojileri, dijital tasarım ve simülasyon araçlarıyla entegre olarak çalışabilir. Bu, ürün tasarımını optimize etme ve mükemmelleştirme süreçlerini hızlandırabilir (Gershenfeld, 2012; Koç, 2020).

Bu avantajlar, otomotiv endüstrisinde ileri üretim teknolojilerinin benimsenmesinin ve uygulanmasının giderek daha yaygın hale gelmesine katkıda bulunur. Bu teknolojiler, rekabet avantajı sağlayarak endüstri standardını sürekli olarak yükseltmeye devam eder.

2.3.İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN OTOMOTİV SEKTÖRÜNE SAĞLADIĞI DEZAVANTAJLAR

İleri üretim teknolojileri otomotiv sektöründe birçok avantaj sağlamakla birlikte bazı dezavantajları da beraberinde getirebilir:

- Yüksek Başlangıç Maliyetleri: İleri üretim teknolojilerine geçiş, yüksek başlangıç yatırımı gerektirebilir. Bu, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler için zorlayıcı olabilir (Leicht, 2015; Yılmaz, 2020).

- Eğitim ve Uzmanlaşma Gereksinimi: Yeni teknolojilerin kullanılabilmesi için personelin eğitilmesi gerekebilir. Uzmanlaşmış becerilere sahip personel bulma ve eğitme süreci zaman alabilir ve maliyetli olabilir (Choi ve Lee, 2019; Çetin, 2021).

- Güvenlik ve Gizlilik Endişeleri: Nesnelerin İnterneti (IoT) gibi teknolojiler, verilerin internet üzerinden aktarılmasını gerektirir. Bu, güvenlik açıklarına ve veri gizliliği endişelerine yol açabilir (Kshetri, 2018; Akman, 2022).

- Yavaş Üretim Süreçleri: Bazı ileri üretim teknolojileri, özellikle büyük ve karmaşık parçaların üretiminde yavaş olabilir. Bu, seri üretim süreçlerini geciktirebilir (Miller ve Miller, 2014; Yüksel, 2019).

- Sınırlı Malzeme Seçenekleri: 3D baskı gibi teknolojilerde kullanılan malzemeler sınırlı olabilir. Bu, özellikle endüstriyel mukavemet ve dayanıklılık gerektiren parçaların üretiminde bir kısıtlama oluşturabilir (Dizon vd., 2016; Demir, 2021).

- Yakıt Verimliliği ve Çevresel Etkiler: Hafifletme teknolojileri ve yeni malzemeler, yakıt verimliliğini artırabilir, ancak bu malzemelerin üretimi ve geri dönüşümü çevresel etkilere yol açabilir (Bourke, 2019; Yılmaz ve Kaya, 2022).

- Teknolojik Hız: Teknoloji hızla ilerlediği için, bir şirketin seçtiği ileri üretim teknolojisi, gelecekte daha gelişmiş teknolojilerle hızla eskimiş olabilir (Gershenfeld, 2012; Karahan, 2020).

- Yedek Parça Sorunları: Otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileriyle üretilen özel parçaların stoklanması ve talep durumunda temin edilmesi sorunlara yol açabilir (Hazen vd., 2016; Aydın, 2021).

Bu dezavantajlar, otomotiv sektöründe ileri üretim teknolojilerini benimseyen şirketlerin dikkate alması gereken faktörlerdir. Bu nedenle teknoloji seçimi yaparken dikkatli bir değerlendirme yapmak önemlidir.

2.4.İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN PERFORMANSLARINI DEĞERLENDİRİRKEN DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN KRİTERLER

İleri üretim teknolojilerinin performanslarını değerlendirirken dikkat edilmesi gereken bir dizi kritik kriter bulunmaktadır. Bu kriterler, teknolojinin etkinliği, güvenilirliği, verimliliği ve iş süreçlerine olan katkısını değerlendirmenize yardımcı olabilir. İşte dikkate almanız gereken önemli kriterler:

- **Hız ve Verimlilik:** İleri üretim teknolojileri, üretim süreçlerini hızlandırmalı ve daha verimli hale getirmelidir. Üretim hızındaki artış, daha fazla ürün üretme kapasitesini artırır (Berman, 2012; Gibson vd., 2015).
- **Hassasiyet ve Kalite:** Teknoloji, üretimdeki hassasiyeti artırmalı ve kalite kontrol süreçlerinde gelişmeler sağlamalıdır. Daha az hata, daha kaliteli ürünlerin üretilmesini sağlar (Gibson vd., 2015).
- **Esneklik ve Özelleştirme:** İleri üretim teknolojileri, küçük partilerin veya özelleştirilmiş ürünlerin ekonomik bir şekilde üretilmesine olanak tanımalıdır. Bu, müşteri taleplerine hızlı bir şekilde uyum sağlama yeteneği sağlar (Westkämper, 2014).
- **Maliyet Etkinliği:** Teknoloji, üretim süreçlerini optimize etmeli ve malzeme kullanımını optimize ederek maliyetleri düşürmelidir. Daha düşük üretim maliyetleri, rekabet avantajı sağlar (Cohen ve Klemperer, 2017).
- **Güvenilirlik ve Dayanıklılık:** İleri üretim teknolojileri güvenilir olmalıdır. Sürekli ve güvenilir çalışma, üretim sürekliliği sağlar (Miller ve Miller, 2014).
- **Dijital Entegrasyon:** İleri üretim teknolojileri, diğer dijital sistemlerle (örneğin, ERP ve CRM sistemleri) uyumlu olmalıdır. Bu, üretim süreçlerini daha iyi izleme ve yönetme imkanı sağlar (Hazen vd., 2016).
- **Yatırım Getirisi (ROI):** Teknoloji yatırımının geri dönüş süresi ve getirisi değerlendirilmelidir. Uzun vadeli bir bakış açısıyla yatırımın getirisinin hesaplanması önemlidir (Bourke, 2019).

- Enerji Verimliliği: İleri üretim teknolojileri, enerji verimliliği açısından optimize edilmelidir. Enerji tüketimindeki azalma, hem çevre açısından olumlu etkiler yaratır hem de enerji maliyetlerini düşürür (Çetin, 2021).

- Yasal ve Etik Uyumluluk: Teknolojinin kullanımıyla ilgili tüm yasal ve etik standartlara uygun olmalıdır. Fikri mülkiyet haklarına saygılı olunmalı ve güvenlik standartlarına uyum sağlanmalıdır (Leicht, 2015).

- Eğitim ve Destek: Çalışanları eğitime ve teknik destek sağlama imkanı sunmalıdır. Doğru kullanım ve bakım, teknolojinin performansını maksimize eder (Westkämper, 2014).

İleri üretim teknolojilerinin seçimi ve performans değerlendirmesi için bu kriterler dikkate alınmalıdır.

2.5.ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ

Çok kriterli karar verme (ÇKKV) genel olarak iki ana kategoriye ayrılır: çok amaçlı karar verme (ÇAKV) ve çok nitelikli karar verme (ÇNKV). Eğer bir problem, belirli özelliklerin puanlanarak alternatiflerin değerlendirilmesi ve en uygun alternatifin seçilmesi üzerine kurulmuşsa, bu tür problemler çok nitelikli karar verme problemleri olarak adlandırılır. Diğer taraftan, çok amaçlı karar verme problemleri, birden fazla çelişen amaç arasında en iyi alternatifin seçilmesiyle ilgilidir. Her iki problem türünde de karar alma sürecine bir veya birden fazla karar vericinin dahil olması mümkündür (Phua ve Minowa, 2005).

Çok kriterli karar verme sorunları, bir dizi alternatifin veya adayın, belirli kriterler ya da öznitelikler temelinde seçilmesi gereken durumlarda ortaya çıkar. Bu süreçte, alternatiflerin karşılaştırılması karar verme sürecinin temelini oluşturur. Ancak, çelişkili alternatiflerin bulunması durumunda, karar vericinin belirsiz veya eksik verileri dikkate alması gereklidir. Bu tür belirsizliklerin yönetilmesinde bulanık küme teorisi, çok kriterli karar verme problemlerine etkili çözümler sunmak için uygun bir yaklaşımdır (Aouam ve ark., 2003).

2.5.1.Kemira M Yöntemi

KEMIRA-M (Key Element Method for Impact and Relative Assessment - Modified) yöntemi, KEMIRA yönteminin geliştirilmiş bir versiyonu olarak çok

kriterli karar verme (ÇKKV) problemlerinde belirsizliği yönetmek amacıyla tasarlanmış bir tekniktir. Bu yöntem, klasik KEMIRA yöntemine ek olarak bulanık mantık yaklaşımını kullanarak kriter ağırlıklarının ve alternatiflerin daha esnek ve belirsiz koşullarda değerlendirilmesine olanak tanır. KEMIRA-M, karar vericilerin öznitelikleri ve değerlendirme sürecindeki belirsizlikleri göz önünde bulundurarak daha esnek bir karar destek sistemi sunmaktadır (Çitli, 2006; Krylovas vd., 2016).

2.5.1.1.KEMIRA-M Yönteminin Tanımı ve Özellikleri

KEMIRA-M, karar sürecinde kullanılan kriterlerin etkilerini değerlendirmek için uzman görüşlerine dayanan bir sistem sunar. Bu yöntemde, alternatiflerin göreceli önemi belirlenirken kriterlerin ağırlıkları da bulanık mantık ile değerlendirilir. Bu süreç, belirsizlik içeren durumlarda dahi daha sağlam ve güvenilir bir karar verme süreci sağlar. Özellikle, karar vericilerin belirsiz bilgilere sahip olduğu ve kriterlerin etkilerinin tam olarak bilinemediği durumlarda kullanılır (Özden, 2015; Krylovas vd., 2016).

KEMIRA-M yönteminin temel özellikleri şunlardır:

- Bulanık Mantık Kullanımı: Kriterlerin ve alternatiflerin belirsizliğe dayalı olarak değerlendirilmesini sağlar.
- Dinamik Kriter Ağırlıkları: Kriterlerin önem derecesi, uzman görüşlerine dayalı olarak bulanık sayılarla ifade edilir.
- Esneklik: Değişen koşullara uyum sağlayabilen, kullanıcıya özel bir karar verme süreci sunar.
- Çok Kriterli Değerlendirme: Birden fazla kriteri aynı anda değerlendirerek, her alternatifin genel performansını hesaplar (Çitli, 2006; Krylovas ve Kosareva, 2016).

2.5.1.2.KEMIRA-M Yönteminin Uygulama Süreci

KEMIRA-M yönteminin uygulanması, belirli adımları içeren sistematik bir süreçle gerçekleştirilir. Bu adımlar şunlardır:

1. Problemin Tanımlanması: Karar verme sürecinde çözülmesi gereken sorun tanımlanır ve karar kriterleri belirlenir.

2. Kriterlerin Belirlenmesi: Karar sürecinde dikkate alınacak kriterler belirlenir ve bu kriterlerin her birinin önem derecesi tanımlanır.

3. Alternatiflerin Tanımlanması: Karar verilecek alternatiflerin tanımlanması yapılır. Alternatiflerin belirli kriterlere göre nasıl performans gösterdiği değerlendirilir.

4. Bulanık Sayılarla Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi: Kriter ağırlıkları, bulanık üçgen sayı yöntemiyle belirlenir. Uzman görüşlerine dayalı olarak kriterlerin önem seviyeleri netleştirilir.

5. Alternatiflerin Değerlendirilmesi: Alternatifler, belirlenen kriterler doğrultusunda performans puanları ile değerlendirilir. Bu puanlar bulanık mantıkla ifade edilir.

6. Sonuçların Hesaplanması ve Karar Verme: KEMIRA-M yöntemi, alternatiflerin performans değerlerini birleştirerek her bir alternatifin genel puanını hesaplar ve karar vericiye en iyi alternatif hakkında bilgi verir (Özden, 2015; Krylovas vd., 2016).

2.5.1.3.KEMIRA-M Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

KEMIRA-M yöntemi, belirsizlik altında karar verme sürecine sağladığı katkılar nedeniyle birçok avantaj sunmaktadır. Bu avantajlar şunlardır:

- Belirsizliği Yönetme: Karar sürecindeki belirsiz bilgilerin bulanık mantıkla ifade edilmesine olanak tanır, bu da karar sürecinde daha doğru ve güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlar.

- Çoklu Kriter Değerlendirme: Birden fazla kriterin aynı anda değerlendirilmesini sağlar ve bu kriterlerin etkileşimlerini göz önünde bulundurur.

- Esneklik: Farklı alanlardaki karar verme problemlerine uyarlanabilir bir yapıya sahiptir.

Ancak, KEMIRA-M yönteminin bazı sınırlamaları da bulunmaktadır:

- Hesaplama Karmaşıklığı: Bulanık mantık ve çoklu kriter değerlendirme süreci, bazı durumlarda zaman alıcı ve hesaplama açısından karmaşık olabilir.

- Uzman Görüşüne Bağımlılık: Kriter ağırlıklarının belirlenmesi ve alternatiflerin değerlendirilmesi aşamalarında uzman görüşüne ihtiyaç duyulması, karar sürecinde öznelliğe neden olabilir (Çitli, 2006; Krylovas vd., 2016).

2.5.1.4.KEMIRA-M Yönteminin Kullanım Alanları

KEMIRA-M yöntemi, birçok sektördeki karar verme süreçlerinde kullanılmaktadır. Bu yöntem, özellikle belirsizlik ortamlarının hakim olduğu sektörlerde etkili olmaktadır. En yaygın kullanım alanları şunlardır:

- Otomotiv Sektörü: Otomotiv üretim süreçlerinde robotik sistemlerin verimliliği ve bakım planlaması gibi karar süreçlerinde KEMIRA-M yöntemi tercih edilir.
- Tedarik Zinciri Yönetimi: Tedarik zincirinde tedarikçi seçimi, lojistik hizmet sağlayıcılarının değerlendirilmesi ve risk analizlerinde kullanılır.
- Üretim Planlaması: Üretim hatlarının verimliliği, bakım süreçlerinin yönetimi ve makine seçiminde karar destek aracı olarak kullanılır.
- Enerji Sektörü: Yenilenebilir enerji projelerinin değerlendirilmesinde ve çevresel etki analizlerinde KEMIRA-M yöntemi uygulanır (Özden, 2015; Çitli, 2006; Krylovas vd., 2016).

KEMIRA-M yöntemi, çok kriterli karar verme problemlerinde belirsizliğin olduğu durumlarda etkili bir çözüm sunmaktadır. Bu yöntem, bulanık mantık yaklaşımı sayesinde kriter ağırlıklarının daha doğru belirlenmesini sağlamak ve alternatiflerin performanslarını daha net bir şekilde ortaya koymaktadır. Otomotiv, üretim, tedarik zinciri ve enerji sektörlerinde yaygın olarak kullanılan KEMIRA-M, karar vericilerin daha isabetli ve güvenilir kararlar almasını sağlar. Bu nedenle, karmaşık karar verme süreçlerinin bulunduğu sektörlerde önemli bir karar destek aracı olarak öne çıkmaktadır (Çitli, 2006; Özden, 2015; Krylovas vd., 2016).

2.5.1.5.KEMIRA-M Yöntemi İçin Literatür İncelemesi

Krylovas vd. (2016) çalışmalarında, tehlike içermeyen atıkları yok eden bir fabrikanın yer seçimi problemi KEMIRA-M yöntemi ile incelenmiştir. Çalışmada,

kriterler mühendislik ve kentsel-sosyal olmak üzere iki grup altında değerlendirilmiştir. Kriter önceliklerinin belirlenmesi için alanında uzman 5 kişinin görüşleri alınmış ve kriterlerin sıralaması oluşturulmuştur. Değerlendirme sürecinde 7 alternatif analiz edilmiştir. Alternatifler, kriter gruplarına göre değerlendirilerek, en uygun yer seçimi gerçekleştirilmiş ve sonuçlar alternatif sıralamasıyla sunulmuştur. Çalışma, KEMIRA-M yönteminin yer seçimi problemlerinde etkin ve sistematik bir çözüm sağladığını ortaya koymuştur.

Toktaş ve Can (2019), KEMIRA-M yönteminin stokastik değerlendirme ile genişletilmiş bir versiyonunu sunmuşlardır. Çalışmada, kriterler performans, maliyet ve kalite olmak üzere 3 ana grup altında ele alınmıştır. Karar verme sürecinde 4 alternatif değerlendirilmiş ve alternatiflerin performans değerleri karşılaştırılmıştır. Araştırma sonucunda, stokastik KEMIRA-M yöntemi kullanılarak belirsizliklerin analizinde daha tutarlı ve güvenilir sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışma, yöntemin esnek yapısını ortaya koyarak karar verme süreçlerinde önemli bir katkı sağlamaktadır.

Delice ve Can (2020) çalışmalarında, ergonomik risk değerlendirme süreçlerinde KEMIRA-M yöntemi, Best-Worst yöntemi ile birlikte kullanılmıştır. Çalışmada kriterler iş güvenliği, çalışan sağlığı ve verimlilik olmak üzere 2 ana grup altında incelenmiştir. Değerlendirme sürecinde 5 alternatif analiz edilmiş ve ergonomik risk faktörlerine göre alternatiflerin sıralaması yapılmıştır. Sonuçlar, KEMIRA-M yönteminin risk değerlendirme süreçlerinde esnek ve etkin bir analiz aracı olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Pakdil vd. (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, sağlık sektöründe Six Sigma projelerinin önceliklendirilmesi ve seçimi için KEMIRA-M yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada kriterler, hasta memnuniyeti, maliyet etkinliği ve süreç iyileştirme olarak belirlenmiş ve bu kriterlere göre 6 alternatif değerlendirilmiştir. Projelerin performans değerleri karşılaştırılarak öncelik sıralaması oluşturulmuş ve en uygun proje seçilmiştir. Çalışmanın bulguları, KEMIRA-M yönteminin çok kriterli proje seçiminde karar vericilere sistematik bir değerlendirme süreci sunduğunu göstermektedir.

Yakut vd. (2023), yenilenebilir enerji sistemlerinde inverter türlerinin seçimi için KEMIRA-M yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada, kriterler maliyet, verimlilik

ve dayanıklılık olmak üzere 2 grup altında ele alınmıştır. Alternatif değerlendirme sürecinde 4 inverter türü analiz edilmiştir. KEMIRA-M yöntemi ile teknik ve ekonomik kriterlere dayalı olarak alternatiflerin performansları karşılaştırılmış ve en uygun inverter türü belirlenmiştir. Bu çalışma, enerji sektöründe KEMIRA-M yönteminin başarıyla uygulanabileceğini ortaya koymaktadır.

Soltanifar vd. (2022), KEMIRA-M yöntemini geliştirerek Voting-KEMIRA yaklaşımını tanıtmışlardır. Çalışmada kriterler, teknik performans ve çevresel etkiler olarak 2 ana grup altında ele alınmıştır. Kriter önceliklerinin belirlenmesi için uzman görüşleri entegre edilmiştir. Değerlendirme sürecinde 8 alternatif analiz edilerek performans sıralaması oluşturulmuştur. Bu çalışma, KEMIRA-M yönteminin genişletilmiş versiyonlarının karar verme süreçlerinde daha tutarlı sonuçlar sunabileceğini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak literatürde KEMIRA-M yöntemi, özellikle çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemlerinde belirsizlikleri ve karmaşık süreçleri ele almak için etkin bir araç olarak kullanılmaktadır. Yöntemin farklı sektörlerde (yer seçimi, ergonomik risk değerlendirme, yenilenebilir enerji ve sağlık projeleri gibi) başarıyla uygulandığı görülmektedir. Çalışmalarda kriterler genellikle iç ve dış olmak üzere gruplandırılmış, alternatifler çoklu kriterler üzerinden sıralanmıştır. Ayrıca, yöntemin stokastik değerlendirme ve Voting-KEMIRA gibi uzantılarla geliştirildiği ve daha geniş uygulama alanları sunduğu literatürde vurgulanmaktadır. Bu bulgular, KEMIRA-M yönteminin farklı problemlerin çözümünde önemli bir karar destek aracı olduğunu kanıtlamaktadır.

Bu tez çalışmasında, KEMIRA-M yöntemi kullanılarak otomotiv sektöründe ileri üretim teknolojileri kapsamında robot teknolojilerinin performans değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmada dört farklı robot teknolojisi alternatif olarak belirlenmiş ve bu teknolojilerin performansı çeşitli iç ve dış kriterler çerçevesinde analiz edilmiştir. Kriterler; teknik performans, maliyet etkinliği, hata oranı ve bakım gereksinimleri gibi önemli faktörleri içermektedir. KEMIRA-M yöntemi, kriterlerin önceliklendirilmesini ve alternatiflerin sıralanmasını sağlamak için sistematik bir yaklaşım sunmuştur. Çalışmanın sonunda, alternatif robot teknolojilerinin performansları karşılaştırılmış ve sektörde en uygun robot teknolojisi belirlenmiştir. Bu araştırma, ileri üretim teknolojilerinin otomotiv sektöründeki uygulamalarına

yönelik kapsamlı bir değerlendirme sunarak karar vericilere stratejik seçim süreçlerinde rehberlik etmeyi amaçlamaktadır.

2.5.1.6.Kemira M Yönteminin Adımları

KEMIRA-M yöntemi, üç temel aşamadan oluşan bir karar verme yöntemidir. Bu yöntemin ilk aşamasında, karar sürecinde dikkate alınacak kriterler belirli gruplara ayrılır. Kriterlerin gruplandırılması, karar probleminin doğasına ve karar vericinin ihtiyaçlarına göre yapılır. Bu gruplama süreci, kriterlerin daha sistematik bir şekilde ele alınmasına ve değerlendirme sürecinin daha düzenli ilerlemesine olanak tanır. (Kosareva vd., 2016: 53).

Gruplara ayrılan bu kriterler, alanında uzman kişiler tarafından öncelik sırasına göre değerlendirilir ve sıralanır. Bu sıralama süreci, uzmanların deneyimlerine, bilgi birikimlerine ve karar verme sürecine ilişkin beklentilere dayalı olarak gerçekleştirilir. Bu aşamada, kriterlerin karar sürecine olan etkisi, her bir grubun önem düzeyine göre belirlenir.

Kriterlerin öncelik sırasının belirlenmesinde ise Kemeny Medyan (Kemeny Median) yöntemi kullanılır. Bu yöntem, bir grup uzman tarafından belirlenen bireysel sıralamaların birleştirilerek ortak bir sıralamanın elde edilmesini sağlar. Kemeny Medyan yöntemi, farklı uzman görüşlerinin bir araya getirilmesinde etkili bir yöntem olarak kabul edilir ve kriterlerin öncelik sırasını daha nesnel bir şekilde belirlemek için kullanılır. Bu yöntem sayesinde, birden fazla uzmanın değerlendirmesinden elde edilen sıralamalar, birleştirilmiş bir öncelik sıralamasına dönüştürülür. Bu, karar sürecinin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırır. (Kosareva vd., 2016: 53).

İkinci aşamada, kriterlerin hem iç grupları içerisindeki hem de gruplar arası ağırlıkları belirlenir. Bu aşamada, her bir grubun içinde yer alan kriterlerin kendi aralarındaki önem düzeyleri sıralanır ve bu kriterlerin göreceli ağırlıkları hesaplanır. Aynı zamanda, farklı gruplarda yer alan kriterlerin genel karar sürecine etkisini belirlemek amacıyla gruplar arası bir ağırlıklandırma yapılır. (Kosareva vd., 2016: 51).

Bu süreçte, Sıralama Uygunluk Göstergesi (Indicator Rank Accordance) yöntemi kullanılır. Bu yöntem, kriterlerin önem sırasına ve bu sıralamanın karar sürecine uygunluğuna dair bir analiz sağlar. Sıralama Uygunluk Göstergesi, kriterler arasındaki tutarlılığı değerlendirmeye olanak tanır ve her bir kriterin göreceli önemini

belirlemek için veriye dayalı bir yaklaşım sunar. Bu yöntem sayesinde, kriterlerin önem dereceleri daha nesnel bir şekilde belirlenir ve karar sürecinin doğruluğu artırılır. (Kosareva vd., 2016: 51).

Üçüncü aşama kapsamında, her bir alternatifin amaç fonksiyonu değerleri hesaplanarak karşılaştırılır. Bu süreçte, alternatiflerin her bir kriter açısından ne kadar iyi performans gösterdiği belirlenir ve bu performanslar amaç fonksiyonu ile sayısal değerlere dönüştürülür. Amaç fonksiyonları, her bir alternatifin genel performansını ortaya koymak için belirlenen kriterlerden elde edilen verilerin birleştirilmesiyle elde edilir (Toktaş ve Can, 2019). Bu hesaplama, alternatiflerin genel başarı düzeylerinin açıkça ortaya konulmasını sağlar.

Amaç fonksiyon değerleri hesaplandıktan sonra, bu değerlere göre alternatiflerin sıralaması yapılır. Bu sıralama, alternatiflerin hangi ölçüde tercih edilebilir olduğunu net bir şekilde ortaya koyar. En yüksek amaç fonksiyon değerine sahip olan alternatif, en iyi seçenek olarak kabul edilir. Bu aşama, karar vericinin en uygun alternatifini seçmesini sağlayan son ve en önemli adımdır (Soltanifar vd., 2022).

KEMIRA-M yönteminde takip edilmesi gereken adımlar aşağıda sıralanmıştır (Sarıçalı ve Kundakcı, 2017: 38-40):

1.Adım: Öncelikle, karar matrisi Eşitlik (1)'de görüldüğü gibi oluşturulur.

$$D = \begin{pmatrix} x_1^{(1)} & \dots & x_l^{(1)} & \dots & x_m^{(1)} & \dots & y_1^{(1)} & \dots & y_l^{(1)} & \dots & y_n^{(1)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_1^{(i)} & \dots & x_l^{(i)} & \dots & x_m^{(i)} & \dots & y_1^{(i)} & \dots & y_l^{(i)} & \dots & y_n^{(i)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_1^{(K)} & \dots & x_l^{(K)} & \dots & x_m^{(K)} & \dots & y_1^{(K)} & \dots & y_l^{(K)} & \dots & y_n^{(K)} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Bu karar matrisinde, i ($i=1, \dots, K$) alternatifleri temsil ederken $x_j^{(i)}$, i . alternatifin j ($j=1, \dots, m$) iç kriter için aldığı değeri ifade etmektedir. Benzer şekilde $y_{j'}^{(i)}$, i . alternatifin j' ($j'=1, \dots, n$) dış kriter için aldığı değeri göstermektedir. (Kosareva vd., 2016:54).

2. Adım: Uzmanlar tarafından belirlenen kriter tercihlerini içeren bir tablo hazırlanır.

Uzman	x_1	...	x_l	...	x_m	y_1	...	y_l	...	y_m
1	$j_1^{(1)}$	...	$j_l^{(1)}$	...	$j_m^{(1)}$	$j_1'^{(1)}$	...	$j_l'^{(1)}$	...	$j_m'^{(1)}$
...		...		...			...		...	
S	...	...				...	...			
...	$j_1^{(s)}$	...	$j_l^{(s)}$	...	$j_m^{(s)}$	$j_1'^{(s)}$	...	$j_l'^{(s)}$	...	$j_m'^{(s)}$
S		...		...			...	...	...	...
	...	...				$j_1'^{(S)}$	...	$j_l'^{(S)}$	...	$j_m'^{(S)}$
	$j_1^{(S)}$	...	$j_l^{(S)}$	...	$j_m^{(S)}$					

(2)

Bu tabloda, S ($s = 1, 2, \dots, S$) uzmanların toplam sayısını ifade etmektedir. (Kosareva vd., 2016:54).

3. Adım: Eğer Eşitlik (1)'deki karar matrisinde x_j veya $y_{j'}$ kriterleri, minimize edilmesi gereken yani değeri düşük olması istenen kriterlerden oluşuyorsa, bu kriterlere ait alternatif değerleri $1/x_j^{(i)}$ veya $1/y_{j'}^{(i)}$ şeklinde dönüştürülür. Bu işlem sonucunda, kriterlerin normalize edildiği yeni bir karar matrisi elde edilir (Krylovas vd., 2016:54; Jahan vd., 2016:87).

4. Adım: Adım (3)'te elde edilen yeni matristeki değerler, Eşitlik (3) kullanılarak normalize edilir ve bu değerler yardımıyla normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur.

$$x_j^{(i)*} = \frac{x_j^{(i)} - x_{\min}^{(i)}}{x_{\max}^{(i)} - x_{\min}^{(i)}}, y_{j'}^{(i)*} = \frac{y_{j'}^{(i)} - y_{\min}^{(i)}}{y_{\max}^{(i)} - y_{\min}^{(i)}}, i = 1, 2, 3 \dots K \quad (3)$$

5. Adım: Kemeny Medyan Yöntemi kullanılarak kriterlerin öncelikleri belirlenir. Bu aşamada, S ($s=1, 2, \dots, S$) uzman tarafından belirlenen $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ ve $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ kriterleri, öncelik sırasına göre büyükten küçüğe doğru sıralanır. Uzmanlar tarafından belirlenen bu kriter öncelik sıralamaları, Kemeny Medyan yöntemi kullanılarak birleştirilir ve tek bir ortak sıralama elde edilir. Bu yöntem, birden fazla uzmanın değerlendirmesini tek bir optimal sıralamaya dönüştürmek için etkili bir yaklaşımdır.

Kemeny Medyan yönteminde, S ($s=1,2, \dots, S$) uzman tarafından belirlenen $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ kriteri, öncelik sırasına göre büyükten küçüğe doğru sıralandıktan sonra,

$$a_{j'k} = \begin{cases} 0, & \text{eğer } x_{j'} < x_k \\ 1, & \text{eğer } x_{j'} > x_k \end{cases} \quad (4)$$

$r = 1,2,\dots,S$ şeklinde $A^{(r)} = (a_{jk})_{m \times m}$ bir kare matris oluşturulur. Bu kare matrisin köşegen elemanları sıfıra eşittir. $x_{j'j'} = 0$, $j' = 1,2, \dots, m$. Ayrıca $a_{j'k} = 1 - a_{kj'}, j' \neq k$ 'dır (Krylovas vd., 2016:57).

Örnek olarak, üç iç kriterin bulunduğu bir problemde, U_1 uzmanı tarafından belirlenen X kriterlerinin öncelik sıralaması $x_3 > x_1 > x_2$ şeklinde verilmiştir. Bu sıralama, U_1 uzmanının x_3 kriterini en önemli, x_1 kriterini ikinci derecede önemli ve x_2 kriterini en az önemli olarak değerlendirdiğini ifade etmektedir.

Eşitlik (4) yardımıyla $A^{(1)} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}_{3 \times 3}$ kare matrisi elde edilir. Benzer

şekilde, her bir uzman tarafından belirlenen X kriter öncelik sıralamaları, Eşitlik (4) kullanılarak kare matris biçiminde sunulur. Bu matris, kriterler arasındaki öncelik ilişkilerini göstermek ve analiz etmek amacıyla oluşturulur.

İki farklı sıralama arasındaki uzaklığın ölçümü, $A^{(r)}$ ve $A^{(s)}$ matrisleri tarafından tanımlanmakta olup, bu ölçüm Eşitlik (5) ile ifade edilmektedir. Bu uzaklık, sıralamalar arasındaki farkı belirlemek ve kriterler arası uyumu değerlendirmek amacıyla hesaplanır. (Krylovas vd., 2016:57).

$$p(A^{(r)}, A^{(s)}) = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^m |a_{jk}^{(r)} - a_{jk}^{(s)}| \quad (5)$$

Eşitlik (5)'teki mmm değeri, $(x_1, x_2, \dots, x_m)$ kriterlerin toplam sayısını ifade etmektedir. Bu değer, karar sürecinde dikkate alınan tüm kriterlerin sayısal büyüklüğünü gösterir ve hesaplamalarda önemli bir parametre olarak kullanılır.

Örneğin;

U_1 tarafından oluşturulan x_1 - x_3 kriterlerinin önceliği $A^{(1)} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}_{3 \times 3}$

U₁ tarafından oluşturulan x₁-x₃ kriterlerinin önceliği

$$A^{(2)} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}_{3 \times 3} \text{ şeklinde verilmiş olsun. Eşitlik (5) yardımıyla,}$$

$$p(A^{(1)}, A^{(2)}) = |0 - 0| + |1 - 0| + |0 - 1| + |0 - 1| + |0 - 0| + |0 - 1| + |1 - 0| + |1 - 0| + |0 - 0| = 6, \text{ elde edilir.}$$

S tane uzmanın A⁽¹⁾, A⁽²⁾, ..., A^(S) öncelik kriterlerine ilişkin matrisleri oluşturduğu varsayalım. Bu matrislerden elde edilen A^(M) medyan matrisi, Eşitlik (6) kullanılarak hesaplanır. Bu medyan matrisi, uzmanların görüşlerini birleştirerek ortak bir sıralamanın elde edilmesini sağlar. (Kosareva vd., 2016:55).

$$A = A^{(M)} = \arg \min_A \sum_{s=1}^S p(A, A^{(s)}) \quad (6)$$

Bu aşamada, elde edilen toplam değerler arasından minimum olanı seçilir. Eşitlik (6) kullanılarak elde edilen bu sonuç sayesinde, kriterlerin öncelikleri Kemeny Medyan Yöntemi ile belirlenmiş olur. Kemeny Medyan Yöntemi ile $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ kriter önceliğinin belirlenmesinde izlenen adımlar, $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ kriter önceliğinin belirlenmesinde de aynı şekilde uygulanır. Bu süreç, her iki kriter grubunun öncelik sıralamasının tutarlı bir şekilde belirlenmesine olanak tanır.

6. Adım: Modifiye edilmiş Sıralama Uygunluk Göstergesi (Indicator Rank Accordance) yöntemi kullanılarak kriter ağırlıkları hesaplanır ve alternatifler sıralanır.

Bu adımda, 5. adımda Kemeny Medyan Yöntemi ile belirlenen kriter önceliklerine göre, kriterler büyükten küçüğe doğru sıralanır. Kriterlerin bu sıralaması, her bir kriterin karar sürecindeki göreceli önemini yansıtmaktadır. Sıralanan bu kriterlere göre, Sıralama Uygunluk Göstergesi (Indicator Rank Accordance) yöntemi kullanılarak her bir kriterin ağırlık katsayıları hesaplanır. Bu katsayılar, kriterlerin karar sürecindeki etkilerini sayısal olarak ifade eder.

Bu adım, alternatiflerin sıralanmasını doğrudan etkiler. Kriterlerin ağırlıkları belirlendikten sonra, her bir alternatifin toplam puanı hesaplanır ve alternatifler bu puanlara göre sıralanır. Bu sıralama, karar vericiye en iyi alternatif hakkında bilgi sağlayarak, rasyonel bir karar vermeyi mümkün kılar.

Örneğin, bu tez çalışmasında gerçekleştirilen uygulamada, Kemeny Medyan Yöntemi ile elde edilen $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ ($m=4$) ve $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ ($n=3$) kriter öncelikleri, Eşitlik (7)'de gösterilmiştir. Bu öncelik sıralamaları, Kemeny Medyan Yöntemi'nin, uzman görüşlerini birleştirerek kriterlerin önem sırasını belirlemedeki etkinliğini ortaya koymaktadır.

$$x_4 > x_3 > x_1 > x_2 \quad \text{ve} \quad y_2 > y_1 > y_3 \quad (7)$$

Eşitlik (7)'deki öncelik sırasına göre, kriterlerin ağırlıklarının sıralaması Eşitlik (8)'de verilmiştir. Bu sıralama, kriterlerin göreceli önem derecelerini yansıtarak, karar sürecindeki etkilerini ortaya koymaktadır.

$$w_{x_4} \geq w_{x_3} \geq w_{x_1} \geq w_{x_2} \geq 0 \text{ ve } w_{y_1} \geq w_{y_2} \geq w_{y_3} \geq 0 \quad (8)$$

Eşitlik (8)'de yer alan kriter ağırlıkları, Eşitlik (9)'da belirtilen koşulları sağlamaktadır. Bu koşullar, kriter ağırlıklarının toplamının belirli bir normu karşılama veya belirli matematiksel kısıtlamalara uygun olmasını gerektiren şartlardır.

$$w_{x_j}, w_{y_{j'}} \in [0; 1] \text{ ve } w_{x_1} + w_{x_2} + w_{x_3} + w_{x_4} = 1, w_{y_1} + w_{y_2} + w_{y_3} = 1 \quad (9)$$

Her bir kriter için ağırlık katsayıları belirlenirken, Eşitlik (8)'de oluşturulan kriter ağırlıkları sıralaması dikkate alınır. Bu süreçte, ağırlıkların toplamı 1'e eşit olacak şekilde bir ağırlık katsayı kombinasyon tablosu oluşturulur. Bu tablo, her bir kriterin göreceli önemini ve karar sürecindeki etkisini sayısal olarak ifade eden ağırlık katsayılarını içerir.

Alternatiflerin sıralaması, her bir alternatif için hesaplanan $X_{w_x}(a) + Y_{w_y}(a)$ lineer kombinasyonların toplam değerlerine göre belirlenir. Bu sıralama, alternatiflerin genel performansını ortaya koyarak en iyi alternatifin belirlenmesini sağlar. Alternatiflere $X_{w_x}(a)$ ve $Y_{w_y}(a)$ değerleri, Eşitlik (10) kullanılarak hesaplanır. Bu değerler, her bir alternatifin belirlenen kriterler karşısındaki performansını yansıtır ve karar verme sürecinde alternatiflerin sıralanmasında temel alınır. (Krylovas vd., 2016:59).

$$X_{w_x}(a) = \sum_{j=1}^m w_{x_j} x_j^*(a), \quad Y_{w_y}(a) = \sum_{j'=1}^n w_{y_{j'}} y_{j'}^*(a) \quad (10)$$

Burada $x_j^*(a)$ ve $y_j^*(a)$ değerleri, Eşitlik (3) kullanılarak hesaplanmaktadır. Geliştirilmiş Sıralama Uygunluk Göstergesi (Modified Indicator Rank Accordance) yönteminin temel amacı, $X_{w_x}(a)$ ve $Y_{w_y}(a)$ değerlerine en yakın katsayı değerlerini belirlemektir. Bu katsayılar $W_x = (W_{x_1}, W_{x_2}, \dots, W_{x_m})$ ve $W_y = (W_{y_1}, W_{y_2}, \dots, W_{y_n})$ şeklinde ifade edilmektedir. Bu hesaplamada Eşitlik (11)'den faydalanılır (Krylovas vd., 2016:60).

$$F(X, Y) = \min_{w_x, w_y} \sum_a |X_{w_x}(a) - Y_{w_y}(a)| \quad (11)$$

Eşitlik (11)'deki toplam, tüm alternatifler için ayrı ayrı hesaplanır ve bu değerler arasından minimum olanı seçilir. Bu işlem, en uygun alternatifin belirlenmesini sağlar.

KEMIRA ve KEMIRA-M yöntemlerinin temel amacı, mevcut seçenekler arasından en iyi alternatifi belirlemektir. Her ne kadar izledikleri yöntemler açısından benzerlik gösterebilir de bu iki yöntem bazı temel farklılıklarla birbirinden ayrılmaktadır. Bu farklılıklar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- KEMIRA yönteminde, Eşitlik (11)'de verilen formülde $X_{w_x}(a)$ ve $Y_{w_y}(a)$ değerlerinin farklarının kareleri toplamının en küçük değeri elde edilirken, KEMIRA-M yönteminde, bu değerlerin farklarının toplamı minimize edilir.
- KEMIRA-M yönteminde, Eşitlik (11)'deki toplam tüm alternatifler için ayrı ayrı uygulanır. Buna karşılık, KEMIRA yönteminde bu toplam yalnızca belirlenen en iyi alternatif için hesaplanmaktadır (Krylovas vd., 2016: 60).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3.UYGULAMA

3.1.KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde öncelikle araştırmanın amacı ve sağlayacağı faydalar ele alınmıştır. Ardından, araştırmanın problemleri ortaya konulmuş, bir sonraki aşamada ise araştırmanın kapsamı ve kısıtlarına ilişkin detaylı bilgiler sunulmuştur.

3.1.1.Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın temel amacı, otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojilerinin, özellikle robot teknolojilerinin performansını analiz etmek ve değerlendirmektir. İleri üretim teknolojileri, üretim süreçlerinde verimlilik, kalite ve maliyet etkinliği sağlamak amacıyla kullanılan yenilikçi araç ve yöntemleri kapsamaktadır. Bu bağlamda, robot teknolojilerinin otomotiv sektöründeki kullanımını Kemira M yöntemi ile analiz ederek, bu teknolojilerin sektöre sunduğu katkılar ve geliştirilmesi gereken alanlar tespit edilmeye çalışılacaktır. Araştırma, otomotiv sektöründe rekabet avantajı sağlamak için bu teknolojilerin etkinliğini ölçmeyi ve sektördeki profesyonellere stratejik karar alma süreçlerinde bilimsel temelli veriler sunmayı amaçlamaktadır. Özellikle maliyet, zaman, verimlilik gibi performans ölçütleri üzerinden yapılan bu değerlendirme, işletmelere üretim süreçlerini optimize etme ve rekabet gücünü artırma konusunda değerli içgörüler sağlamayı hedeflemektedir.

3.1.2.Araştırmanın Yararları

Bu araştırmanın amacı, otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojilerinin performansını değerlendirmek ve bu teknolojilerin sektöre sağladığı katkıları belirlemektir. Bu bağlamda yapılan çalışma, hem literatürde hem de uygulamada çeşitli faydalar sağlayacaktır.

İlk olarak, bu araştırma ileri üretim teknolojilerinin performansını analiz ederek, akademik literatüre önemli bir katkı sunmaktadır. Otomotiv sektörü, sürekli gelişen teknolojilerle birlikte büyük değişimlere uğramakta ve bu teknolojilerin sektöre olan etkilerini bilimsel bir bakış açısıyla değerlendirmek, alan yazını zenginleştirecektir.

Bu çalışma, literatürde yer alan teorik bilgilerin pratik uygulamalarla nasıl örtüştüğünü gösterecek ve yeni çalışmalara ilham verecektir.

İkinci olarak, bu araştırma sonuçları, sektörde faaliyet gösteren firmalar için stratejik karar alma süreçlerinde faydalı olacaktır. İleri üretim teknolojilerinin maliyet, verimlilik ve zaman yönetimi üzerindeki etkilerini değerlendiren bu çalışma, işletmelerin bu teknolojilere yatırım yapma kararlarını destekleyici bilimsel veriler sunacaktır. Özellikle rekabet avantajı elde etme, üretim süreçlerini optimize etme ve kaynak kullanımını etkinleştirme açısından firmalara yol gösterecektir.

Ayrıca, çalışma, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren firmaların küresel ölçekte teknolojik gelişmeleri yakından takip etmelerinin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu da, sektördeki teknoloji kullanımını yaygınlaştırarak, Türkiye'deki otomotiv firmalarının uluslararası rekabet gücünü artırmasına katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, bu araştırma hem teorik hem de pratik faydalar sağlayarak, otomotiv sektöründeki teknolojik gelişmeleri anlamaya yönelik önemli bir katkı sunmaktadır.

3.1.3.Araştırmanın Problemi

Otomotiv sektörü, teknolojik gelişmelerin yoğun olarak yaşandığı ve yenilikçi üretim teknolojilerinin hızla benimsendiği bir sanayi dalıdır. Sektördeki işletmelerin rekabet gücünü artırabilmesi ve küresel pazarda varlıklarını sürdürebilmeleri, ileri üretim teknolojilerinin benimsenmesi ve etkin bir şekilde uygulanmasına bağlıdır. Ancak, bu teknolojilerin uygulanmasında karşılaşılan sorunlar ve performans ölçümleri, sektördeki firmalar için önemli bir problem teşkil etmektedir.

Bu bağlamda, otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojilerinin performansının değerlendirilmesi ve bu teknolojilerin sektöre olan katkılarının ölçülmesi büyük bir gereklilik haline gelmiştir. Özellikle, maliyet, verimlilik, zaman yönetimi ve kalite gibi kritik performans göstergelerinin nasıl etkilendiği konusunda bilimsel bir analiz eksikliği mevcuttur. Bu çalışma, otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılan ileri üretim teknolojilerinin performansını ölçerek, bu teknolojilerin sektördeki işletmelere ne derece katkı sağladığını ve hangi alanlarda iyileştirme yapılması gerektiğini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

3.1.4.Araştırmanın Kapsamı

Bu araştırma, otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojilerinin performansını değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Araştırmanın kapsamında literatür taraması, mülakat, anket ve Kemira M yöntemi kullanılarak geniş bir veri seti oluşturulmuştur.

Öncelikle literatür taraması, ileri üretim teknolojileriyle ilgili akademik çalışmalarda vurgulanan kriterlerin tespit edilmesi amacıyla yapılmıştır. Bu tarama, otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılan teknolojilerin maliyet, verimlilik, zaman yönetimi gibi performans ölçütleri üzerindeki etkilerini belirlemeye yönelik teorik temeli oluşturmuştur.

Daha sonra, mülakat yöntemi kullanılarak sektörde faaliyet gösteren uzmanlarla görüşmeler gerçekleştirilmiş ve literatür taraması sonucunda belirlenen kriterler, sektördeki profesyonellerin deneyimleriyle doğrulanmıştır. Bu mülakatlar, literatürde tespit edilen kriterlerin pratikte ne derece geçerli ve uygulanabilir olduğunu anlamaya yönelik nitel veriler sağlamıştır.

Anket çalışması, belirlenen kriterlerin performans üzerindeki etkisini ölçmek için otomotiv sektöründe görev yapan uzmanlara uygulanmıştır. Anket, maliyet, zaman ve verimlilik gibi performans ölçütlerine dair uzman görüşlerini toplamak amacıyla yapılandırılmıştır. Katılımcıların bu kriterlere yönelik değerlendirmeleri, ileri üretim teknolojilerinin sektördeki genel performansını ortaya koymak için kullanılmıştır.

Bu belirlenen 19 kriterin daha etkili ve uygulanabilir bir analiz yapılabilmesi için ikinci kez bir uygulama yaparak, uzman görüşü ve mülakat yöntemiyle derinlemesine bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu yeniden yapılandırma süreci, kriterlerin fazla kalabalık olması nedeniyle analiz sonuçlarının karmaşıklaşmasını önlemek ve değerlendirme sürecini daha odaklı bir hale getirmek için gerekli görülmüştür. Ayrıca, uzman görüşlerinin tekrar alınması, literatürden elde edilen teorik kriterlerin sektörel gerçeklerle uyumlu hale getirilmesini sağlamış ve otomotiv sektörüne özgü ihtiyaçların dikkate alınmasını mümkün kılmıştır.

Son olarak, Kemira M yöntemi kullanılarak toplanan veriler analiz edilmiştir. Kemira M yöntemi, çok kriterli karar verme süreçlerinde performans analizlerini

objektif bir şekilde yapmaya olanak sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntem sayesinde, her bir performans ölçütünün otomotiv sektöründeki önem derecesi belirlenmiş ve ileri üretim teknolojilerinin performans katkıları kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir.

Bu kapsam doğrultusunda, çalışmada kullanılan yöntemler, literatürdeki teorik bilgileri pratik uygulamalarla birleştirerek ileri üretim teknolojilerinin otomotiv sektöründeki rolünü kapsamlı bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır.

3.1.5.Araştırmanın Kısıtları

Bu araştırma, otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojilerinin performansını değerlendirmeye yönelik önemli bulgular sunmakla birlikte, çeşitli kısıtlamalara da sahiptir.

İlk olarak, örneklem kısıtlaması dikkate alınmalıdır. Araştırma kapsamında yapılan anket, sınırlı sayıda uzmanın görüşlerine dayanmaktadır ve bu durum, sonuçların genelleştirilebilirliğini sınırlayabilir. Sektörde daha geniş bir örneklem üzerinde çalışma yapılmadığı için, elde edilen bulguların tüm sektörü tam anlamıyla temsil edip etmediği konusunda temkinli olunmalıdır.

İkinci olarak, zaman ve kaynak kısıtları da araştırmanın sınırlamalarından biridir. Araştırma belirli bir zaman dilimi içerisinde ve sınırlı kaynaklar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu durum, verilerin toplanması ve analiz süreçlerinde daha kapsamlı bir inceleme yapılmasına engel olabilir. Daha geniş çaplı ve uzun süreli çalışmalarla, ileri üretim teknolojilerinin performansı daha derinlemesine analiz edilebilir.

nc olarak, mülakat ve anket sonuçlarına dayalı olarak elde edilen bulgular uzmanların kişisel deneyimlerine ve algılarına dayanmaktadır. Bu bağlamda, katılımcıların subjektif görüşleri bazı performans kriterlerinin değerlendirilmesinde yanlılığa yol açabilir. Bu tür kısıtlamalar, çalışmanın genel bulgularının sektördeki tüm uzmanlar tarafından aynı şekilde değerlendirilip değerlendirilemeyeceği konusunda sınırlayıcı olabilir.

Son olarak, Kemira M yöntemi kullanılarak yapılan performans analizlerinde, yöntem kendi iç kısıtlamalarına sahiptir. Çok kriterli karar verme yöntemlerinin her biri farklı bakış açılarına ve varsayımlara dayanmaktadır. Bu çalışmada kullanılan

Kemira M yönteminin sonuçları, diğer çok kriterli karar verme yöntemleri ile karşılaştırılmamıştır. Farklı yöntemlerin kullanılması, araştırma bulgularını çeşitlendirebilir ve farklı perspektiflerden daha kapsamlı sonuçlar elde edilmesini sağlayabilir.

Bu kısıtlamalar, araştırma sonuçlarının dikkatli bir şekilde yorumlanmasını gerektirmektedir. Daha geniş örneklem grupları, uzun dönemli veri toplama süreçleri ve farklı analiz yöntemleri ile gelecekte yapılacak araştırmalar, bu çalışmanın bulgularını daha sağlam temellere oturtabilir ve genelleştirilebilirliğini artırabilir.

3.1.6. Araştırmanın Aşamaları

Çalışmanın uygulama kısmı beş temel aşamadan oluşmaktadır ve bu aşamalar aşağıda sıralanmıştır:



Şekil 7: Araştırmanın Aşamaları

3.2. İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE KRİTERLERİN BELİRLENMESİ

İleri üretim teknolojileri, küresel rekabetin giderek yoğunlaştığı bir çağda, işletmelerin sürdürülebilir büyüme, maliyet etkinliği ve kalite standartlarının

iyileştirilmesi hedeflerini gerçekleştirmeleri açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bu teknolojiler, otomasyon, dijitalleşme, yapay zeka destekli süreçler, büyük veri analitiği ve endüstriyel robotların entegrasyonu gibi yenilikçi araçlarla donatılmıştır. İşletmelerin üretim kapasitelerini artırmalarına, israfı minimize etmelerine ve çevresel sürdürülebilirliği sağlamalarına olanak tanıyan bu teknolojiler, aynı zamanda piyasa ihtiyaçlarına hızlı uyum sağlama becerisi kazandırmaktadır.

Literatürde, ileri üretim teknolojilerinin performanslarının değerlendirilmesi, işletmelerin stratejik planlama süreçlerinde önemli bir yere sahiptir. Özellikle, bu teknolojilerin ekonomik etkileri, operasyonel etkinlikleri ve çevresel katkıları gibi çok boyutlu değerlendirmeleri, farklı analiz yöntemleri ile ele alınmaktadır. Veri zarflama analizi (DEA), TOPSIS ve çok kriterli karar verme (MCDM) yöntemleri gibi araçlar, teknolojilerin işletmelere sağladığı değerlerin somut verilerle ölçülmesini mümkün kılmaktadır. Bu araçlar, karar vericilerin en uygun teknolojik çözümleri seçmelerine rehberlik ederken, uygulama sonuçlarının optimize edilmesini sağlamaktadır.

İleri üretim teknolojileri ayrıca sektörel dönüşümün bir itici gücü olarak da karşımıza çıkmaktadır. Otomotivden havacılığa, sağlıktan elektronik üretime kadar birçok sektörde bu teknolojiler, işletmelerin operasyonel verimliliklerini artırırken aynı zamanda rekabet avantajlarını güçlendirmelerine olanak tanımaktadır. Bununla birlikte, teknolojilerin adaptasyonu sırasında karşılaşılan zorluklar, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler) için dikkate alınması gereken önemli bir konudur. Yüksek maliyetler, teknik bilgi eksiklikleri ve organizasyonel direnç gibi faktörler, teknolojilerin tam potansiyellerine ulaşmalarını engelleyebilir. Ancak bu zorluklar, uygun planlama, eğitim ve destek mekanizmaları ile aşılabılır.

Aşağıdaki tablo, ileri üretim teknolojileri ve performans değerlendirme yöntemleri üzerine yapılan akademik çalışmaları bir araya getirerek konuya dair kapsamlı bir bakış açısı sunmaktadır. Bu çalışmalar, teknolojilerin farklı sektörlerdeki etkilerini, değerlendirme yöntemlerini ve bulgularını sistematik bir şekilde analiz etmektedir. Bu çerçevede, literatürün derinlemesine bir incelemesi, ilgili taraflar için stratejik karar alma süreçlerinde değerli bilgiler sağlamaktadır.

Tablo 1: İleri Üretim Teknolojileri ve Performans Değerlendirme Yöntemleri Üzerine Akademik Çalışmalar

	Çalışmanın Yazarları	Çalışmanın Yapıldığı Yıl	Çalışmanın Adı	Çalışmada Kullanılan Yöntemler ve Çalışmanın Amacı
1	Ö. Demirer	2010	İleri Üretim Teknolojileri, Rekabet Öncelikleri Ve Firma Performansı Arasındaki İlişkiler Üzerine Amprik Bir İnceleme	İleri imalat teknolojileri ve performans analizi
2	R. Yücel, K. Ahmetoğulları	2016	Rekabet Stratejilerinin İleri İmalat Teknolojileri Üzerine Etkileri	Yenilik ve iyileştirme stratejileri ile ileri imalat etkisi
3	H.K. Güleş, V. Çağlıyan	2004	İleri İmalat Teknolojilerinin İşletme Performansına Etkileri	KOBİ'lerde ileri teknolojiler ve performans ölçümü
4	C. Kotha, J. Vadlamannati	2016	The impact of advanced manufacturing technology on firm performance: A study of manufacturing firms	Regresyon analizi, ekonometrik modelleme. İleri üretim teknolojilerinin (AMT) firma performansı üzerindeki etkisini incelemek.

Tablo 1: Devam İleri Üretim Teknolojileri ve Performans Değerlendirme Yöntemleri Üzerine Akademik Çalışmalar

5	F. Konak, S.A. Civelek	2021	İleri Üretim Teknolojilerinin Performans Değerlendirmesi: Veri Zarflama Analizi ve TOPSIS Yaklaşımı	Veri Zarflama Analizi, TOPSIS
6	İ. Küçükkaplan, M. Bayhan	2012	Tedarik Zinciri Yönetiminde İleri Teknolojiler ve Performans Ölçümü	Tedarik Zinciri Yönetimi ve Ekonomik Katma Değer
7	A. Awasthi, S.S. Chauhan	2015	Evaluation of Advanced Manufacturing Technologies Using Multi-Criteria Decision Making Approaches	OPSSIS, AHP, Çok Kriterli Karar Verme (MCDM) yöntemleri İleri üretim teknolojilerini değerlendirerek en iyi üretim stratejilerini belirlemek.
8	N. Göksu	2010	İleri İmalat Teknolojilerinin Tasarım ve Üretim Süreçlerindeki Etkileri	Tasarım ve üretim entegrasyonu analizi
9	D. McDermott, R. Stock	2014	The Role of Information Technology in Advanced Manufacturing Technology Adoption and Performance	Yapısal eşitlik modelleme (SEM), anket analizi

Tablo 1: Devam İleri Üretim Teknolojileri ve Performans Değerlendirme Yöntemleri Üzerine Akademik Çalışmalar

10	Y.T. İç	2022	Orta ve Yüksek Teknoloji Ürünleri Üreten İmalat Sektörlerinin Performans Değerlendirilmesi	Orta-yüksek teknoloji ve Veri Zarflama Analizi
11	J. Karlsson, M. Åhlström	2003	Advanced Manufacturing Technologies and Lean Production: A Synergy or a Conflict?	Anket çalışması, faktör analizi Yalın üretim (Lean Production) ile ileri üretim teknolojilerinin uyumluluğunu analiz etmek.
12	A.Ş. Çetinkaya	2007	Bilişim Teknolojilerinin Örgütsel Performansa Etkisi	Bilişim teknolojilerinin örgütsel performansa etkisi
13	R. Williams, T. Brown	2002	The Effect of Automation on Manufacturing Performance: Evidence from Advanced Economies	Regresyon analizi, üretim verisi analizi otomasyon teknolojilerinin gelişmiş ekonomilerde üretim performansı üzerindeki etkisini incelemek.

Çalışmanın ilk aşamasında kullanılan ileri üretim teknolojileri performans değerlendirme kriterleri literatür taramasına dayalı olarak oluşturulmuştur. Yapılan literatür taraması sonucunda, ileri üretim teknolojilerinin performansa etkileri maliyet, verimlilik, istihdam, entegrasyon ve zaman olmak üzere 5 başlık altında toplandığı görülmüştür.

Tablo 2: İleri Üretim Teknolojilerinin Performansa Etkileri

MALİYET
* Seri üretim ve otomasyon sayesinde birim maliyetlerde azalma. *Hata ve risk oranlarında düşüş. *Girdi maliyetlerinde azalma. *Malzeme aktarma maliyetlerinin azalması *Proje maliyetlerinin ve mühendislik zamanının düşürülmesi *Hazırlık ve değiştirme maliyetlerini azaltır. *Daha hızlı teslimat ve daha gelişmiş nakit akışı. *Tutarlı depo sayıları *Bakım maliyetlerinde azalmalar
VERİMLİLİK
* Kaynak kullanımında etkinlik ve verimliliğin artırılması. *Malzemelerin dönüştürülerek yeniden kullanılabilir hale getirilmesi (örneğin; kâğıt, plastik vb.). *Daha hızlı, daha ucuz ve daha kaliteli üretim süreçlerinin sağlanması.*Kaynak optimizasyonu *Emek ve enerji tasarrufu * Kaliteden doğrudan işçinin sorumlu olması, kusurlu üretim miktarının azalmasını sağlaması *Hazırlık zamanlarının azalması *Tasarım ve analiz yeteneğinin geliştirilmesi *Fabrika kullanım yerinde azalmalar *Boş geçen zamanı azaltması
İSTİHDAM
*Teknolojinin tüm alanlarda kullanılması, istihdamı artırıcı etkiler yaratmalı *Yeni teknolojiler, yeni iş alanları ve meslek grupları oluşturmalı *Kaynak kullanımında etkinlik sağlanarak yeni iş yerleri açılmalı *Ekonomik kapasite artışı, iş gücü ihtiyacını artırmalı

Tablo 2: Devam İleri Üretim Teknolojilerinin Performansa Etkileri

ENTAGRASYON
*İş akışını basitleştirir *Mesleki Gelişim ve Deneyimler *Algılanan Kullanım Kolaylığı *Süreç içi envanterlerin azalması *İnsan ilişkilerinin iyileşmesi *Parça programlama zamanının azaltılması *Malzeme taşımada kolaylık
ZAMAN
*Fiziksel prototip ve test yapımı ihtiyacının en az indirgenmesi *Tasarım döngü sürelerinin kısılması *İmalat işlem hızlarının artışı *Değişikliklere hızlı ayak uydurabilme *Üretim Hatlarının Çalışma Sürelerinde Verimlilik *Ürünlerin Pazara Sunulmasının Hızlandırılması *Düşük Depolama Süreleri *Ürünlerin Pazara en kısa sürede Sunulmasının

Bu ileri üretim teknolojilerinin performansa etkilerinin sınıflandırılmasından sonra, otomotiv sektörüne uygun olanlar literatür taraması yoluyla belirlenmiş ve ileri üretim teknolojilerinin sektöre sağladığı avantajlar ve dezavantajlar göz önünde bulundurularak yeniden değerlendirilmiştir. İlk aşamada, literatür taraması sonucunda belirlenen kriterler aşağıda sıralanmıştır:

1. Ürün maliyeti
2. Girdi maliyeti
3. Birim maliyeti
4. Malzeme aktarma maliyeti
5. Bakım maliyeti
6. Kusurlu üretim oranı

7. İşlem hazırlık zamanları
8. Fabrika kullanım alanı
9. İmalat işlem hızı
10. Tasarım döngü süreleri
11. Depolama süreleri
12. Taşıma miktarı

3.2.1.Ürün Maliyetleri

Otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileri, ürün maliyetleri üzerinde önemli etkilere sahiptir:

Optimize Edilmiş Malzeme Kullanımı: İleri üretim teknolojileri, parçaların daha hassas bir şekilde tasarlanmasını ve üretilmesini mümkün kılar. Bu, malzemelerin optimize edilmiş şekilde kullanılmasını sağlar, israfı minimize eder ve malzeme maliyetlerini düşürür (Bourke, 2019).

Yerinde Üretim (On-Demand Manufacturing): 3D baskı gibi teknolojiler, parçaların yerinde üretilmesini mümkün kılar. Bu, depolama ve taşıma maliyetlerini ortadan kaldırır, fazla stok birikimini önler ve ürün maliyetlerini azaltır (Gibson vd., 2015).

Hafif Malzemelerin Kullanımı: Yüksek dayanıklılıkta hafif malzemelerin, özellikle karbon fiber gibi malzemelerin kullanımı, araç ağırlığını azaltabilir. Hafif araçlar daha az yakıt tüketir ve çevre dostudur. Bu da hem yakıt maliyetlerini azaltır hem de sürdürülebilirlik açısından olumlu etkiler yapar (Leicht, 2015).

Akıllı Tasarım ve Optimizasyon: İleri üretim teknolojileri, karmaşık yapıları optimize edebilir. Topoloji optimizasyonu ve benzeri teknikler, ürün tasarımını ve malzeme kullanımını optimize ederek ürün maliyetlerini düşürebilir (Cohen ve Klemperer, 2017).

Dijital Bakım ve Hata Tespiti: Akıllı sensörler ve veri analizi, ürünlerin performansını izler. Bu, ürünlerin ne zaman bakıma veya değişime ihtiyaç duyduğunu daha doğru bir şekilde belirleyebilir, bu da ürün ömrünü uzatır ve maliyetleri düşürür (Hazen vd., 2016).

Üretim Süreçlerindeki Verimlilik: İleri üretim teknolojileri, üretim süreçlerini daha verimli hale getirebilir. Otomasyon ve robotik sistemler, üretim hızını artırırken insan hatalarını minimize eder, bu da üretim maliyetlerini düşürür (Berman, 2012).

Bu faktörler, otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojilerinin ürün maliyetlerini düşürmesine yardımcı olur. Daha etkili malzeme kullanımı, yerinde üretim, hafif malzemelerin tercih edilmesi, akıllı tasarım ve süreçlerdeki verimlilik, ürünlerin rekabetçi bir şekilde üretilmesini ve pazarlanmasını sağlayabilir.

3.2.2.Girdi Maliyetleri

Otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileri, girdi maliyetlerini etkileyen bir dizi faktöre katkıda bulunabilir:

Otomasyon ve Robotik Üretim: Otomasyon ve robotik sistemler, üretim süreçlerini daha verimli ve hızlı hale getirirken işgücü maliyetlerini azaltabilir. Bu, girdi maliyetlerini düşürerek rekabet avantajı sağlayabilir (Westkämper, 2014).

3D Baskı ve Prototipleme: 3D baskı, prototip parçaların ve özel bileşenlerin hızlı ve düşük maliyetle üretilmesine olanak tanır. Bu, üretimde tasarruf sağlayabilir. (Miller ve Miller, 2014).

Veri Analizi ve Tahmin: Büyük veri analizi, talep tahmini ve stok yönetimi gibi konularda doğru kararlar almayı sağlar. Bu, talep tahmininde daha doğru olmanızı sağlayarak stok maliyetlerini ve israfı azaltabilir (Hazen vd., 2016).

IoT ve Akıllı Üretim: Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojisi, üretim ekipmanlarını izlemek ve bakım ihtiyaçlarını öngörmek için kullanılabilir. Bu, beklenmeyen arızaların önlenmesine yardımcı olarak bakım maliyetlerini düşürebilir (Çetin, 2021).

Enerji Verimliliği: Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve enerji verimli üretim teknikleri, enerji maliyetlerini azaltabilir (Bourke, 2019).

Gelişmiş Malzeme Kullanımı: Hafif ve dayanıklı malzemelerin kullanılması (örneğin, karbon fiber) yakıt verimliliğini artırabilir, aynı zamanda ürün ağırlığını düşürerek nakliye maliyetlerini azaltabilir (Leicht, 2015).

Bu ileri üretim teknolojileri, girdi maliyetlerini azaltmanın yanı sıra ürün kalitesini artırabilir, üretim süreçlerini hızlandırabilir ve çevresel sürdürülebilirliği destekleyebilir. Bu nedenle, otomotiv şirketleri bu teknolojilere yatırım yaparak uzun vadede rekabet avantajı elde edebilir.

3.2.3.Birim Maliyetleri

Otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileri, birim maliyetleri üzerinde çeşitli olumlu etkilere sahip olabilir:

Optimize Edilmiş Malzeme Kullanımı: İleri üretim teknolojileri, malzemelerin optimize edilmiş şekilde kullanılmasını sağlar. Daha hassas tasarım ve üretim, atık miktarını minimize eder, bu da malzeme birim maliyetlerini düşürür (Berman, 2012).

Hızlı Prototipleme ve Tasarım Süreçleri: 3D baskı ve diğer ileri üretim yöntemleri, prototiplerin hızla üretilmesini sağlar. Hızlı tasarım ve prototip süreçleri, tasarım hatalarını erken aşamalarda tespit etmeyi ve düzeltmeyi mümkün kılar, bu da üretim sürecindeki hataları azaltarak birim maliyetleri düşürür (Gibson vd., 2015).

Yerinde Üretim (On-Demand Manufacturing): İleri üretim teknolojileri, parçaların ihtiyaca göre yerinde üretilmesini sağlar. Bu, depolama ve taşıma maliyetlerini azaltır, fazla stok birikimini engeller ve birim maliyetleri düşürür. (Miller ve Miller, 2014).

Akıllı Üretim Süreçleri: Otomasyon, robotik sistemler ve veri analizi gibi ileri üretim teknolojileri, üretim süreçlerini optimize eder. Daha verimli üretim, işgücü maliyetlerini azaltır ve ürün başına düşen maliyetleri düşürür. (Westkämper, 2014).

Topoloji Optimizasyonu ve Hafif Malzemeler: Topoloji optimizasyonu, parçaların en etkili şekilde tasarlanmasını sağlar. Ayrıca, hafif malzemelerin kullanımı, aracın ağırlığını azaltır ve yakıt verimliliğini artırır, bu da birim maliyetleri düşürür. (Çetin, 2021).

Veri Analizi ve Tahmin: Büyük veri analizi ve yapay zeka, talep tahminlerini ve üretim planlamasını optimize eder. Bu, malzeme ve işgücü kullanımını daha doğru bir şekilde planlamayı mümkün kılar, bu da birim maliyetleri düşürür (Hazen vd., 2016).

Sonuç olarak, ileri üretim teknolojileri, otomotiv sektöründe birim maliyetleri düşürerek şirketlerin rekabet avantajını artırabilir. Daha etkili malzeme kullanımı,

optimize edilmiş üretim süreçleri ve hızlı tasarım ve prototip süreçleri, birim maliyetleri minimize ederken ürün kalitesini artırabilir.

3.2.4.MalzemeAktarma Maliyetleri

Otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileri, malzeme aktarma maliyetleri üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabilir:

Optimize Edilmiş Üretim Süreçleri: İleri üretim teknolojileri, üretim süreçlerini daha verimli ve etkili hale getirir. Bu, malzemelerin daha verimli bir şekilde kullanılmasını sağlar, böylece atık azalır ve malzeme maliyetleri düşer. (Groover, 2016)

3D Baskı Teknolojisi: 3D baskı, özel tasarlanmış veya yedek parçaların yerinde üretilmesini mümkün kılar. Bu, belirli parçaların tedarik zincirinden çıkarılmasını ve doğrudan üretim hatlarında basılmasını sağlar, böylece malzeme aktarma maliyetlerini azaltır (Rayna ve Striukova, 2014).

Dijital İzleme ve Lojistik Optimizasyon: Akıllı sensörler ve veri analizi, malzeme hareketlerini izler ve lojistik süreçleri optimize eder. Bu, daha etkili nakliye rotalarını belirlemek ve depo yönetimini optimize etmek için kullanılabilir, bu da malzeme aktarma maliyetlerini düşürür. (Waller ve Fawcett, 2013)

Malzeme Seçiminde Sürdürülebilirlik: İleri üretim teknolojileri, sürdürülebilir malzemelerin kullanımını artırabilir. Bu, daha hafif ve çevre dostu malzemelerin tercih edilmesini sağlar, böylece nakliye ve taşıma maliyetlerini azaltır. (Ashby, 2013)

Tam Zamanında Üretim (Just-in-Time): İleri üretim teknolojileri, üretimi müşteri taleplerine göre esnek bir şekilde ayarlayabilir. Bu, malzemelerin tam zamanında tedarik edilmesini ve üretim sürecinde minimum stok birikimini sağlar, bu da malzeme aktarma maliyetlerini minimize eder. (Ohno, 1988)

Uzaktan İzleme ve Bakım: Akıllı sensörler, ürünlerin kullanımı ve performansını uzaktan izler. Bu, daha etkili bakım planlamasına olanak tanır, bu da ürünlerin hatalı olmasını önler ve geri çağırımları azaltarak malzeme aktarma maliyetlerini düşürür. (Koren, 2010)

Bu faktörler, otomotiv şirketlerinin malzeme aktarma maliyetlerini azaltmalarına yardımcı olur. Daha verimli lojistik süreçleri, sürdürülebilir malzeme

kullanımı ve daha etkili stok yönetimi, şirketlerin rekabet avantajını artırabilir ve maliyetleri minimize ederek karlılığı artırabilir.

3.2.5.Bakım Maliyetleri

Otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileri, bakım maliyetlerini olumlu yönde etkileyebilir. İşte bu teknolojilerin bakım maliyetleri üzerindeki etkileri:

Uzaktan İzleme ve Teşhis: IoT (Nesnelerin İnterneti) teknolojisi ile donatılan araçlar, uzaktan izleme ve teşhis imkanı sunar. Bu, araçlardaki sorunları uzaktan tespit edebilir, böylece hızlı bir şekilde müdahale edilerek büyük arızaların önüne geçilebilir. Bu, beklenmeyen arızaları azaltarak bakım maliyetlerini düşürebilir. (Cohen ve Klemperer, 2017).

Önleyici Bakım Sistemleri: Sensörler ve veri analizi, araçların parçalarının ve bileşenlerinin gerçek zamanlı performansını izler. Bu, parçaların doğru zamanda değiştirilmesini ve bakımın planlanmasını sağlar, beklenmedik arızaları önler ve uzun vadeli maliyetleri azaltır. (Gibson vd., 2015).

Robotik Bakım: Robot teknolojileri, belirli bakım işlemlerini otomatikleştirebilir. Örneğin, robotlar belirli parçaları değiştirebilir veya bakım işlemlerini yapabilir. Bu, insan gücü maliyetlerini düşürerek bakım maliyetlerini azaltabilir. (Westkämper, 2014).

3D Baskı ile Yedek Parça Üretimi: 3D baskı teknolojisi, yedek parçaların hızlı ve ekonomik bir şekilde üretilmesini sağlar. Bu, belirli parçaların yeniden üretilmesi için özel siparişler yerine doğrudan üretime geçilmesini mümkün kılar, böylece depolama ve envanter maliyetlerini düşürür. (Berman, 2012).

Akıllı Bakım Planlaması: Veri analizi, bakım gereksinimlerini daha iyi anlamamıza yardımcı olur. Bu, bakım faaliyetlerini daha etkili bir şekilde planlamamızı sağlar, böylece gereksiz bakım işlemlerinden kaçınarak maliyetleri düşürür. Sonuç olarak, ileri üretim teknolojileri, otomotiv sektöründeki şirketlere daha verimli ve maliyet etkili bir bakım süreci yönetme yeteneği sağlar. (Leicht, 2015).

Bu teknolojiler sayesinde belirli parçaların daha uzun süre dayanması, beklenmedik arızaların azalması ve bakım işlemlerinin daha doğru ve etkili bir şekilde yönetilmesi mümkün hale gelir. Bu da toplam bakım maliyetlerini düşürür.

3.2.6.Kusurlu Üretim Sayısı

Otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileri, kusurlu üretim sayısını azaltmaya yardımcı olabilir. İşte bu teknolojilerin kusurlu üretim üzerindeki etkileri:

Otomasyon ve Robotik Sistemler: Otomasyon ve robotik sistemler, insan hatalarını azaltarak üretim süreçlerini daha doğru ve tutarlı hale getirebilir. Bu, kusurlu üretim oranlarını düşürebilir (Wang, 2018)

Veri Analizi ve Tahmin: Büyük veri analizi, üretim süreçlerindeki anormal desenleri ve potansiyel sorunları tespit edebilir. Bu, üretim süreçlerindeki hataları önceden belirleyerek kusurlu ürünlerin üretilmesini engelleyebilir (Miller ve Miller, 2014).

İzleme ve Kontrol Sistemleri: Akıllı sensörler ve izleme sistemleri, üretim süreçlerini sürekli olarak izler ve olası kusurları tespit eder. Bu, ürünlerin kalitesini artırarak kusurlu üretimi azaltabilir (Koren, 2010).

3D Baskı ve Prototipleme: 3D baskı, prototip parçaların üretimini hızlandırabilir. Bu, ürün tasarımındaki hataları erken aşamalarda tespit etmemize olanak tanır, böylece seri üretime geçilmeden önce düzeltilebilir (Gibson vd., 2015).

Yapay Zeka ve Makine Öğrenimi: Yapay zeka algoritmaları, üretim süreçlerindeki verileri analiz ederek hataları ve düzensizlikleri tespit edebilir. Bu, insan gözüyle tespit edilemeyecek hataları daha hassas bir şekilde belirleyebilir. (Russell ve Norvig, 2016)

Eğitim ve Simülasyon: Sanal gerçeklik ve simülasyon teknolojileri, çalışanları üretim süreçlerine daha iyi hazırlayabilir. Gerçek dünya senaryolarını taklit eden eğitimler, çalışanların hataları azaltmasına yardımcı olabilir. (Dede, 2009)

Bu ileri üretim teknolojileri, üretim süreçlerini daha doğru, hızlı ve güvenilir hale getirerek kusurlu üretimi minimize etmeye yardımcı olabilir. Bu da hem ürün kalitesini artırır hem de geri çağırımların ve müşteri şikayetlerinin azalmasına katkıda bulunabilir.

3.2.7.İşlem Hazırlık Hızı

Otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileri, işlem hazırlık hızını önemli ölçüde artırabilir. İşte bu teknolojilerin işlem hazırlık hızına olan etkileri:

Dijital Tasarım ve Mühendislik: Bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımları ve simülasyon araçları, ürün tasarımını ve mühendislik analizlerini hızlandırabilir. Bu, ürün prototiplerinin daha hızlı oluşturulmasını sağlar. (Cheng ve Ko, 2015)

3D Baskı ve Prototipleme: 3D baskı, prototiplerin ve bileşenlerin hızla üretilmesine olanak tanır. Bu, ürün tasarımındaki değişikliklerin hızlı bir şekilde test edilmesini ve uygulanmasını mümkün kılar. (Berman, 2012)

Otomasyon ve Robotik Üretim: Otomasyon sistemleri, üretim hattındaki işlemleri hızlandırabilir ve insan müdahalesini minimumda tutarak işlem hazırlık süreçlerini hızlandırabilir (Pistorius ve Carter, 2016).

Veri Analizi ve Yapay Zeka: Büyük veri analizi ve yapay zeka algoritmaları, üretim süreçlerini optimize eder ve verimliliği artırır. Bu, işlem hazırlık süreçlerindeki gelişmeleri hızlandırabilir (Hazen vd., 2016).

IoT (Nesnelerin İnterneti) ve Akıllı Üretim: Akıllı sensörler ve IoT teknolojisi, üretim ekipmanlarının ve süreçlerinin sürekli olarak izlenmesini ve analiz edilmesini sağlar. Bu, olası sorunları hızla tespit eder ve işlem hazırlık süreçlerini optimize edebilir (Lee, 2018).

Sanal Gerçeklik (VR) ve Artırılmış Gerçeklik (AR): Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojileri, ürün tasarımı, montaj süreçleri ve eğitim için interaktif ve görsel deneyimler sunar. Bu, çalışanların eğitimini hızlandırabilir ve işlem hazırlık süreçlerini daha etkili hale getirebilir (Baird ve Farley, 2021).

Bu ileri üretim teknolojileri, işlem hazırlık süreçlerini daha hızlı, doğru ve verimli hale getirerek otomotiv sektöründeki şirketlerin rekabet avantajını artırabilir. Hızlı işlem hazırlık süreçleri, yeni ürünlerin pazara daha hızlı sunulmasına ve müşteri taleplerine daha hızlı yanıt verilmesine olanak tanır.

3.2.8.Fabrika Kullanım Alanları

Otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileri, fabrika kullanım alanlarına önemli ölçüde etki eder:

Alan Verimliliği: Otomasyon, robotik sistemler ve akıllı taşıma sistemleri, fabrikaların alan kullanımını optimize eder. Bu, daha fazla üretim ekipmanını aynı alanda barındırma veya fabrika alanını daha etkili bir şekilde kullanma imkanı sağlar (Koren, 2010) .

Esnek Üretim Hattı Düzeni: Esnek üretim sistemleri, üretim hatlarının hızla değiştirilebilmesini sağlar. Bu, farklı modeller veya özel siparişler için üretim hattını hızla uyarlayabilmek anlamına gelir, böylece fabrika daha geniş bir ürün yelpazesıyla başa çıkabilir (Miller ve Miller, 2014).

Otomasyon ve Robotik Kullanımı: Robotlar, fabrika alanında insan işgücüne göre daha kompakt bir şekilde yerleştirilebilir. Bu, daha fazla üretim ekipmanının aynı alan içinde sığmasını sağlar (Wang, 2018).

Depolama ve Envanter Yönetimi: Akıllı depolama sistemleri ve otomatik raflama, depolama alanını optimize eder. Bu, daha fazla malzemeyi aynı alan içinde depolamayı mümkün kılar. (Gibson vd., 2015)

Enerji Verimliliği: Akıllı aydınlatma, iklimlendirme ve enerji yönetimi sistemleri, enerji kullanımını optimize eder. Bu, fabrika işletim maliyetlerini düşürür ve çevresel sürdürülebilirliği artırır (Bourke, 2019).

Yapay Zeka ve Veri Analizi: Fabrika süreçlerindeki verilerin analizi, işlem optimizasyonunu sağlar. Üretim verilerinin anlık analizi, üretim süreçlerindeki verimliliği artırarak fabrika alanının daha etkili kullanılmasını sağlar. (Hazen vd., 2016)

Sonuç olarak, ileri üretim teknolojileri, otomotiv fabrikalarının alan verimliliğini artırarak daha fazla üretim kapasitesine ve esnekliğine olanak tanır. Bu teknolojiler aynı zamanda maliyetleri düşürür, verimliliği artırır ve çevresel etkileri azaltarak otomotiv sektöründeki şirketlerin rekabet avantajını artırır.

3.2.9.İmalat İşlem Hızı

Otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileri, imalat işlem hızını önemli ölçüde artırabilir. İşte bu teknolojilerin imalat işlem hızı üzerindeki etkileri:

Otomasyon ve Robotik Sistemler: Otomasyon, fabrika işlemlerini optimize eder ve robotik sistemler, tekrarlanabilir ve karmaşık işlemleri hızla gerçekleştirebilir. Bu, üretim süreçlerinin hızını artırır. (Groover, 2016)

Esnek Üretim Hatları: Esnek üretim sistemleri, üretim hattını hızla değiştirebilme yeteneği sağlar. Bu, farklı ürünler veya varyasyonlar arasında geçiş yaparken geçen süreyi minimize eder. (Koren, 2010)

3D Baskı ve Prototipleme: 3D baskı teknolojisi, prototiplerin ve özel parçaların hızla üretilmesine olanak tanır. Bu, yeni tasarımların ve fikirlerin hızla test edilmesini mümkün kılar. (Gibson vd., 2015)

Veri Analizi ve Yapay Zeka: Büyük veri analizi ve yapay zeka algoritmaları, üretim süreçlerindeki verileri hızlı bir şekilde analiz edebilir. Bu, üretim süreçlerindeki verimliliği artırarak hızı optimize eder (Hazen vd., 2016).

Sensör Teknolojisi ve IoT: Akıllı sensörler ve Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojisi, üretim ekipmanlarını gerçek zamanlı olarak izler ve analiz eder. Bu, hataları ve sorunları hızla tespit eder, böylece zaman kaybını önler (Lee, 2018).

Simülasyon ve Sanal Gerçeklik: Sanal gerçeklik ve simülasyon teknolojileri, yeni ürün tasarımlarını ve üretim süreçlerini sanal olarak test etme imkanı sağlar. Bu, fiziksel prototip yapma süresini azaltır ve tasarım değişikliklerini hızlandırır (Dede, 2009).

Bu teknolojiler, imalat işlem hızını artırarak daha hızlı üretim, daha kısa teslimat süreleri ve daha hızlı pazara giriş sağlar. Aynı zamanda, üretim süreçlerindeki doğruluğu ve tekrarlanabilirliği artırarak hataları minimize eder. Sonuç olarak, otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileri, rekabet avantajı sağlamak için kritik öneme sahiptir.

3.2.10.Tasarım Döngü Süreleri

Otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileri, tasarım döngü sürelerini önemli ölçüde etkileyebilir:

Hızlı Prototipleme (Rapid Prototyping): 3D baskı teknolojisi, ürün prototiplerini hızla ve maliyet etkili bir şekilde oluşturabilir. Bu, tasarım değişikliklerinin hızla test edilmesini ve uygulanmasını mümkün kılar, böylece tasarım döngüsünü kısaltır (Berman, 2012).

Dijital Tasarım ve Mühendislik (CAD/CAM): Bilgisayar destekli tasarım ve imalat yazılımları, tasarım süreçlerini hızlandırır. 3D modelleme ve simülasyon, tasarımcıların fikirlerini hızla test etmelerini ve optimize etmelerini sağlar (Cheng ve Ko, 2015).

Simülasyon ve Sanal Gerçeklik (VR): Simülasyon ve VR teknolojileri, tasarımcıların ürünleri sanal olarak test etmelerine ve farklı senaryoları değerlendirmelerine olanak tanır. Bu, fiziksel prototip oluşturma süresini azaltarak tasarım sürecini hızlandırır (Baird ve Farley, 2021).

Yapay Zeka ve Veri Analizi: Yapay zeka algoritmaları, tasarım verilerini analiz ederek daha hızlı ve etkili kararlar almayı sağlar. Veri analizi, tasarım süreçlerindeki zayıf noktaları ve iyileştirmeleri belirlemek için kullanılabilir (Russell Nveorvig, 2016).

İnternet Üzerinden İşbirliği: Çevrimiçi işbirliği araçları, farklı yerlerdeki ekiplerin aynı projede birlikte çalışmasını sağlar. Bu, coğrafi konum farklarını azaltarak tasarım süreçlerini hızlandırabilir (Kellerman, 2016).

Esnek Üretim Süreçleri: Üretim süreçlerindeki esneklik, tasarım değişikliklerine daha hızlı yanıt verme imkanı tanır. Modüler üretim teknikleri, ürün tasarımında yapılan değişikliklerin üretim süreçlerine daha hızlı entegre edilmesine yardımcı olabilir (Pistorius ve Carter, 2016).

Sonuç olarak, ileri üretim teknolojileri, otomotiv sektöründe tasarım döngü sürelerini kısaltır. Bu hızlanma, yenilikçi ürünlerin daha hızlı pazara sürülmesine, müşteri geri bildirimlerine daha hızlı yanıt verilmesine ve rekabet avantajının korunmasına katkıda bulunur.

3.2.11. Depolama Süreleri

Otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileri, depolama sürelerini olumlu yönde etkiler:

Akıllı Stok Yönetimi: Sensörler ve veri analizi, depo envanterini gerçek zamanlı olarak izler. Bu, stok seviyelerini daha hassas bir şekilde yönetmeyi mümkün kılar, böylece fazla stok tutma sürelerini ve israfı azaltır (Hazen vd., 2014).

Just-in-Time Üretim (Tam Zamanında Üretim): İleri üretim teknolojileri, üretimi müşteri taleplerine göre hızlı bir şekilde uyarlayabilir. Bu, depolama sürelerini minimize eder çünkü ürünler doğrudan üretilip gönderilir, stoklarda fazla bekletilmez. (Ohno, 1988)

Otomasyon ve Robotik Depo Sistemleri: Otomatik depo sistemleri, ürünleri otomatik olarak yerleştirir ve çıkarır. Bu, depo içi işlemleri hızlandırır ve insan hatalarını azaltır (Koster vd., 2007).

RFID (Radyo Frekansıyla Tanımlama) Teknolojisi: RFID etiketleri, ürünlerin ve bileşenlerin gerçek zamanlı olarak izlenmesini sağlar. Bu, envanterin doğru ve hızlı bir şekilde takip edilmesini sağlar, böylece depolama sürelerini optimize eder. (Want, 2006)

3D Baskı ile Yerinde Üretim: 3D baskı teknolojisi, özel parçaları yerinde üretebilir. Bu, belirli parçaların gerektiği anda üretilmesini sağlar, böylece depolama sürelerini azaltır ve envanter maliyetlerini düşürür. (Berman, 2012)

Akıllı Depo Yönetimi Yazılımları: Akıllı depo yönetimi yazılımları, stok yönetimini ve ürün yerleştirmeyi optimize eder. Bu, depolama sürelerini ve hataları minimize eder, ürünlerin hızlı bir şekilde alınmasını ve sevkiyatını sağlar. (Wong, 2013)

Bu teknolojiler, depolama sürelerini kısaltarak işletmelerin daha hızlı tepki vermesini, müşteri taleplerine daha hızlı yanıt vermesini ve stok maliyetlerini düşürmesini sağlar. Bu da otomotiv sektöründeki şirketlerin rekabet avantajını artırır.

3.2.12.Taşıma Miktarı

Otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileri, taşıma miktarı üzerinde önemli etkilere sahiptir:

Optimize Edilmiş Üretim Süreçleri: İleri üretim teknolojileri, üretim süreçlerini daha verimli ve etkili hale getirir. Bu, daha az atık üretilmesini ve daha az malzeme kullanılmasını sağlar, böylece taşıma miktarını azaltır. (Chryssolouris, 2006)

Akıllı Stok Yönetimi: Veri analizi ve sensör teknolojisi, stok yönetimini optimize eder. Bu, doğru miktarda malzeme veya ürünün doğru zamanda üretilmesini sağlar, aşırı stok yapma ihtiyacını azaltır ve taşıma miktarını minimize eder. (Christopher, 2016)

Üretimde Esneklik: İleri üretim teknolojileri, üretim süreçlerini daha esnek hale getirir, yani talep artışlarına veya azalmalarına hızla yanıt verebilir. Bu, gereksiz ürün birikimini önler, böylece taşıma miktarını azaltır. (Koren, 2010)

Tam Zamanında Üretim (Just-in-Time): İleri üretim teknolojileri, tam zamanında üretimi mümkün kılar. Bu, ürünlerin talebe göre doğrudan üretilmesini sağlar, depolamadan kaynaklanan fazla taşıma miktarını en aza indirir (Ohno, 1988)

Akıllı Lojistik ve Taşıma Planlaması: İleri üretim teknolojileri, lojistik ve taşıma süreçlerini optimize etmek için büyük veri analizi ve yapay zeka kullanabilir. Bu, en etkili ve verimli taşıma rotalarını belirlemeyi sağlar, böylece taşıma maliyetlerini düşürür (Harrison ve van Hoek, 2014)

Sürdürülebilir Malzeme Kullanımı: İleri üretim teknolojileri, sürdürülebilir malzemelerin ve hafif yapıların kullanımını teşvik eder. Bu, ürünlerin daha hafif olmasını sağlar, böylece nakliye sırasında taşıma miktarını azaltır. (Ashby, 2013)

Bu faktörler, otomotiv sektöründeki şirketlerin taşıma miktarını azaltmalarına ve lojistik süreçlerini daha etkili hale getirmelerine yardımcı olur. Bu da taşıma maliyetlerini düşürerek rekabet avantajını artırabilir.

3.3.MÜLAKAT YÖNTEMİYLE İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE KRİTERLERİN DESTEKLENMESİ VE GÜNCELLENMESİ

Literatür taraması sonucunda elde edilen kriterler, otomotiv sektöründe çalışan uzmanlar ile yapılan mülakatlar sonucunda hem desteklenip hem de güncellenmiştir. Mülakatlar, sektörün güncel uygulamalarına ve teknolojilerin pratikteki etkilerine dair önemli bilgiler sağlamıştır.

Mülakat tekniği, literatür taraması sonucunda belirlenen ileri üretim teknolojileri performans değerlendirme kriterlerinin sektör uzmanlarının görüşleri doğrultusunda revize edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Bu doğrultuda, otomotiv sektöründe ileri üretim teknolojilerine ilişkin derin bilgi ve deneyime sahip uzmanlarla yüz yüze gerçekleştirilen mülakatlar, belirlenen kriterlerin uygulamadaki geçerliliğini test etmeyi ve sektörel ihtiyaçlara göre bu kriterlerin uygunluğunu değerlendirmeyi hedeflemiştir.

Yüz yüze mülakatlar aracılığıyla, uzmanların deneyimlerine dayalı olarak kriterlerin otomotiv sektöründe nasıl işlediği, eksik ya da güncel olmayan noktaların hangi alanlarda bulunduğu ortaya konmuştur. Bu süreçte, kriterlerin teknolojilerin esnekliği, verimlilik artışı, maliyet avantajları gibi çeşitli performans göstergeleri üzerindeki etkileri dikkate alınarak yeniden gözden geçirilmiştir. Uzman görüşleri doğrultusunda, literatürde tanımlanan kriterler pratik uygulamalarla karşılaştırılmış ve gerektiğinde yeni kriterler eklenmiştir.

Mülakatlar sonucunda uzmanlardan elde edilen ve literatüre ek olarak performans değerlendirmede dikkate alınması gereken kriterler şunlardır:

1. Öz sermaye kârlılığının gelişmesi
2. Stok maliyetlerinin azalması
3. Çıktı zamanlarının azalması
4. Hurda oranının azalması
5. Demirbaş maliyetlerinin azalması
6. Yeni ürünlerin daha hızlı sunulması

7. Parça kullanım maliyetlerinin azalması

Bu kriterler, otomotiv sektöründeki ileri üretim teknolojilerinin sektöre sağladığı spesifik katkıları daha iyi anlamak amacıyla literatür taramasında yer alan kriterlere eklenmiştir.

Mülakatlardan elde edilen bulgular, performans değerlendirme sürecinin hem ekonomik hem de operasyonel ve stratejik boyutlarda genişletilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Böylece, çalışmada kullanılan kriterler sektörün güncel ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde revize edilmiş ve ileri üretim teknolojilerinin otomotiv sektörü için sunduğu faydalar daha kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır.

3.3.1. Özsermaye Karlılığı

Otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileri, şirketlerin öz sermaye karlılığı üzerinde olumlu etkilere sahip olabilir. İşte bu teknolojilerin öz sermaye karlılığı üzerindeki etkileri:

Daha Etkif Üretim Süreçleri: İleri üretim teknolojileri, üretim süreçlerini daha verimli ve etkili hale getirir. Bu, ürünlerin daha düşük maliyetle üretilmesini sağlar, bu da brüt kâr marjını artırabilir (Groover, 2016).

Daha Hızlı Üretim ve Pazara Giriş: Hızlı prototipleme ve esnek üretim yetenekleri, yeni ürünlerin daha hızlı piyasaya sürülmesini mümkün kılar. Bu, rekabet avantajını artırarak pazar payını genişletebilir ve gelirleri artırabilir (Rayna ve Striukova, 2014).

Ürün Kalitesindeki Artış: İleri üretim teknolojileri, ürün kalitesini artırabilir ve hataları minimize edebilir. Daha kaliteli ürünler, müşteri memnuniyetini artırır ve marka değerini yükseltebilir. Bu, müşteri sadakatini artırarak uzun vadeli gelirleri etkileyebilir. (Juran ve Godfrey, 1999)

Akıllı Stok Yönetimi: Veri analizi ve sensör teknolojileri, stok yönetimini optimize eder. Bu, stok maliyetlerini düşürür ve likiditeyi artırır, bu da şirketin sermaye yapısını güçlendirebilir. (Waller ve Fawcett, 2013)

Sürdürülebilirlik ve Maliyet Düşürme: İleri üretim teknolojileri, enerji verimliliğini artırabilir ve malzeme israfını minimize edebilir. Bu, işletme maliyetlerini düşürür ve kâr marjını artırabilir. (Porter ve Kramer, 2006)

Müşteri Memnuniyeti ve Sadakati: Daha iyi ürünler ve hizmetler, müşteri memnuniyetini artırarak marka sadakatini oluşturabilir. Sadık müşteriler, şirketin uzun vadeli karlılığını artırabilir. (Reichheld, 2001)

Bu faktörler, otomotiv şirketlerinin öz sermaye karlılığına pozitif bir etki yapabilir. Daha etkili üretim süreçleri, düşük maliyetler, yüksek kalite standartları ve müşteri memnuniyeti, şirketin karlılığını artırabilir ve rekabet avantajını güçlendirebilir.

3.3.2.Stok Maliyetleri

Otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileri, stok maliyetleri üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabilir:

Akıllı Stok Yönetimi: İleri üretim teknolojileri, sensörler ve veri analizi ile entegre olabilir. Bu sayede stok seviyeleri ve talep önceden tahmin edilebilir. Bu doğru tahminler, stok maliyetlerini düşürmek için stok seviyelerini optimize edebilir. (Christopher, 2016)

Tam Zamanında Üretim (Just-in-Time): İleri üretim teknolojileri, üretimi müşteri taleplerine göre esnek bir şekilde ayarlayabilir. Bu, ürünlerin tam zamanında üretilmesini ve teslim edilmesini sağlar, böylece fazla stok birikimini önler. (Ohno, 1988)

Ürün Kalitesi ve İzlenebilirlik: İleri üretim teknolojileri, üretim süreçlerini daha doğru ve güvenilir hale getirebilir. Bu, ürünlerdeki kusurları ve hataları minimize eder, böylece geri çağırımları ve fazla stok birikimini engeller. (Womack ve Jones, 1996)

3D Baskı ile Prototipleme: 3D baskı teknolojisi, prototipleri hızla ve düşük maliyetle üretebilir. Bu, tasarım değişikliklerini hızla test etmeyi mümkün kılar, böylece ürünlerin seri üretime geçilmeden önce doğru tasarımını bulmasını sağlar. (Berman, 2012)

Sürdürülebilir Malzemeler ve Daha İnce Malzeme Kontrolü: İleri üretim teknolojileri, malzeme kullanımını optimize edebilir ve sürdürülebilir malzemelerin kullanımını artırabilir. Bu, malzeme maliyetlerini düşürür (Ashby, 2013)

Dinamik Fiyatlandırma ve Kampanyalar: Veri analizi ve yapay zeka, müşteri davranışlarını ve talebi analiz edebilir. Bu, dinamik fiyatlandırma stratejileri ve özel kampanyalar oluşturarak stokları daha hızlı satabilir ve fazla stok birikimini engeller. (Chen ve Bell, 2012)

Bu faktörler, otomotiv şirketlerinin stok maliyetlerini minimize etmelerine ve stok yönetimini optimize etmelerine yardımcı olur. Daha etkili stok yönetimi, şirketlerin nakit akışını düzenler, depolama maliyetlerini azaltır ve sermaye maliyetlerini düşürür. Bu da şirketlerin rekabet avantajını artırabilir.

3.3.3.Çıktı Zamanları

Otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileri, çıktı zamanları üzerinde önemli etkilere sahiptir:

Hızlı Prototipleme: 3D baskı teknolojisi, prototiplerin hızla üretilmesine olanak tanır. Bu, tasarım değişikliklerinin hızla test edilmesini sağlar, böylece ürün geliştirme süreçlerini hızlandırır (Berman, 2012).

Esnek Üretim Hatları: İleri üretim teknolojileri, üretim hatlarını daha esnek hale getirir. Bu, farklı modeller veya varyasyonlar arasında geçiş yaparken geçen süreyi minimize eder (Chryssolouris, 2006).

Otomasyon ve Robotik Sistemler: Otomasyon ve robotik sistemler, tekrarlanabilir ve karmaşık işlemleri hızla gerçekleştirebilir. Bu, üretim süreçlerinin hızını artırır ve insan hatalarını minimize eder (Groover, 2016).

Dijital Tasarım ve Mühendislik: Bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımları ve simülasyon araçları, ürün tasarımını ve mühendislik analizlerini hızlandırabilir. Bu, ürünlerin tasarım süreçlerini hızlandırır (Chryssolouris, 2006) .

Veri Analizi ve Yapay Zeka: Büyük veri analizi ve yapay zeka algoritmaları, üretim süreçlerini optimize eder ve verimliliği artırır. Bu, süreçlerin daha etkili hale getirilmesine olanak tanır (Waller ve Fawcett, 2013).

Sensör Teknolojisi ve Nesnelerin İnterneti (IoT): Akıllı sensörler ve Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojisi, üretim süreçlerini gerçek zamanlı olarak izler ve analiz eder. Bu, anlık geri bildirimlerle süreçlerin optimize edilmesine yardımcı olur (Womack ve Jones, 1996).

Sonuç olarak, ileri üretim teknolojileri, otomotiv sektöründeki çıktı zamanlarını önemli ölçüde kısaltabilir. Hızlı prototipleme, esnek üretim, otomasyon, dijital tasarım, veri analizi ve yapay zeka gibi teknolojiler, ürün geliştirme ve üretim süreçlerini hızlandırır. Bu da yeni modellerin ve bileşenlerin daha hızlı piyasaya sürülmesine ve müşteri taleplerine daha hızlı yanıt verilmesine olanak tanır.

3.3.4.Hurda Oranları

Otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileri, hurda oranları üzerinde çeşitli olumlu etkiler yapabilir:

Daha Kaliteli Ürünler: İleri üretim teknolojileri, ürün kalitesini artırabilir. Daha dayanıklı ve uzun ömürlü ürünler, otomobillerin kullanım süresini uzatır, bu da hurda oranlarını düşürebilir. (Groover, 2016)

Daha İyi Geri Dönüşüm Olanakları: İleri üretim teknolojileri kullanarak üretilen malzemeler, geri dönüşüm süreçlerinde daha kolay ayrıştırılabilir veya yeniden kullanılabilir. Bu, otomobil parçalarının geri dönüşüm oranlarını artırabilir. (Ashby, 2013)

Hafif Malzeme Kullanımı: Yeni üretim teknikleriyle kullanılan hafif malzemeler, otomobil ağırlığını azaltabilir. Daha hafif araçlar, yakıt verimliliğini artırır ve emisyonları azaltır. Bu, uzun vadede otomobillerin daha uzun süre kullanılmasına katkıda bulunabilir. (Chryssolouris, 2006)

Akıllı Bakım ve Onarım: İleri üretim teknolojileri, araçlardaki problemleri daha erken tespit edebilir. Bu, daha küçük sorunların büyük hasarlar haline gelmesini engelleyebilir. Düzenli bakım ve zamanında onarımlar, araç ömrünü uzatır ve hurda oranlarını düşürür. (Koren, 2010)

Sürdürülebilir Malzeme Kullanımı: Otomotiv sektörü, sürdürülebilir malzemeleri kullanmaya yönelik bir eğilim gösteriyor. Geri dönüştürülebilir veya doğal malzemelerin kullanımı, otomobil üretiminde hurda oranlarını azaltabilir. (Berman, 2012)

Bu faktörler, otomobil endüstrisinde hurda oranlarını düşürmeye katkıda bulunabilir. Daha dayanıklı, geri dönüştürülebilir ve sürdürülebilir ürünlerin kullanımı, otomobillerin kullanım ömrünü uzatır ve doğal kaynak kullanımını optimize eder, bu da çevresel etkileri azaltabilir.

3.3.5.Demirbaş Maliyetleri

Otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileri, demirbaş maliyetleri üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir:

Üretim Verimliliği: İleri üretim teknolojileri, üretim süreçlerini optimize eder ve verimliliği artırır. Daha hızlı ve daha doğru üretim, işgücü maliyetlerini ve üretim süreçlerindeki hataları azaltır. (Groover, 2016)

Otomasyon ve Robotik Sistemler: Otomasyon ve robotik sistemler, tekrarlanabilir ve karmaşık görevleri otomatikleştirir. Bu, insan işgücü ihtiyacını azaltır ve demirbaş maliyetlerini düşürür. (Chryssolouris, 2006)

Bakım Maliyetleri: İleri üretim teknolojileri, makine öğrenimi ve sensörler gibi teknolojilerle ekipmanların durumunu sürekli olarak izler. Bu, planlı bakımı mümkün kılar, yani ekipmanların daha uzun süre kullanılmasını sağlar ve yedek parça maliyetlerini azaltır. (Juran ve Godfrey, 1999)

Enerji Verimliliği: Akıllı üretim sistemleri, enerji kullanımını optimize eder. Bu, enerji maliyetlerini düşürür ve sürdürülebilirlik sağlar. (Ashby, 2013)

Uzaktan İzleme ve Bakım: Uzaktan izleme ve bakım sistemleri, uzman personelin uzaktan müdahale etmesine olanak tanır. Bu, hızlı çözümler sunar ve demirbaş ekipmanın ömrünü uzatır. (Koren, 2010)

Elastik Üretim Yetenekleri: İleri üretim teknolojileri, üretim süreçlerini daha esnek hale getirir. Bu, farklı ürünler veya varyasyonlar arasında geçiş yapmayı kolaylaştırır, böylece demirbaş ekipmanın daha etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar (Rayna ve Striukova, 2014).

Sonuç olarak, ileri üretim teknolojileri otomotiv sektöründe demirbaş maliyetlerini düşürerek şirketlerin rekabet avantajını artırır. Daha verimli üretim süreçleri, azalan bakım maliyetleri ve enerji verimliliği, otomotiv şirketlerinin uzun vadeli karlılığını artırabilir ve sürdürülebilirliklerini güçlendirebilir.

3.3.6.Yeni Ürünlerin Sunulması

Otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileri, yeni ürün sunulması sürecini önemli ölçüde etkiler:

Hızlı Prototipleme ve Tasarım: 3D baskı ve diğer ileri üretim teknolojileri, hızlı prototipler oluşturmayı mümkün kılar. Bu, tasarım sürecini hızlandırır ve fikirlerin hızla fiziksel prototiplere dönüştürülmesini sağlar. (Berman, 2012)

Dijital Tasarım ve Mühendislik (CAD/CAM): Bilgisayar destekli tasarım ve mühendislik yazılımları, ürün tasarımını daha hızlı ve doğru hale getirir. 3D modelleme ve simülasyon, tasarım süreçlerini optimize eder ve farklı senaryoları değerlendirmeyi mümkün kılar. (Chryssolouris, 2006)

Sensör Teknolojisi ve IoT (Nesnelerin İnterneti): Akıllı sensörler ve IoT, ürünlerin performansını gerçek zamanlı olarak izler. Bu, ürünlerin gerçek dünya koşullarında nasıl çalışacağını daha hızlı ve doğru bir şekilde değerlendirmeyi sağlar. (Waller ve Fawcett, 2013)

Yapay Zeka ve Veri Analizi: Yapay zeka, müşteri geri bildirimlerini ve pazar eğilimlerini analiz edebilir. Veri analizi, ürün taleplerini ve müşteri beklentilerini anlamak için kullanılabilir. Bu, yeni ürünlerin pazar ihtiyaçlarına daha hızlı uygun hale getirilmesini sağlar. (Womack ve Jones, 1996)

Esnek Üretim Süreçleri: İleri üretim teknolojileri, üretim süreçlerini daha esnek hale getirir. Bu, yeni ürünlerin tasarımında yapılan değişikliklerin üretim süreçlerine daha hızlı entegre edilmesine olanak tanır. (Koren, 2010)

Topluluk Geri Bildirimi ve İnternet Üzerinden İşbirliği: Sosyal medya ve diğer çevrimiçi platformlar, topluluktan gelen geri bildirimleri hızla değerlendirmeyi sağlar. İnternet üzerinden işbirliği araçları, farklı bölgelerdeki ekiplerin birlikte çalışmasını kolaylaştırır. (Chesbrough, 2003)

Sonuç olarak, ileri üretim teknolojileri, otomotiv sektöründeki yeni ürün geliştirme süreçlerini hızlandırır, daha hızlı prototip oluşturmayı, tasarım süreçlerini optimize etmeyi, müşteri geri bildirimlerini değerlendirmeyi ve üretim süreçlerini esnek hale getirmeyi mümkün kılar. Bu da yenilikçi ürünlerin daha hızlı pazara sürülmesini ve rekabet avantajının korunmasını sağlar

3.3.7.Parça Kullanım Maliyetleri

Otomotiv sektöründe kullanılan ileri üretim teknolojileri, parça kullanım maliyetlerini olumlu yönde etkileyebilir:

Optimize Edilmiş Malzeme Kullanımı: İleri üretim teknolojileri, parçaları daha hassas bir şekilde tasarlamayı ve üretmeyi mümkün kılar. Bu, malzemelerin optimize edilmiş şekilde kullanılmasını sağlar, israfı minimize eder ve malzeme maliyetlerini düşürür. (Groover, 2016)

Hafif Malzemelerin Kullanımı: Yüksek dayanıklılıkta hafif malzemelerin, özellikle karbon fiber gibi malzemelerin kullanımı, araç ağırlığını azaltabilir. Hafif araçlar daha az yakıt tüketir ve çevre dostudur. Bu da hem yakıt maliyetlerini azaltır hem de sürdürülebilirlik açısından olumlu etkiler yapar. (Chryssolouris, 2006)

Akıllı Tasarım ve Optimizasyon: İleri üretim teknolojileri, karmaşık yapıları optimize edebilir. Topoloji optimizasyonu ve benzeri teknikler, malzeme kullanımını minimize ederek parça maliyetlerini düşürebilir. (Berman, 2012)

Yerinde Üretim (On-Demand Manufacturing): 3D baskı ve benzeri teknolojiler, parçaların yerinde üretimini mümkün kılar. Bu, depolama ve taşıma maliyetlerini ortadan kaldırır, fazladan stok birikimini önler ve parça kullanım maliyetlerini azaltır. (Waller ve Fawcett, 2013)

Sürdürülebilir Malzemelerin Kullanımı: İleri üretim teknolojileri, sürdürülebilir ve geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımını artırabilir. Bu, malzemelerin daha uygun fiyatlı olmasını sağlar ve çevresel etkileri minimize eder. (Ashby, 2013)

Dijital Bakım ve Hata Tespiti: Akıllı sensörler ve veri analizi, parçaların performansını izler. Bu, parçaların ne zaman bakıma veya değişime ihtiyaç duyduğunu daha doğru bir şekilde belirleyebilir, bu da kullanım süresini uzatır ve parça maliyetlerini düşürür. (Koren, 2010)

Sonuç olarak, ileri üretim teknolojileri, otomotiv sektöründe parça kullanım maliyetlerini optimize eder. Daha akıllı ve hassas tasarımlar, hafif malzemelerin kullanımı, yerinde üretim ve sürdürülebilir malzemelerin tercih edilmesi, parça maliyetlerini düşürür ve rekabet avantajını artırabilir.

3.4.İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE KRİTERLERİN ANKET YÖNTEMİ ARACILIĞIYLA DEĞERLENDİRİLMESİ

Daha sonra, belirlenen 19 kriterin güvenilirliğini ve geçerliliğini test etmek amacıyla bir Uzman Değerlendirme Formu oluşturulmuştur. Bu form aracılığıyla, kriterlerin güvenilirlik ve geçerlilik çerçevesinde değerlendirilmeleri ve hangi kriterlerin korunacağını belirlenmesi hedeflenmiştir. Uzman Değerlendirme Formu, 5’li Likert tipi ölçek kullanılarak hazırlanmış olup, yanıt seçenekleri en olumsuzdan (1) en olumluya doğru (5) sıralanmıştır:

1. Kesinlikle katılmıyorum
2. Katılmıyorum
3. Ne katılıyorum ne katılmıyorum
4. Katılıyorum
5. Kesinlikle katılıyorum

Formda, 19 kriterin değerlendirilmesine yönelik soruların yanı sıra, katılımcıların üretim departmanındaki uzmanlık düzeylerini belirlemeye yönelik 3 ek soruyla birlikte toplamda 22 soru yer almaktadır.

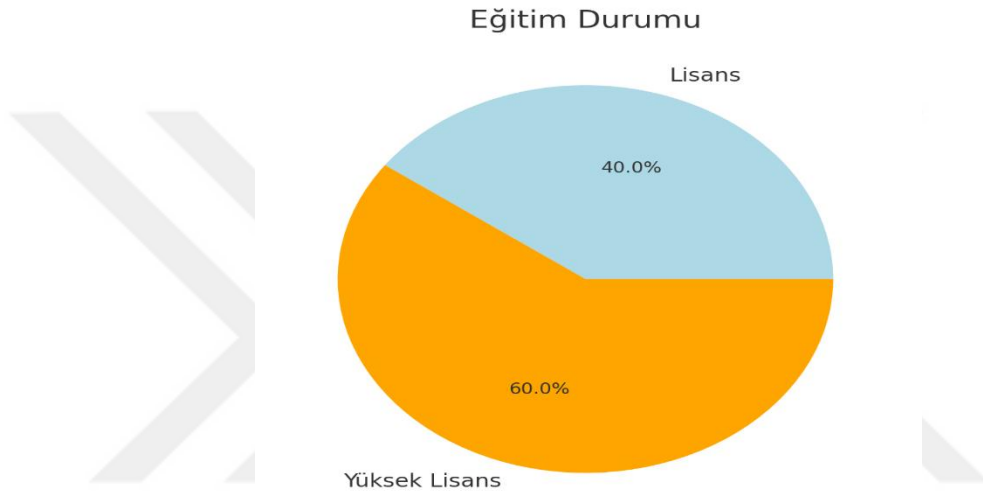
Uzman Değerlendirme Formu, üç bölümden oluşmaktadır. Formun ilk bölümünde, uzmanın ileri üretim teknolojilerinin “maliyet performansı”nı değerlendirmesi amacıyla 8 soru yer almakta; ikinci bölümde, “zaman performansı” üzerine 6 soru bulunmaktadır. Üçüncü ve son bölümde ise, “verimlilik performansı”nı değerlendirmeye yönelik 5 soru yer almaktadır. Uzmanların soruları daha iyi anlayabilmeleri amacıyla, her soru tek tek açıklanmış ve yanıtlar sırasında herhangi bir tereddüt yaşanmaması için soruların ne anlama geldiği detaylı şekilde aktarılmıştır.

SPSS programı kullanılarak analiz edilmiştir. Anket verilerini analiz etmek için çeşitli istatistiksel analiz yöntemlerinden yararlanılmıştır:

3.4.1.Betitleyici İstatistikler

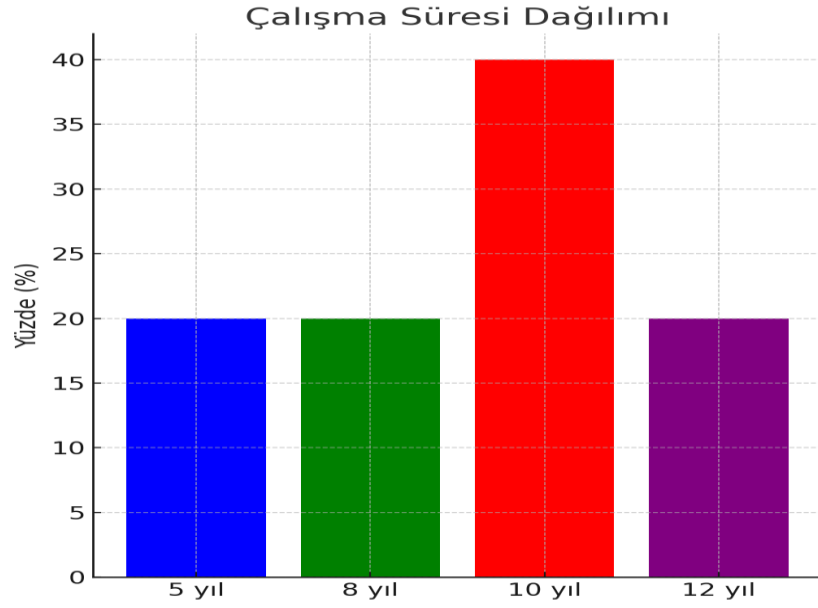
Araştırmaya katılan uzmanların eğitim durumları, kaç yıldır üretim departmanında çalıştıkları ve görevleri ile ilgili betitleyici istatistikler şu şekildedir:

- Eğitim Durumu: Uzmanların %40'ı lisans mezunu, %60'ı ise yüksek lisans mezunudur. Bu sonuç, çalışmaya katılan uzmanların çoğunluğunun yüksek lisans derecesine sahip olduğunu göstermektedir.



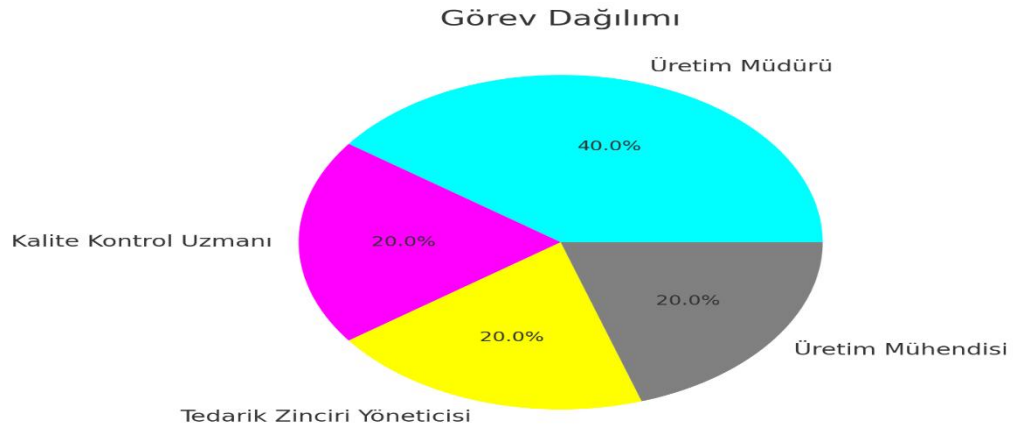
Grafik 1: Eğitim Durumu

- Çalışma Süresi: Uzmanların üretim departmanındaki çalışma süreleri incelendiğinde, %40'ının 10 yıldır çalıştığı, %20'sinin 5 yıl, %20'sinin 8 yıl ve %20'sinin ise 12 yıl çalıştığı görülmektedir. Bu veriler, katılımcıların üretim departmanında oldukça tecrübeli olduğunu ortaya koymaktadır.



Grafik 2: Çalışma Süresi Dağılımı

•Görevleri: Katılımcıların görevleri çeşitlilik göstermektedir. Uzmanların %40'ı üretim müdürü olarak çalışırken, %20'si kalite kontrol uzmanı, %20'si tedarik zinciri yöneticisi, %20'si ise üretim mühendisi olarak görev yapmaktadır. Bu dağılım, çalışmanın farklı uzmanlık alanlarından görüşler alındığını göstermektedir.



Grafik 3: Görev Dağılımı

Bu betimleyici analizler, çalışmaya katılan uzmanların eğitim durumu, iş tecrübesi ve görev çeşitliliği açısından geniş bir yelpazeye sahip olduğunu ortaya

koymaktadır. Bu da çalışmanın güvenilirliği ve geçerliliği açısından önemli bir katkı sağlamaktadır.

3.4.2.Tanımlayıcı İstatistikler

İleri üretim teknolojilerinin maliyet, zaman ve verimlilik performanslarına ilişkin soruların tanımlayıcı istatistiklerine göre her bir performans kategorisine ilişkin ortalamalar ve standart sapmalar incelenmiştir. Aşağıda her kategoriye dair önemli bulgular yer almaktadır:

- Maliyet Performansı:** Maliyet performansına ilişkin sekiz sorunun ortalamaları 3,20 ile 4,40 arasında değişmektedir. Soruların genel ortalamalarına bakıldığında, katılımcılar maliyet performansında ileri üretim teknolojilerinin maliyet azaltıcı etkisine genel olarak katıldıklarını belirtmişlerdir. Ortalama değerler (örn: maliyet1 ortalama = 3,80; maliyet3 ortalama = 4,40) katılımcıların bu teknolojilerin maliyetler üzerinde olumlu bir etki yarattığını düşündüğünü göstermektedir. Standart sapmalar ise 0,447 ile 0,548 arasında değişmekte olup, katılımcı yanıtlarının büyük ölçüde tutarlı olduğunu göstermektedir.

- Zaman Performansı:** Zaman performansı ile ilgili soruların ortalamaları 4,20 ile 4,60 arasında yer almaktadır. Özellikle zaman10 ve zaman13 sorularının ortalamaları (4,60) en yüksek değerleri göstermektedir. Bu bulgu, katılımcıların ileri üretim teknolojilerinin zaman performansına olumlu katkıda bulunduğuna güçlü bir şekilde katıldıklarını ortaya koymaktadır. Standart sapmaların 0,548 civarında olması, katılımcıların zaman performansı ile ilgili sorularda genel olarak benzer yanıtlar verdiklerini göstermektedir.

- Verimlilik Performansı:** Verimlilik performansına ilişkin beş sorunun ortalamaları 4,20 ile 4,60 arasında değişmektedir. Katılımcıların bu kategoriye dair sorularda yüksek ortalamalar vermesi, ileri üretim teknolojilerinin verimlilik üzerindeki olumlu etkisine genel bir katılım olduğunu göstermektedir. Özellikle verimlilik19 sorusunun ortalaması (4,60) ile en yüksek değeri göstermektedir. Bu durum, katılımcıların ileri üretim teknolojilerinin kusurlu üretim oranlarını azaltma ve fabrika kullanım alanlarını optimize etme konusunda yüksek bir performans sergilediğine inandığını göstermektedir.

Bu bulgular, ileri üretim teknolojilerinin maliyet, zaman ve verimlilik performansları üzerindeki olumlu etkisinin katılımcılar tarafından olumlu bir şekilde değerlendirildiğini ortaya koymaktadır.

3.4.3.Güvenirlilik Analizi (Cronbach's Alpha)

Yapılan Cronbach's Alpha analizine göre, ileri üretim teknolojilerinin maliyet, zaman ve verimlilik performanslarına ilişkin soruların genel güvenilirliği 0.789 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, anketin güvenilirliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Cronbach's Alpha katsayısının 0.70 ve üzerinde olması, anket soruları arasında güçlü bir tutarlılık olduğunu işaret etmektedir (Nunnally, 1978).

Ankette yer alan 19 sorunun iç tutarlılığının değerlendirilmesi sonucunda, güvenilirliğin kabul edilebilir sınırların üzerinde olduğu görülmüştür. Bu durum, anketin genel olarak güvenilir ve tutarlı bir veri toplama aracı olduğunu göstermektedir.

Bu sonuçlara göre ileri üretim teknolojilerinin maliyet, zaman ve verimlilik performansları üzerindeki etkilerini değerlendiren bir anket uygulaması gerçekleştirilmiştir. Anket sonuçlarının SPSS programı ile yapılan analizleri, katılımcıların ileri üretim teknolojilerinin üretim süreçlerine sağladığı katkılar konusunda genel olarak olumlu bir algıya sahip olduklarını ortaya koymuştur. Çalışmaya katılan uzmanların eğitim durumu, görevleri ve çalışma sürelerine ilişkin betimleyici istatistikler, anketin geniş bir uzmanlık yelpazesine hitap ettiğini ve sonuçların farklı perspektiflerden elde edildiğini göstermektedir. Eğitim düzeyinde yüksek lisans mezunlarının daha fazla olduğu ve katılımcıların önemli bir bölümünün uzun yıllar üretim departmanlarında görev yaptığı belirlenmiştir. Bu bulgu, çalışmaya katılan kişilerin ileri üretim teknolojileri konusundaki bilgi ve deneyimlerinin yeterli düzeyde olduğunu işaret etmektedir.

Tanımlayıcı istatistikler, maliyet, zaman ve verimlilik performanslarına ilişkin sorularda katılımcıların verdikleri yanıtların ortalamalarının yüksek olduğunu göstermektedir. Maliyet performansı açısından, katılımcılar ileri üretim teknolojilerinin maliyet azaltıcı etkilerine büyük oranda katıldıklarını ifade etmişlerdir. Zaman performansı açısından, ileri üretim teknolojilerinin zaman yönetimini iyileştirdiğine dair olumlu bir algı mevcuttur. Verimlilik performansı

açısından ise, bu teknolojilerin üretimde verimliliği artırdığına dair güçlü bir kanı oluşmuştur. Özellikle verimlilik performansı sorularında en yüksek ortalama değerlerin elde edilmesi, katılımcıların bu teknolojilerin verimliliği artırma konusunda yüksek bir potansiyele sahip olduğunu düşündüğünü göstermektedir. Standart sapmaların düşük olması, yanıtların genel olarak tutarlı ve benzer olduğunu ortaya koymaktadır.

Ayrıca, yapılan güvenirlik analizi sonuçları, anketin genel güvenilirliğinin yüksek olduğunu göstermiştir. Cronbach's Alpha değeri 0.789 olarak hesaplanmış olup, bu değer anketin iç tutarlılığının güçlü olduğunu ortaya koymaktadır. Bu katsayının 0.70'in üzerinde olması, Nunnally (1978) tarafından kabul edilen güvenirlik sınırını aştığı için, anketin yüksek derecede güvenilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu bulgu, soruların birbiriyle tutarlı bir yapıda olduğunu ve katılımcıların cevaplarının içsel olarak homojen olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, anketin veri toplama aracı olarak geçerliliği de güçlenmiştir.

Genel olarak, elde edilen sonuçlar, ileri üretim teknolojilerinin üretim süreçlerinde maliyet etkinliği, zaman yönetimi ve verimlilik açısından önemli katkılar sağladığını düşündürmektedir. Çalışmanın sonuçları, bu teknolojilerin üretim süreçlerine olumlu etkileri olduğunu ve katılımcıların bu teknolojileri yüksek performans artırıcı unsurlar olarak gördüğünü ortaya koymuştur. Güvenirlik ve tanımlayıcı istatistiklerin desteklediği bu bulgular, ileri üretim teknolojilerinin yaygın kullanımının işletmelere değer katabileceğini ve performans iyileştirme sürecine katkı sağlayabileceğini işaret etmektedir.

Bu anketin amacı, literatür taraması ve mülakatlardan elde edilen bu 19 kriterin, ileri üretim teknolojilerinin performansını değerlendirme konusunda ne kadar doğru ve anlamlı ölçütler olduğunu test etmektir. Anket, bu kriterlerin geçerliliğini ve uygulama yeterliliğini katılımcıların perspektifinden değerlendirmek için tasarlanmıştır. SPSS ile yapılan analizler, bu kriterlerin katılımcılar tarafından nasıl değerlendirildiğini ve bu kriterlerin ne kadar doğru ve anlamlı olduklarını ortaya koymuştur. Katılımcıların maliyet, zaman ve verimlilik performansına dair algıları, anket sonuçları aracılığıyla ölçülerek, belirlenen kriterlerin ileri üretim teknolojilerini değerlendirmede kullanışlı ve anlamlı olduğu bulgusunu desteklemektedir. Güvenirlik analizi sonuçları da, kriterlerin tutarlı bir yapıya sahip olduğunu ve katılımcıların bu

kriterlere verdikleri yanıtların güvenilir olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgular, literatür ve mülakatlar aracılığıyla elde edilen kriterlerin, ileri üretim teknolojilerinin performansını doğru bir şekilde ölçmek için yeterli ve geçerli olduğunu desteklemektedir.

3.5.UYGULAMA

İleri üretim teknolojilerinin performans değerlendirmesinde iç ve dış kriterlerin kullanılması, analizlerin kapsamlı ve gerçeğe uygun bir perspektiften yapılmasını sağlayan temel bir gerekliliktir. İleri üretim teknolojileri, yalnızca üretim hattında gerçekleşen içsel süreçleri değil, aynı zamanda çevresel ve piyasa odaklı dış faktörleri de içerir. Bu iki yönlü değerlendirme yaklaşımı hem işletme içindeki süreçlerin etkinliğini hem de dış çevrenin üretim performansı üzerindeki etkilerini anlamayı mümkün kılar.

Bu bağlamda, ileri üretim teknolojilerinin performans değerlendirmesinde iç ve dış kriterlerin önemi, çeşitli boyutlarıyla değerlendirilmektedir. Aşağıda, bu kriterlerin her birinin üretim süreçleri üzerindeki etkileri ve analitik yaklaşımlarla nasıl ele alındığı detaylı olarak sunulmaktadır:

3.5.1.Üretim Süreçlerinin Kapsamlı Değerlendirilmesi

İç ve dış kriterlerin ayrımı, üretim süreçlerinin hem içsel (operasyonel) hem de dışsal (çevresel ve piyasa odaklı) boyutlarını analiz etmeyi zorunlu kılar. İleri üretim teknolojilerinin uygulanması, üretim süreçlerinin yalnızca operasyonel etkinliğini artırmakla kalmaz, aynı zamanda tedarik zinciri, lojistik, müşteri talepleri ve piyasa dalgalanmaları gibi dışsal faktörlerle de etkileşim içindedir. İç kriterler, işletme içindeki doğrudan kontrol edilebilir faktörleri içerirken (örneğin, makine verimliliği, üretim hızı), dış kriterler işletmenin dış çevresiyle olan ilişkilerini yansıtır (örneğin, piyasa talepleri, düzenleyici gereklilikler) (Mohanty ve Deshmukh, 1998: 297-303).

Bu nedenle, ileri üretim teknolojilerinin performansını sadece iç kriterler üzerinden değerlendirmek, eksik bir analizle sonuçlanır. Dış faktörlerin dikkate alınmaması, üretim performansına dair eksik veya yanlış kararların alınmasına yol açabilir. Örneğin, bir işletmenin üretim kapasitesini artırması (iç kriter) önemli olsa da, bu kapasitenin tedarik zinciri üzerindeki etkisi ve müşteri taleplerine uyum sağlama yeteneği (dış kriterler) dikkate alınmadığı sürece analiz eksik kalır.

3.5.2. Stratejik Karar Alma ve Risk Yönetimi

İç ve dış kriterler, stratejik karar alma ve risk yönetim süreçlerinin etkin bir şekilde yürütülmesini sağlar. İleri üretim teknolojileri, işletmelere operasyonel esneklik ve rekabet avantajı sunar; ancak bu avantajın sürdürülebilirliği için iç ve dış faktörlerin birlikte ele alınması gereklidir. İç kriterler, işletmenin doğrudan kontrol edebildiği süreçleri (örneğin, üretim kalitesi, maliyet etkinliği) içerir. Buna karşın, dış kriterler, piyasa trendleri, ekonomik dalgalanmalar ve yasal düzenlemeler gibi kontrol dışı faktörleri içerir. Bu faktörlerin analiz edilmesi, işletmelerin karşılaşılabilecekleri potansiyel riskleri önceden belirleyerek stratejik planlamalarını daha sağlıklı yapmalarını sağlar (Udo ve Ehie, 1996: 10-21).

3.5.3. Performans Ölçümünde Kapsamlılık ve Denge

Performans değerlendirmesinde iç ve dış kriterlerin birlikte ele alınması, işletmelerin performansını dengeli ve kapsamlı bir şekilde analiz etmelerine olanak tanır. İç kriterler, üretim sürecinin verimliliğini, ürün kalitesini ve maliyet yönetimini doğrudan etkilerken, dış kriterler ise işletmenin pazar ve çevresel uyumunu gösterir. Örneğin, bir üretim hattının verimliliği içsel bir performans ölçütü olabilirken, pazar talebine yanıt verebilme yeteneği dışsal bir ölçüttür. Her iki ölçütün de değerlendirilmesi, işletmelerin hem iç süreçlerini optimize etmelerine hem de dış çevreye daha iyi uyum sağlamalarına olanak tanır (Lau vd., 2001: 26-33).

3.5.4. Sürdürülebilirlik ve Çevresel Faktörler

Sürdürülebilirlik, günümüz üretim stratejilerinde kritik bir rol oynar ve performans değerlendirmesinin önemli bir boyutunu oluşturur. İç kriterler, enerji tüketimi, atık yönetimi ve malzeme verimliliği gibi sürdürülebilir üretim uygulamalarını içerir. Dış kriterler ise, çevresel düzenlemelere uyum, karbon emisyonları ve toplumsal beklentiler gibi işletme dışındaki unsurları kapsar. Bu nedenle, ileri üretim teknolojilerinin performansını değerlendirirken çevresel ve toplumsal sürdürülebilirlik kriterlerinin dikkate alınması, üretim süreçlerinin çevreye uyumlu ve uzun vadeli sürdürülebilir olmasını sağlar (Narkhede, 2017: 1224-1242).

3.5.5. Rekabet Avantajı ve Adaptasyon Yeteneği

İleri üretim teknolojileri, rekabet avantajı sağlamada önemli bir rol oynar; ancak bu avantajın sürdürülmesi için iç ve dış kriterlerin birlikte değerlendirilmesi zorunludur. İç kriterler, işletmenin üretim verimliliğini ve maliyet kontrolünü artırırken, dış kriterler işletmenin rekabetçi kalmasını ve müşteri beklentilerini karşılayabilmesini sağlar. Örneğin, üretim sürecinde uygulanan otomasyon ve verimlilik artışı iç kriterlere dayanırken, müşteri geri bildirimleri ve piyasa trendlerine yanıt verme yeteneği dış kriterleri içerir. Bu denge, işletmelerin uzun vadede rekabet gücünü korumalarına ve stratejik esneklik kazanmalarına yardımcı olur (Small ve Yasin, 1997: 349-370).

3.5.6. Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetimi

Tedarik zinciri ve lojistik yönetimi, ileri üretim teknolojilerinin etkinliği üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. İç kriterler, üretim süreçlerinin entegrasyonu ve lojistik süreçlerin içsel optimizasyonunu içerirken, dış kriterler tedarik zincirindeki aksaklıklar, küresel tedarik dinamikleri ve ekonomik belirsizlikler gibi dışsal faktörleri kapsar. Örneğin, pandemi veya doğal afetler gibi öngörülemeyen durumlar, üretim süreçlerine dışsal etkenler üzerinden ciddi etkiler yapabilir. Bu faktörlerin değerlendirilmesi, performans analizinde daha gerçekçi bir bakış açısı sağlar ve işletmelerin ani değişimlere karşı daha hazırlıklı olmasına olanak tanır (Small ve Yasin, 1997: 349-370).

3.5.7. Verimlilik ve Kapsamlı İyileştirme Yaklaşımları

İç ve dış kriterlerin birlikte kullanılması, işletmelere verimlilik ve yenilikçilik stratejilerini kapsamlı bir şekilde geliştirme fırsatı sunar. İç kriterler, süreç içi verimliliği artırmak için odaklanırken; dış kriterler, işletmenin dış çevreye nasıl adapte olabileceğini ve çevresel taleplere nasıl yanıt verebileceğini gösterir. Bu çift yönlü analiz, işletmelerin sürdürülebilirlik ve verimlilik hedeflerine ulaşmalarını destekler.

Bu bağlamda ileri üretim teknolojilerinin performans değerlendirmesinde iç ve dış kriterlerin kullanılması bir zorunluluktur, çünkü bu yaklaşım işletmelerin hem içsel süreçlerini hem de dış çevreyle olan etkileşimlerini kapsamlı bir şekilde değerlendirmelerine olanak tanır. İç kriterler, üretim süreçlerini doğrudan kontrol eden unsurları temsil ederken; dış kriterler, işletmenin çevresel ve pazar odaklı

etkileşimlerini ve adaptasyon yeteneğini analiz eder. Bu dengeli yaklaşım, performansın daha bütüncül bir şekilde değerlendirilmesini ve stratejik karar alma süreçlerinin etkin bir şekilde desteklenmesini sağlar (Chen ve Small, 1994: 91-103)

İç ve dış kriterlerin bu şekilde ele alınması, ileri üretim teknolojilerinin performansını değerlendirirken daha bütüncül ve stratejik bir analiz yapılmasını sağlar. Bu yaklaşımla, üretim süreçlerinin detaylı bir şekilde incelenebilmesi ve stratejik karar alma süreçlerinin güçlendirilmesi mümkün kılınır. Bu çalışmada, ileri üretim teknolojilerinin performansını değerlendirmek amacıyla toplamda 19 kriter belirlenmiştir. Bu kriterler, üretim süreçlerinin ve teknolojilerin kapsamlı bir şekilde analiz edilebilmesi için 11 iç ve 8 dış faktör olarak iki gruba ayrılmıştır. İç faktörler, işletme içindeki süreçlerin ve doğrudan kontrol edilebilen unsurların performansını yansıtırken; dış faktörler, işletme dışında kalan ve üretim sürecini etkileyen ancak doğrudan kontrol edilemeyen unsurları temsil eder.

Tablo 3: Kriterlerin Sınıflandırılması

İç Kriterler	Dış Kriterler
-Ürün maliyeti (TL)	- Toplam Depolama süresi (saat)
-Girdi maliyeti (TL)	- Taşıma miktarı (adet)
-Birim maliyeti (TL)	- Toplam Stok maliyeti (%)
-Malzeme aktarma maliyeti (TL)	- Ürün Çıktı Süresi (araç/saat)
-Bakım maliyeti (%)	- Demirbaş maliyeti (%)
-Kusurlu üretim oranı (%)	- Hurda oranı (%)
-Toplam İşlem hazırlık zamanı (saat)	- Yeni ürün sunum hızı (yeni model/yıl)
-Fabrika kullanım alanı (%)	- Parça kullanım maliyeti (%)
-İmalat işlem hızı (araç/saat)	
-Toplam Tasarım döngü süresi (ay)	
-Öz sermaye karlılığı (%)	

İç faktörler;

Ürün maliyeti, Girdi maliyeti, Birim maliyeti, Malzeme aktarma maliyeti, Bakım maliyeti: Bu maliyetler, doğrudan otomobil üretimi süreciyle ilgili maliyetlerdir. Malzemelerin tedarik edilmesi, montaj süreci, bakım ve işletim maliyetleri, üretimin içsel faktörleridir ve sürekli olarak optimize edilmeye çalışılır.

Kusurlu üretim oranı, Toplam İşlem hazırlık zamanı, Fabrika kullanım alanı, İmalat işlem hızı, Toplam Tasarım döngü süresi, Öz sermaye karlılığı: Bu faktörler de iç faktörlerdir. Kusurlu üretim oranları, işlem hazırlık süreleri, fabrika alan kullanımı, üretim hızı, tasarım süreleri ve öz sermaye karlılığı gibi faktörler, üretim sürecinin içinde ve yönetim tarafından doğrudan kontrol edilebilir.

Bu kriterlerin iç faktörler olarak kabul edilmesinin nedenleri şunlardır:

1. İşletme Kontrolü: İç faktörler, işletmenin doğrudan kontrolü altındaki değişkenlerdir. Örneğin, ürün maliyeti, girdi maliyeti ve bakım maliyeti gibi faktörler, işletmenin karar alma süreçleri ve operasyonel uygulamalarıyla ilişkilidir.

2. İç Kaynaklar: İç faktörler, işletmenin sahip olduğu kaynaklarla ilişkilidir. Örneğin, fabrika kullanım alanı ve işlem hazırlık zamanları gibi faktörler, işletmenin sahip olduğu tesisler ve ekipmanlarla doğrudan ilişkilidir.

3. Performans ve Verimlilik: İç faktörler, işletmenin performansını ve verimliliğini etkileyen değişkenlerdir. Örneğin, imalat işlem hızı ve birim maliyeti gibi faktörler, işletmenin üretim süreçlerinin etkinliğini yansıtır.

4. Stratejik Kararlar: İç faktörler, işletmenin stratejik kararlarını şekillendiren ve operasyonel stratejilerini belirleyen unsurlardır. Örneğin, tasarım döngü süreleri ve öz sermaye kârlılığının gelişmesi gibi faktörler, işletmenin stratejik hedeflerini ve mali performansını etkiler.

5. İç Süreçler: İç faktörler, işletmenin iç süreçlerine ve operasyonel yönetimine odaklanır. Örneğin, kusurlu üretim oranı ve depolama süreleri gibi faktörler, işletmenin üretim kalitesi ve süreç yönetimi ile ilgilidir. Bu nedenlerle, bu kriterler işletmenin iç dinamiklerinden kaynaklanır ve işletmenin kendi kontrolü altındaki değişkenlerdir, bu yüzden iç faktörler olarak sınıflandırılırlar.

Dış faktörler;

Toplam Depolama süreleri, Taşıma miktarı, Toplam Stok maliyeti, Ürün çıktı süresi, Demirbaş maliyeti, Hurda oranı, Yeni ürün sunum hızı, Parça kullanım maliyeti: Bu faktörler, işletme içinde doğrudan kontrol edilemeyen dış faktörlerdir. Tedarik zinciri yönetimi, piyasa talepleri, döviz kurları gibi unsurlar, dış faktörlerin

birkaçını oluşturabilir. Bu faktörler genellikle dış faktörler olarak kabul edilir çünkü üretim süreçlerinin dışında ve doğrudan kontrol edilemeyen faktörlerdir. Örneğin, tedarik zinciri yönetimi, pazar talepleri, ürünün pazara hızlı bir şekilde sunulması gibi dış faktörler, üretim süreçlerine dolaylı olarak etki edebilir, ancak genellikle işletme içinde doğrudan kontrol edilemezler.

Bu kriterlerin dış faktörler olarak sınıflandırılmasının nedenleri şunlardır:

1. Bağımlılık: Bu kriterler, işletmenin kontrolü dışındaki faktörlere bağımlıdır. Örneğin, depolama süreleri ve taşıma miktarı, tedarik zincirindeki lojistik süreçlere ve dış tedarikçilere bağlıdır.

2. Piyasa Koşulları: Stok maliyetlerinin azalması, çıktı zamanlarının azalması ve parça kullanım maliyetlerinin azalması gibi faktörler, pazar talebi, tüketici davranışları ve rekabet gibi dış faktörlere bağlıdır.

3. Endüstriyel Standartlar ve Regülasyonlar: Hurda oranının azalması gibi faktörler, genellikle endüstriyel standartlara ve regülasyonlara uyum sağlamayı gerektirir.

4. Teknolojik Gelişmeler: Yeni ürünlerin daha hızlı sunulması gibi faktörler, genellikle teknolojik yeniliklere, AR-GE faaliyetlerine ve pazar talebine bağlıdır.

5. Çevresel Etkiler: Demirbaş maliyetlerinin azalması gibi faktörler, işletmenin çevresel etkilerini azaltma çabalarına bağlı olabilir. Bu nedenlerle, bu kriterler işletmenin dış çevresinden etkilenir ve dolayısıyla dış faktörler olarak sınıflandırılır.

3.6.İLERİ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNDE BELİRLENEN PERFORMANS KRİTERLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İleri üretim teknolojilerinin performansını değerlendirmede kullanılan kriterlerin, 19 kriter içinden ileri üretim teknolojilerini doğrudan etkileyen temel kriterlere indirgenmesinin nedeni, performans ölçütlerini daha net ve odaklanmış bir çerçevede ele alarak, üretim süreçlerinin etkili bir şekilde analiz edilmesini sağlamaktır. Üretim süreçlerini etkileyen çok sayıda faktör bulunsada, bu faktörlerin bazıları üretim performansını doğrudan etkilerken, diğerleri dolaylı yoldan katkıda bulunur. Temel kriterlerin seçimi, doğrudan performans ölçütlerini temsil eden ve

Üretim süreçlerinin verimliliğini, kaliteyi, maliyet etkinliğini ve hızını doğrudan etkileyen unsurlara odaklanılarak yapılmıştır. Bu kriterler, işletmelerin rekabet gücünü artıran ana unsurları daha belirgin hale getirir ve üretim teknolojilerinin uygulanabilirliğini değerlendirirken daha pratik bir yaklaşım sunar.

11 i ve 8 dış kriter arasından, ileri üretim teknolojilerinin performansını doğrudan etkileyen kriterlerin belirlenmesi ve bu kriterlere odaklanması:

1. Odaklanmış Performans Değerlendirmesi: Üretim süreçlerini analiz etmek için tüm kriterleri kullanmak, karmaşıklığı artırabilir ve odaklanmış bir değerlendirme yapılmasını zorlaştırabilir. Bu nedenle, performans üzerinde en büyük ve doğrudan etkiye sahip olan temel kriterler seçilerek değerlendirme süreci daha verimli ve net hale getirilmiştir.

2. Stratejik nceliklendirme: İleri retim teknolojilerinin işletme üzerindeki etkilerini değerlendirmek için, performans üzerinde en fazla etkiyi gösteren kriterlerin önceliklendirilmesi gereklidir. Bu kriterler arasında ürün maliyeti, bakım maliyeti, imalat işlem hızı gibi doğrudan performansa yansıyan unsurlar yer alır.

3. Verimlilik ve llebilirlik: Temel kriterler, işletmelerin üretim performansını doğrudan etkileyen ve ölçülmesi daha kolay olan unsurları içerir. Bu, retim sürecinde daha etkin bir değerlendirme yapılmasını ve karar alma süreçlerinin desteklenmesini sağlar.

İleri retim teknolojilerinin performansını değerlendirirken, tek bir ileri üretim teknolojisini temel almak yerine daha geniş ve bütüncül bir yaklaşım benimsemek gereklidir. İleri retim teknolojileri, robotik sistemlerin ötesinde geniş bir yelpazeyi kapsar ve farklı teknolojiler, üretim süreçlerinin çeşitli yönlerini etkiler. İşte bunun nedenleri:

1. Çeşitli Teknolojik Bileşenlerin Rolü: İleri retim teknolojileri arasında otomasyon sistemleri, yapay zeka tabanlı optimizasyon araçları, 3D baskı teknolojileri, sensörler, veri analitiği ve diğital ikiz gibi çeşitli teknolojiler bulunur. Her biri, üretim süreçlerine farklı açılardan katkıda bulunarak

maliyetlerin düşürülmesi, kalite kontrolünün sağlanması ve üretim hızının artırılması gibi alanlarda doğrudan veya dolaylı etkiler sağlar.

2. Entegre Üretim Sistemi Gerekliliği: Modern üretim hatları, genellikle birden fazla ileri üretim teknolojisinin entegre bir şekilde çalışmasını gerektirir. Örneğin, robot teknolojisi üretim hızını artırırken, yapay zeka tabanlı analiz araçları kalite kontrol süreçlerini iyileştirir ve 3D baskı teknolojisi prototipleme ve küçük hacimli üretimlerde esneklik sağlar. Dolayısıyla, performans değerlendirmesi yapılırken bu teknolojilerin birbirini tamamlayan etkileri de dikkate alınmalıdır.

3. Sektörel Çeşitlilik ve Gereksinimler: İleri üretim teknolojileri farklı sektörlerde farklı şekillerde kullanılır. Örneğin, otomotiv sektöründe robotik montaj hatları önemli bir rol oynarken, moda endüstrisi hızlı prototipleme için 3D baskı teknolojisinden faydalanır. Elektronik sektöründe ise hassas üretim ve kalite kontrol için yapay zeka destekli görüntü işleme sistemleri ön plandadır. Bu nedenle, performans kriterlerinin seçimi, sadece tek bir teknolojiyle sınırlı olmamakla birlikte, farklı sektörlerin ihtiyaçlarına göre de şekillendirilmelidir.

4. Veri ve İleri Analiz Araçlarının Etkisi: Üretim süreçlerinde kullanılan veri analitiği ve büyük veri teknolojileri, üretim hattındaki sorunların erken tespit edilmesi ve süreçlerin optimizasyonu için kritik bir rol oynar. Bu teknolojiler, dolaylı olarak üretim performansına katkıda bulunur, ancak belirli bir teknolojinin sağladığı doğrudan mekanik faydaların ötesine geçer. Dolayısıyla, performans değerlendirmesi yapılırken veri analitiği ve yapay zeka gibi teknolojilerin de göz önünde bulundurulması gereklidir.

Sonuç itibarıyla, ileri üretim teknolojilerinin performansını değerlendirmek için 19 kriter içinden doğrudan etkiye sahip olan temel kriterlere indirgenmesi, analiz sürecinin daha etkili ve yönetilebilir olmasını sağlar. Bu seçim, doğrudan performans ölçütlerine odaklanarak işletmelerin üretim sürecindeki temel başarı faktörlerini belirgin hale getirir. Ayrıca, bu performans değerlendirmesinin yalnızca tek bir ileri üretim teknolojisiyle sınırlandırılmaması, ileri üretim teknolojilerinin çok yönlü yapısını ve birbirini tamamlayan etkilerini dikkate almanın önemini vurgular. Bu yaklaşım, farklı üretim teknolojilerinin sunduğu katkıların bütüncül bir bakış açısıyla analiz edilmesini ve bu sayede daha stratejik kararların alınmasını mümkün kılar.

3.6.1. Performans Kriterlerinin Doğrudan ve Dolaylı Etkilerinin Analizi

İleri üretim teknolojilerinin performansını değerlendirirken, kriterlerin neden doğrudan ve dolaylı olarak ayrıldığını anlamak, bu sürecin metodolojik temelini ve kullanılan tekniklerin önemini vurgular. Doğrudan etkili kriterler, üretim sürecinin hız, maliyet ve kalite gibi ana performans göstergelerini doğrudan etkileyen ve işletmenin operasyonel verimliliğini belirleyen unsurlardır. Bu kriterler, üretim çıktıları üzerinde anında ve ölçülebilir etkiler yaratır. Öte yandan, dolaylı etkili kriterler, üretim süreçlerinin tamamlayıcı ve destekleyici unsurlarını oluşturur. Bu kriterler, üretim performansını lojistik verimlilik, maliyet yönetimi ve süreç optimizasyonu gibi alanlarda iyileştirerek dolaylı yoldan katkıda bulunur. Dolayısıyla, kriterlerin doğrudan ve dolaylı etkilerinin belirlenmesi, performans değerlendirmelerinin daha geniş bir perspektiften ele alınmasını sağlar.

Kriterlerin etkilerini değerlendirmede uzman görüşleri, mülakat ve gözlem tekniklerinden yararlanılması amaçlanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, uzman görüşleri ve mülakatların bu sürece en uygun yöntemler olduğu belirlenmiştir. Uzman görüşleri, ileri üretim teknolojileri ve üretim süreçleri hakkında derinlemesine bilgi ve deneyim sunduğundan, kriterlerin performans üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerini anlamada güçlü bir rehberlik sağlamıştır. Mülakatlar, uzmanların bu bilgilerini detaylı bir şekilde paylaşımlarına olanak tanıyarak, kriterlerin önem derecesini ve katkı düzeyini daha kapsamlı bir perspektifle değerlendirmeyi mümkün kılmıştır. Öte yandan, gözlem tekniği, pratik uygulamaları incelemek açısından faydalı olmasına karşın, kriterlerin seçimi ve öneminin belirlenmesi gibi daha analitik ve uzmanlık gerektiren süreçlerde yeterince etkili bulunmamıştır. Çünkü gözlem tekniği, bir olayın, davranışın veya sürecin doğal ortamında incelenmesini sağlayan ve genellikle süreçlerin pratik uygulamalarını analiz etmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu teknik, özellikle gerçek zamanlı veri toplama ve süreçlerin işleyişini gözlemleme açısından faydalıdır (Altiok, 1997). Örneğin, bir üretim hattında kullanılan robotik sistemlerin performansını gözlemlemek, süreçlerin nasıl işlediğini anlamak için yararlı olabilir (Wu, 2012). Ancak, bu yöntemin genellikle olayların yalnızca yüzeysel ve genel bir değerlendirmesini sağladığı bilinmektedir (Hon, 2005: 139-154). Gözlem yöntemi, pratik süreçlerin incelenmesinde etkili olsa da, bu süreçlerin derinlemesine

analizini veya stratejik bir çerçevede yorumlanmasını gerektiren durumlarda yetersiz kalabilmektedir.

Bu çalışmada, gözlem tekniği, ileri üretim teknolojilerinin uygulama süreçlerini derinlemesine anlamak ve bu süreçlerin etkinliğini değerlendirmek amacıyla kullanılmak istenmiştir. Örneğin, gözlem yöntemiyle bir robotik sistemin üretim hızına veya hata oranlarına olan etkisi analiz edilebilirdi. Böylece, sahada toplanan verilerle doğrudan pratik bilgiler elde edilmesi hedeflenmişti (Wu, 2012). Ancak, gözlem tekniği, kriterlerin seçimi ve öneminin belirlenmesi gibi daha derinlemesine analitik süreçlerde yeterli bir yöntem olarak görülmemiştir. Bunun nedeni, kriterlerin seçimi ve analizi gibi süreçlerin, gözlemle elde edilen verilere ek olarak daha çok uzman görüşüne ve analitik bir çerçeveye ihtiyaç duymasıdır. Örneğin, gözlem yöntemiyle bir fabrikanın bakım maliyetleri hakkında bilgiler toplanabilir; ancak bu maliyetlerin işletme düzeyinde stratejik bir öneme sahip olup olmadığını belirlemek için daha detaylı bir değerlendirme gereklidir (Altıok, 1997). Gözlem tekniği, yalnızca süreçlerin nasıl işlediğini gösterebilir, ancak bu bilgiyi bir performans kriterine dönüştürmek için uzmanlık ve analitik değerlendirme gerekir.

Sonuç olarak, gözlem tekniği süreçlerin pratik işleyişini anlamada faydalı olmasına karşın, kriterlerin seçimi ve önceliklendirilmesi gibi analitik ve stratejik değerlendirme gerektiren süreçlerde yetersiz bulunmuştur. Bu nedenle, bu çalışmada gözlem tekniği yerine uzman görüşleri ve mülakat yöntemleri tercih edilmiştir. Gözlem yöntemiyle yalnızca süreçlerin genel işleyişi değerlendirilebilmiş, ancak kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi gibi stratejik süreçler için daha fazla analitik yöntemlere ihtiyaç duyulmuştur (Hon, 2005: 139-154).

Bu bağlamda, kriterlerin doğrudan ve dolaylı etkilerinin değerlendirilmesi için uzman görüşleri ve mülakatların tercih edilmesi, performans analizi sürecinin daha derinlemesine ve bilgiye dayalı bir temele oturtulmasını sağlamıştır. Uzmanların bilgi ve deneyimlerine dayalı analizler, hangi kriterlerin üretim performansını doğrudan etkilediğini ve hangilerinin dolaylı katkılar sunduğunu belirlemede kritik bir rol oynamıştır. Bu süreç, performans değerlendirmelerinin etkinliğini artırmış ve karar alma aşamalarında hangi kriterlerin öncelikli olarak ele alınması gerektiğini netleştirmiştir.

3.6.2. Performans Kriterlerinin Doğrudan Etkilerinin Analizi

Performans kriterlerinin doğrudan etkileri, ileri üretim teknolojilerinin işletmelerin verimliliğini ve rekabet gücünü nasıl şekillendirdiğini anlamak için temel bir çerçeve sunar. Bu kriterlerin belirlenmesi, uzman görüşleri ve mülakat teknikleri kullanılarak yapılmış ve alanında uzman kişilerin deneyimlerine dayalı değerlendirmelerden yararlanılmıştır. Bu yöntemler, kriterlerin üretim süreçleri üzerindeki etkilerini ve önem derecelerini daha iyi anlamamıza olanak tanımıştır. Doğrudan etkili kriterler, üretim sürecinin kalitesini, hızını ve maliyet etkinliğini belirleyerek işletmelerin stratejik avantaj elde etmesini sağlar. İleri üretim teknolojilerinde bu kriterler, üretim çıktıları üzerinde anında ve ölçülebilir etkiler yaratarak operasyonel performansı doğrudan etkiler. Bu bağlamda, ileri üretim teknolojilerinin performans başarısını doğrudan etkileyen temel performans kriterleri aşağıda ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir:

3.6.2.1. Ürün Maliyeti

Ürün maliyeti, işletmenin üretim sürecindeki maliyet etkinliğini gösteren en önemli kriterlerden biridir. İleri üretim teknolojilerinin, maliyetlerin optimize edilmesi üzerinde büyük bir etkisi vardır. Özellikle otomasyon, robotik sistemler ve veri analitiği gibi teknolojiler, işçilik maliyetlerinin azalması ve malzeme israfının minimize edilmesi gibi faktörlerle ürün maliyetlerini düşürebilir. Örneğin, otomotiv sektöründe kullanılan robotlar, montaj işlemlerini daha hızlı ve düşük maliyetle yaparak maliyetleri ciddi ölçüde azaltabilir. Bu durum, işletmelere maliyet avantajı ve rekabet gücü kazandırır. Ayrıca, dijital teknolojiler ve veri analitiği sayesinde üretim sürecindeki maliyet unsurları analiz edilerek daha fazla verimlilik sağlanabilir. Bu kriter, hemen hemen tüm sektörlerde ileri üretim teknolojilerinin başarısını belirleyen temel bir performans göstergesidir (Groover, 2019; Bogue, 2013: 432-436).

3.6.2.2. Bakım Maliyeti

Bakım maliyeti, ileri üretim teknolojilerinin sürdürülebilirliği ve uzun vadeli maliyet yapısının belirlenmesinde kritik rol oynar. Bu maliyet, üretim sürecindeki makinelerin sorunsuz çalışması için gereken düzenli bakım ve onarım faaliyetlerini kapsar. İleri üretim teknolojilerinde, bakım maliyetlerinin düşük tutulması, plansız

duruşların önlenmesi ve makinelerin uzun süreli verimlilikle çalışması için önemlidir. Örneğin, dijital ikiz teknolojisi ve yapay zeka tabanlı bakım sistemleri sayesinde makinelerin durumu sürekli olarak izlenebilir, böylece olası arızalar önceden tespit edilerek bakım maliyetleri optimize edilebilir. Otomotiv ve havacılık gibi yüksek maliyetli ekipmanlara sahip sektörlerde, bu tür teknolojiler bakım maliyetlerini düşürmede ve verimliliği artırmada önemli bir avantaj sağlar (Rosen vd., 2015: 567-572; Tao vd., 2018: 3563-3576).

3.6.2.3. Kusurlu Üretim Oranı

Kusurlu üretim oranı, üretim süreçlerindeki kalite kontrol etkinliğini ölçen kritik bir kriterdir. Üretim sırasında yapılan hataların düşük olması, müşteri memnuniyetini sağlamak ve yeniden işleme maliyetlerini azaltmak için oldukça önemlidir. İleri üretim teknolojilerinde, özellikle robotik sistemler ve yapay zeka, hataları minimize etmede büyük rol oynar. Örneğin, görüntü işleme teknolojileri sayesinde üretim hattında anlık kalite kontrolleri yapılabilir ve hatalı üretim oranı düşürülebilir. Elektronik sektörü gibi yüksek hassasiyet gerektiren alanlarda kusurlu üretim oranının düşük olması büyük önem taşır. Bir devre kartında veya çipte yapılan küçük bir hata, tüm ürünün işlevselliğini etkileyebilir. Bu nedenle, ileri üretim teknolojileri kusursuz ürün kalitesi sağlama konusunda doğrudan etkilidir ve tüm sektörlerde performansın önemli bir göstergesi olarak kabul edilir (Lee vd., 2018: 20-23; Wang, 2019: 10-20).

3.6.2.4. İmalat İşlem Hızı

İmalat işlem hızı, bir işletmenin üretim kapasitesini ve verimliliğini gösterir. İleri üretim teknolojilerinin en büyük avantajlarından biri, işlem sürelerini kısaltarak kısa sürelerde yüksek üretim kapasitesine ulaşabilmesidir. CNC makineleri, endüstriyel robotlar veya otomasyon sistemleri gibi teknolojiler, işlem hızını artırarak işletmelere önemli bir rekabet avantajı sağlar. Özellikle otomotiv, elektronik ve hızlı tüketim malları sektörlerinde, işlem hızının yüksek olması rekabetçi kalabilmek için gereklidir. CNC makineleri veya 3D baskı teknolojisi gibi araçlar, parçaların hızlıca üretilmesini sağlar, böylece üretim döngüsü kısaltılır ve pazara daha hızlı ulaşılır. Bu kriter, ileri üretim teknolojilerinin performansını doğrudan etkileyen bir ölçüttür (Kalpakjian ve Schmid, 2014; Campbell vd., 2011).

3.6.2.5. Toplam Stok Maliyeti

Toplam stok maliyeti, üretim sürecinde kullanılan hammaddelerin ve yarı mamullerin stoklanmasıyla ilgili maliyetleri ifade eder. İleri üretim teknolojileri, stok maliyetlerini azaltarak sermayenin daha etkin kullanımını sağlar. Stok yönetimi, özellikle üretim hızının yüksek olduğu sektörlerde gereksiz maliyetlerin önüne geçmek için önemlidir. Just-in-Time (JIT) üretim stratejileri ve akıllı stok yönetim sistemleri, malzeme temini ile üretim hızına göre stokların dinamik olarak yönetilmesine imkan tanır. Örneğin, hızlı tüketim malları ve perakende sektöründe talep dalgalanmalarına hızlı yanıt verilebilmesi için stokların optimize edilmesi büyük önem taşır. Bu sistemler sayesinde geçmiş veriler kullanılarak talep tahminleri yapılır, böylece stok maliyetleri daha iyi yönetilir ve gereksiz stok yükünden kaçınılır (Sugimori vd., 1977: 553-564; Christopher ve Peck, 2004: 1-14).

3.6.2.6. Ürün Çıktı Süresi

Ürün çıktı süresi, bir ürünün üretim hattından tamamlanarak hazır hale gelme süresini ifade eder. Bu sürenin kısa olması, müşteri taleplerine hızlı yanıt verebilmek için kritik bir unsurdur. İleri üretim teknolojileri, süreci hızlandırarak bu sürenin kısalmasına olanak tanır. Bu kriter, özellikle otomotiv, elektronik ve moda gibi hızlı talep değişikliklerine sahip sektörlerde doğrudan performansı etkileyen bir ölçüttür. Örneğin, üretim hattında robotlar ve akıllı sistemler kullanılarak montaj işlemleri daha hızlı yapılır. Akıllı üretim sistemleri sayesinde süreçler birbirine entegre edilerek çıktı süresi optimize edilir. İşletmeler bu sayede daha kısa sürede ürün sunarak pazara hakim olma avantajı elde eder ve müşteri taleplerini daha hızlı karşılayabilir (Dalenogare vd., 2018: 383-394; Zhong vd., 2017: 616-630).

3.6.2.7. Hurda Oranı

Hurda oranı, üretim sürecinde israf edilen malzemelerin oranını ifade eder ve maliyet tasarrufu sağlama, sürdürülebilir üretim sağlama gibi avantajları barındırır. İleri üretim teknolojileri, malzeme israfını minimize ederek hurda oranını düşürür ve çevresel sorumluluğa katkı sağlar. Özellikle inşaat, otomotiv ve metal işleme sektörlerinde hurda oranının düşük tutulması büyük önem taşır. Hurda oranını düşürmek için akıllı sensörler, veri analitiği ve robotlar kullanılır. Akıllı üretim

sistemleri, ham malzemelerin verimli kullanılması için üretim sürecinde anlık verilerden faydalanır. Böylece, atık oranları azaltılır ve işletme maliyetleri düşürülür. Çevresel sürdürülebilirliği destekleyen bu kriter, ileri üretim teknolojilerinde performansın önemli bir göstergesidir (Sanders vd., 2016: 326-331; Müller vd., 2018: 247).

Sonuç olarak, bu 7 kriter, ileri üretim teknolojilerinin performans değerlendirmesinde evrensel olarak kabul edilen temel ölçütlerdir. Bu kriterlerin 4'ü iç, 3'ü ise dış kriterlerden oluşur. Bu kriterler, üretim süreçlerinde maliyet etkinliği, hız, kalite, müşteri memnuniyeti ve çevresel sürdürülebilirlik gibi temel performans hedeflerine doğrudan katkıda bulunur. Sektörel farklılıklara rağmen, bu kriterler hemen hemen tüm ileri üretim teknolojilerinin değerlendirilmesinde kritik öneme sahiptir.

3.6.3. Performans Kriterlerinin Dolaylı Etkilerinin Analizi

İleri üretim teknolojilerinin performansını değerlendirirken, bazı kriterler üretim sürecini doğrudan etkilemese de süreçlerin etkinliği ve maliyet yönetimini optimize ederek dolaylı yoldan katkıda bulunur. Bu kriterlerin belirlenmesi, uzman görüşleri ve mülakat teknikleri kullanılarak yapılmış ve bu yöntemler, kriterlerin üretim süreçleri üzerindeki etkilerini ve önem derecelerini anlamada önemli bir rehber olmuştur. Dolayısıyla, bu kriterler üretim süreçlerinin tamamlayıcı ve destekleyici unsurları olarak değerlendirilir. İleri üretim teknolojilerinin performansını değerlendirmede bu kriterlerin neden dolaylı bir etkiye sahip olduğunu açıklayan detaylı bir inceleme aşağıda sunulmuştur:

3.6.3.1. Girdi Maliyeti

Girdi maliyeti, üretimde kullanılan hammadde malzemelerin maliyetini temsil eder. İleri üretim teknolojileri, girdilerin daha verimli kullanılmasını ve süreçlerin optimizasyonunu sağlayarak bu maliyetleri azaltabilir. Ancak, bu iyileştirme doğrudan üretim hızı, kalite veya ürün çıktı süresi gibi performans ölçütlerini etkilemez. Girdi maliyetinin düşmesi, işletmenin toplam maliyet etkinliğine katkıda bulunur ve uzun vadede finansal sürdürülebilirlik sağlar; ancak üretim sürecindeki diğer faktörler aracılığıyla performansı dolaylı yoldan etkiler (Groover, 2019).

3.6.3.2. Birim Maliyeti

Birim maliyeti, üretilen her birim başına düşen toplam maliyeti ifade eder. İleri üretim teknolojileri, süreçleri daha verimli hale getirerek birim maliyetleri düşürse de, bu etki doğrudan bir hız veya kalite artışına dönüşmez. Birim maliyetin azalması genellikle süreçlerin genel maliyet yapısındaki iyileşme ile ilişkilidir ve maliyet avantajı sağlar. Bu durum, işletmenin rekabet gücünü artırsa da üretim performansını doğrudan değil, dolaylı olarak etkiler (Udo ve Ehie, 1996: 10-21).

3.6.3.3. Malzeme Aktarma Maliyeti

Malzeme aktarma maliyeti, üretim sürecinde malzemelerin taşınması için harcanan maliyetleri kapsar. İleri üretim teknolojileri, taşıma sistemlerini otomatikleştirerek bu maliyetleri düşürebilir. Ancak, bu maliyetin düşmesi üretim hızı veya kalite üzerinde doğrudan bir etkide bulunmaz, daha çok lojistik süreçlerin verimliliğini artırır. Bu nedenle, malzeme aktarma maliyetinin optimizasyonu üretim sürecinin dolaylı iyileştirilmesi ile ilişkilidir (Sugimori vd., 1977: 553-564).

3.6.3.4. Toplam İşlem Hazırlık Zamanı

Toplam işlem hazırlık zamanı, üretim sürecindeki geçişlerin ve ayarlamaların tamamlanması için harcanan süreyi ifade eder. İleri üretim teknolojileri bu süreyi kısaltarak üretim esnekliğini artırabilir. Ancak, bu iyileştirme üretim sürecindeki çıktılar (örneğin, üretim hızı veya kalite) üzerinde doğrudan değil, dolaylı bir etki yaratır. Hazırlık süresinin kısaltılması, üretim döngüsünün genel süresini etkiler, fakat doğrudan bir üretim performansı ölçütü değildir (Lee vd., 2018: 20-23).

3.6.3.5. Fabrika Kullanım Alanı

Fabrika kullanım alanının verimli kullanımı, üretim süreçlerinin daha iyi organize edilmesini ve ek üretim hatlarının kurulmasını kolaylaştırır. İleri üretim teknolojileri, alanın daha verimli kullanılmasını sağlayarak üretim kapasitesini artırabilir. Ancak, bu etki üretim performansına dolaylı yoldan katkı yapar. Fabrika kullanım alanının optimize edilmesi, üretim süreçlerinin daha iyi düzenlenmesini sağlar; fakat üretim hızı ve kalite gibi doğrudan ölçütleri etkilemez (Narkhede, 2017: 1224-1242)

3.6.3.6. Toplam Tasarım Döngü Süresi

Tasarım döngü süresi, bir ürünün konsept aşamasından üretim sürecine geçiş süresini kapsar. İleri üretim teknolojileri, bu süreyi kısaltarak üretime geçişi hızlandırabilir. Ancak, bu kısalma doğrudan üretim hızını veya kaliteyi etkilemez; dolaylı olarak süreçleri hızlandırır ve yeni ürünlerin piyasaya çıkış süresini azaltır. Bu kriter, genel üretim planlamasına ve stratejik esnekliğe katkı sağlar, fakat doğrudan bir üretim performansı ölçütü değildir (Kalpakjian ve Schmid, 2014).

3.6.3.7. Öz Sermaye Karlılığı

Öz sermaye karlılığı, işletmenin genel finansal performansını ve sermaye getirisini gösterir. İleri üretim teknolojilerinin verimliliği artırıp maliyetleri düşürmesi öz sermaye karlılığını artırabilir, ancak bu etki dolaylıdır. Üretim sürecinin kendisinden ziyade, işletmenin genel finansal yapısıyla ilgilidir ve işletme karlılığı üzerinde uzun vadede etkili olur. Dolayısıyla, bu kriter üretim sürecini dolaylı yoldan etkileyen bir finansal göstergedir (Christopher ve Peck, 2004: 1-14).

3.6.3.8. Toplam Depolama Süresi

Toplam depolama süresi, hammaddelerin veya yarı mamullerin depoda bekleme süresini ifade eder. İleri üretim teknolojileri, tedarik zinciri yönetimini optimize ederek depolama sürelerini azaltabilir. Bu gelişme, üretim süreçlerine dolaylı yoldan yansır ve sermaye kullanımını optimize eder. Depolama süresinin azalması, işletme kaynaklarının daha verimli yönetilmesini sağlar; ancak üretim hızı ve kalite üzerinde doğrudan bir etki yaratmaz (Zhong vd., 2017: 616-630)

3.6.3.9. Taşıma Miktarı

Taşıma miktarı, üretim hattındaki malzeme akışını belirler. İleri üretim teknolojileri, malzeme taşımayı optimize ederek lojistik verimliliği artırabilir. Bu iyileştirme, üretim hızı ve kaliteyi doğrudan değil, süreçlerin akıcılığı ve genel verimlilik üzerinden dolaylı olarak etkiler. Taşıma sistemlerinin otomasyonu, lojistik maliyetlerini düşürerek genel üretim sürecini destekler (Sanders vd., 2016: 326-331).

3.6.3.10. Demirbaş Maliyeti

Demirbaş maliyeti, üretim süreçlerinde kullanılan ekipman ve makinelerin maliyetini içerir. İleri üretim teknolojileri, başlangıçta yüksek yatırım gerektirse de, uzun vadede bakım ve işletim maliyetlerini düşürerek maliyet avantajı sağlar. Ancak, bu maliyet düşüşü, üretim hızını ve kaliteyi doğrudan etkilemez; genel maliyet verimliliği üzerinde dolaylı bir etki yaratır (Campbell vd., 2011).

3.6.3.11. Parça Kullanım Maliyeti

Parça kullanım maliyeti, üretimde kullanılan bileşenlerin maliyetini ifade eder. İleri üretim teknolojileri, üretim sırasında malzeme israfını azaltarak parça maliyetlerini düşürür. Ancak bu, doğrudan üretim performans ölçütü değildir; daha çok maliyet yönetimi ile ilgilidir ve maliyetlerin kontrol altına alınması yoluyla performansa dolaylı katkı sağlar (Müller vd., 2018: 247).

3.6.3.12. Yeni Ürün Sunum Hızı

Yeni ürün sunum hızı, üretim hattının esnekliğini ve pazar taleplerine yanıt verme kapasitesini ifade eder. İleri üretim teknolojileri bu hızı artırarak yeni ürünlerin daha hızlı piyasaya sürülmesini sağlar. Bu etki, doğrudan bir üretim performans ölçütü değil, işletmenin rekabet gücünü ve pazar adaptasyonunu dolaylı yoldan etkileyen bir faktördür (Dalenogare vd., 2018: 383-394).

Sonuç olarak, bu 12 kriterin performans üzerindeki etkileri, doğrudan üretim sürecini ölçmek yerine süreçlerin etkinliğini ve maliyet yapısını optimize ederek dolaylı katkılar sağlar. Bu kriterlerin 7'si iç, 5'i ise dış kriterlerden oluşur. Üretim performansını hız ve kalite gibi doğrudan ölçütlerle değerlendirmek yerine, bu kriterler maliyet tasarrufu, kaynak yönetimi ve lojistik verimlilik gibi unsurların iyileştirilmesi yoluyla performansa katkıda bulunur. Bu nedenle, bu kriterler üretim süreçlerinin tamamlayıcı unsurları olarak değerlendirilir ve üretim stratejilerinde dikkate alınması önemlidir.

Bu analizler kapsamında ileri üretim teknolojilerinin performans değerlendirmesinde kullanılan kriterlerin belirlenmesi ve analiz edilmesi süreci, sistematik bir yaklaşımla gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, kapsamlı bir literatür taraması

ve uzman görüşleri doğrultusunda 19 kriter tanımlanmıştır. Daha sonra bu kriterler, iç ve dış faktörler olarak sınıflandırılarak üretim süreçlerine doğrudan ve dolaylı etkileri analiz edilmiştir. Uzman görüşleri ve mülakat teknikleriyle yapılan değerlendirmeler sonucunda, performansı en iyi yansıtan doğrudan etkili kriterler önceliklendirilmiş ve nihai olarak 7 ana kriter (4 iç faktör, 3 dış faktör) seçilmiştir. Bunlar;

İç Kriterler

1. Ürün maliyeti (TL)
2. Bakım maliyeti (%)
3. Kusurlu üretim oranı (%)
4. İmalat işlem hızı (araç/saat)

Dış Kriterler

1. Toplam Stok maliyeti (%)
2. Ürün Çıktı Süresi (araç/saat)
3. Hurda oranı (%)

Bu sürecin tüm aşamaları, aşağıdaki akış şeması ile görselleştirilmiştir:



Şekil 8: Performans Kriterlerinin Analiz Süreci

1. 19 Kriterin Belirlenmesi: Başlangıç Kriterlerinin Tanımlanması

İleri üretim teknolojilerinin performansını değerlendirmek amacıyla, başlangıçta kapsamlı bir kriter havuzu oluşturulmuştur. Bu kriterler, literatür taramaları, sektörel analizler ve uzman görüşleri doğrultusunda tanımlanmış ve ilgili performans

göstergelerini kapsayacak şekilde belirlenmiştir. Amaç, üretim süreçlerini etkileyebilecek tüm potansiyel faktörlerin değerlendirme sürecine dahil edilmesidir.

2. İç ve Dış Faktör Olarak Sınıflandırılması: Kriterlerin İç ve Dış Etkilere Göre Ayrımı

Belirlenen kriterler, işletme içindeki süreçleri doğrudan etkileyen ve kontrol edilebilen unsurlar ile işletme dışındaki çevresel, lojistik ve piyasa koşulları gibi dolaylı etkiler yaratan faktörler olarak iki gruba ayrılmıştır. Bu sınıflandırma, performans değerlendirme sürecinin daha sistematik bir şekilde yürütülmesini ve kriterlerin etkilerinin daha net bir şekilde analiz edilmesini sağlamıştır.

3. Uzman Görüşleri ve Mülakat Tekniklerinin Kullanılması: Kriterlerin Performansa Doğrudan ve Dolaylı Etkilerinin Analiz Edilmesi

Sınıflandırılan kriterlerin performans üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkileri, uzman görüşleri ve mülakat teknikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Uzman görüşleri, kriterlerin genel etkilerini değerlendirirken, mülakat teknikleri, bağlamsal ve sektörel farklılıkların detaylı bir şekilde anlaşılmasını sağlamıştır. Bu süreçte, kriterlerin önceliklendirilmesi ve etkisinin derinlemesine analiz edilmesi hedeflenmiştir.

4. 7 Ana Kriterin Belirlenmesi (4 İç Kriter, 3 Dış Kriter): Performansı En İyi Yansıtan Doğrudan Etkili Kriterlerin Seçilmesi

Yapılan analizler sonucunda, performans üzerinde doğrudan etkili olan yedi ana kriter (dört iç ve üç dış) belirlenmiştir. Bu kriterler, ileri üretim teknolojilerinin üretim süreçlerindeki başarı faktörlerini temsil etmektedir. Doğrudan etkili kriterlerin seçimi, performans değerlendirme sürecini daha odaklı ve etkili hale getirmiştir. Seçilen kriterler, maliyet etkinliği, kalite, hız ve sürdürülebilirlik gibi temel performans göstergelerine odaklanmıştır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4.KEMİRA M YÖNTEMİNİN OTOMOTİV SEKTÖRLERİNDE ROBOT TEKNOLJİSİNİN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE UYGULAMASI

4.1.KEMİRA M YÖNTEMİNİN UYGULAMASI

Bu çalışmada, otomotiv sektöründe robot teknolojisinin performansını değerlendirmek amacıyla, uzmanlarla yapılan görüşmeler sonucunda belirlenen kriterlerin KEMİRA-M yöntemine uygun şekilde önceliklendirilmesi hedeflenmiştir. Bu süreçte, belirlenen kriterlerin analiz edilmesi ve performans değerlendirmesi için en önemli olanların seçilmesi amaçlanmıştır. Bu yaklaşımla, otomotiv üretim süreçlerinde robot teknolojisinin etkinliğini artırmaya yönelik stratejik kararların alınması desteklenmiştir.

4.1.1.Robot Teknolojisinin Performansını Değerlendirmek İçin Belirlenen İç Kriterler

İleri üretim teknolojilerinin genel performansını değerlendirmek amacıyla belirlenen dört iç kriter, otomotiv sektöründe robot teknolojisinin performansını değerlendirmek için de kullanılmıştır. Bu kriterlerin seçilme nedeni, robot teknolojisinin de üretim süreçlerinde hız, maliyet etkinliği, kalite ve verimlilik gibi temel performans göstergeleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmasıdır. Dolayısıyla, bu dört iç kriter, hem genel ileri üretim teknolojileri için hem de spesifik olarak robot teknolojisi uygulamalarının performansını değerlendirmek için uygun ve geçerli bir çerçeve sunmaktadır:

1. Ürün maliyeti: Üretim sürecinin maliyet etkinliğini gösteren bu kriter, robotların toplam maliyet üzerindeki etkisini ölçer. Uzmanlar, ürün maliyetinin optimizasyonunun rekabet gücü ve karlılık açısından önemli olduğunu vurgulamıştır.
2. Bakım maliyeti: Robotların uzun vadeli verimliliği ve sürdürülebilirliği bakım maliyetleri ile doğrudan ilişkilidir. Uzmanlar, düşük bakım maliyetinin işletmenin operasyonel maliyetlerini kontrol

altında tutmak ve robotların etkinliğini korumak için gerekli olduğunu ifade etmiştir.

3. Kusurlu üretim oranı: Üretim kalitesi ve müşteri memnuniyeti açısından kritik olan bu kriter, robotların hassasiyetini ve hatasız üretim kabiliyetini ölçmek için değerlendirilmiştir. Uzmanlar, düşük kusurlu üretim oranının maliyetleri azalttığını ve kalite standartlarını koruduğunu belirtmiştir.

4. İmalat işlem hızı: Robot teknolojilerinin üretim süreçlerine getirdiği en önemli katkılardan biri, üretim hızını artırma yetenekleridir. Uzmanlar, bu kriterin üretim kapasitesi ve verimlilik üzerindeki etkisini vurgulamış ve çalışmada kilit bir öneme sahip olduğunu belirtmiştir.

4.1.2. Robot Teknolojisinin Performansını Değerlendirmek İçin Belirlenen Dış Kriterler

İleri üretim teknolojilerinin performansını değerlendirmek amacıyla belirlenen 3 dış kriterin, otomotiv sektöründe robot teknolojilerinin performansını değerlendirmek için de kullanılmıştır:

1. Toplam stok maliyeti: Uzmanlar, robotların üretim sürecini hızlandırarak stok sürelerini kısaltabileceğini ve böylece toplam stok maliyetlerinin düşmesini sağladığını belirtmiştir. Bu kriter, maliyet etkinliği ve sermaye kullanımı açısından önemli bulunmuştur.

2. Ürün çıktı süresi: Üretim sürecinin hızını ve robot teknolojisinin üretim kapasitesine katkısını ölçen bu kriter, uzmanlar tarafından üretim hattının genel verimliliğini değerlendirmek açısından en kritik dış kriter olarak belirlenmiştir.

3. Hurda oranı: Üretim sürecinde oluşan hurda oranı, robot teknolojilerinin hassasiyetini ve üretim kalitesini yansıtır. Uzmanlar, düşük hurda oranının maliyet tasarrufu ve sürdürülebilir üretim süreçleri açısından önemli olduğunu vurgulamıştır.

Sonuç olarak, bu çalışmada otomotiv sektöründe robot teknolojisinin performansını doğrudan etkileyen iç ve dış kriterler belirlenmiş ve bu kriterler,

KEMIRA-M yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu yöntem, üretim süreçlerinin etkinliğini ve verimliliğini artırmaya yönelik stratejik kararların alınmasına katkı sağlamıştır. Uzman görüşlerine dayalı olarak seçilen dört iç kriter (ürün maliyeti, bakım maliyeti, kusurlu üretim oranı, imalat işlem hızı) ve üç dış kriter (toplam stok maliyeti, ürün çıktı süresi, hurda oranı), robot teknolojisinin üretim üzerindeki doğrudan etkilerini kapsamlı bir şekilde analiz etmeye olanak tanımıştır. Bu kriterler, robot teknolojisinin üretim süreçlerinde maliyet etkinliği, kalite kontrolü ve üretim hızı gibi temel performans göstergelerine doğrudan katkıda bulunmuştur. Çalışmanın sonuçları, KEMIRA-M yöntemi ile yapılan bu değerlendirmede, robot teknolojisinin performansını ölçmede stratejik planlamalar ve işletmelerin rekabet gücünü artırmak için kritik bir temel oluşturduğunu ortaya koymuştur.

4.1.3.Robot Teknolojisinin Performansını Değerlendirmek için Dahil Edilmeyen Kriterlerin Gerekçelendirilmesi

Dahil edilmeyen kriterlerin her biri, robot teknolojilerinin performansını etkileme potansiyeline sahip olmasına rağmen, bazıları daha dolaylı bir etkiye sahip olduğu veya diğer kriterler kadar belirleyici bulunmadığı için dışarıda bırakılmıştır. Aşağıda, değerlendirme dışı bırakılan iç ve dış kriterler ile bunların neden dahil edilmediği açıklanmaktadır:

4.1.3.1.Dahil Edilmeyen İç Kriterler ve Gerekçeleri

1. Girdi maliyeti:

Gerekçe: Girdi maliyeti, üretim sürecinde kullanılan malzemelerin maliyetini yansıtmaktadır. Ancak, robot teknolojisinin performansı doğrudan girdilerin maliyeti ile değil, bu girdilerin ne kadar etkin ve verimli kullanıldığı ile ilişkilidir. Uzman görüşleri, bu kriterin robot performansını değerlendirmek için dolaylı etkiye sahip olduğunu ve diğer öncelikli kriterlerin daha belirleyici olduğunu ortaya koymuştur.

2. Birim maliyeti :

Gerekçe: Birim maliyeti, üretim sürecinin toplam maliyetini yansıtan önemli bir gösterge olsa da, robot teknolojisinin spesifik performansını değerlendirmede dolaylı kalmaktadır. Uzmanlar, üretim hızı ve kalite gibi doğrudan etkili faktörlerin önceliklendirilmesinin daha uygun olduğunu belirtmiştir.

3. Malzeme aktarma maliyeti :

Gerekçe: Malzeme aktarma maliyeti, lojistik süreçleri ve malzeme hareketleri ile ilgilidir. Robot teknolojileri bu süreçleri optimize edebilse de, uzmanlar bu kriterin robot performansını doğrudan değerlendirmek için daha az kritik olduğunu vurgulamıştır.

4. Toplam işlem hazırlık zamanı:

Gerekçe: İşlem hazırlık zamanı, robotların farklı üretim süreçlerine geçiş yapma hızını ve esnekliğini ölçer. Uzman görüşleri, bu kriterin önemli olmakla birlikte, diğer kriterlerin robot performansını değerlendirmede daha belirleyici olduğunu göstermiştir.

5. Fabrika kullanım alanı:

Gerekçe: Fabrika alanının verimli kullanımı, robotların performansına dolaylı bir katkı sağlar. Uzmanlar, bu kriterin robot teknolojilerinin doğrudan üretim performansı ve verimliliği ile karşılaştırıldığında daha az kritik olduğunu belirtmiştir.

6. Toplam tasarım döngü süresi:

Gerekçe: Bu kriter, yeni ürünlerin tasarım ve geliştirme süresini ifade eder. Robot teknolojilerinin performansı daha çok üretim aşamasındaki hız ve kalite ile ölçüldüğü için uzmanlar, bu kriterin doğrudan üretim performansını yansıtmadığını ifade etmiştir.

7. Öz sermaye karlılığı:

Gerekçe: Öz sermaye karlılığı, işletmenin genel finansal performansını ölçen bir göstergedir. Uzman görüşleri, bu kriterin robot teknolojisinin doğrudan performansını değerlendirmek için yeterince spesifik olmadığını ortaya koymuştur.

4.1.3.2.Dahil Edilmeyen Dış Kriterler ve Gerekçeleri

1. Toplam depolama süresi:

Gerekçe: Depolama süresi, üretim sürecinin lojistik boyutunu yansıtır ve robot teknolojilerinin doğrudan performansı ile ilişkilendirilmesi sınırlıdır. Uzman görüşleri, bu kriterin robot performansını ölçmek için daha az kritik olduğunu vurgulamıştır.

2. Taşıma miktarı :

Gerekçe: Üretim hattında taşınan malzeme miktarını gösterir. Uzmanlar, robot teknolojilerinin üretim verimliliği üzerindeki dolaylı etkisini göz önünde bulundurarak, diğer dış kriterlerin daha belirleyici olduğunu belirtmiştir.

3. Demirbaş maliyeti:

Gerekçe: Üretim sürecinde kullanılan demirbaşların maliyeti, genel maliyet etkinliğini etkileyebilir. Ancak, uzmanlar bu kriterin robot teknolojisinin performansını doğrudan değerlendirmede kritik bir rol oynamadığını ifade etmiştir.

4. Parça kullanım maliyeti:

Gerekçe: Parça kullanım maliyeti, üretimde kullanılan parçaların maliyetini temsil eder ve dolaylı bir etkiye sahiptir. Uzman görüşleri, robot teknolojilerinin doğrudan performansını değerlendirmek açısından bu kriterin daha az önemli olduğunu vurgulamıştır.

Bu analizler sonucunda belirlenen kriterler, Tablo 4'te görüldüğü gibi iç ve dış faktörler olarak gösterilmiştir.

Tablo 4: Alternatif Değerlendirme Kriterleri

İç Kriterler	Dış Kriterler
X₁ - Ürün maliyeti (TL)	Y₁ - Toplam Stok maliyeti (%)
X₂ - Bakım maliyeti (%)	Y₂ - Ürün Çıktı Süresi (araç/saat)
X₃ - Kusurlu üretim oranı (%)	Y₃ - Hurda oranı (%)
X₄ - İmalat işlem hızı (araç/saat)	

Otomotiv sektöründe robot teknolojisinin performansını değerlendirmek için seçilen iç ve dış kriterler, robotların üretim süreçlerine olan katkılarını ve etkinliğini en iyi şekilde yansıtmaktadır. Aşağıda, her bir kriterin neden önemli olduğu kısaca açıklanmaktadır:

İç faktörler $X = (x_1, x_2, x_3, x_4)$ şeklinde gösterilmektedir.

x_1 - Ürün maliyeti (TL): Ürün maliyeti, üretim sürecinin ekonomik verimliliğini ve robot teknolojilerinin maliyet etkinliğini ölçen kritik bir göstergedir. Robotlar, üretim süreçlerinde iş gücü ve malzeme tasarrufu sağlayarak ürün maliyetlerini düşürebilir, bu da işletmenin rekabet avantajını artırır.

x_2 -Bakım maliyeti (%): Robot teknolojilerinin sürdürülebilirliği ve uzun vadeli kullanımı bakım maliyetleri ile doğrudan ilişkilidir. Düşük bakım maliyetleri, robotların operasyonel verimliliğini koruyarak toplam maliyetlerin azaltılmasına katkı sağlar. Bu nedenle, bu kriter robotların performansını ve ekonomik sürdürülebilirliğini ölçmek için önem taşır.

x_3 -Kusurlu üretim oranı (%): Robot teknolojilerinin hassasiyeti ve tekrarlanabilirlik kapasitesi, üretim süreçlerindeki hatalı ürün sayısını doğrudan etkiler. Düşük kusurlu üretim oranı, kalite kontrolü ve müşteri memnuniyeti açısından kritik öneme sahiptir. Bu kriter, robotların üretim kalitesini değerlendirmek için temel bir ölçüt olarak kabul edilir.

x_4 -İmalat işlem hızı (araç/saat): İmalat işlem hızı, robot teknolojilerinin üretim süreçlerini hızlandırma yeteneğini gösterir. Yüksek üretim hızı, üretim kapasitesini ve üretim hattının genel verimliliğini artırır. Bu kriter, robot teknolojilerinin zaman tasarrufu ve üretkenlik üzerindeki etkisini ölçmek için önemli bir göstergedir.

Dış faktörler $Y = (y_1, y_2, y_3)$ şeklinde gösterilmektedir.

y_1 - Toplam stok maliyeti (%): Stok maliyetleri, üretim süreçlerindeki sermaye kullanımını ve maliyet etkinliğini doğrudan etkiler. Robot teknolojilerinin üretim sürecini hızlandırması, stok sürelerini ve buna bağlı maliyetleri azaltarak genel operasyonel maliyetlerin düşmesine katkıda bulunur.

y_2 - Ürün çıktı süresi (araç/saat): Ürün çıktı süresi, üretim hattının ne kadar verimli çalıştığını ve robot teknolojisinin üretim sürecine ne ölçüde katkıda bulunduğunu gösterir. Kısa ürün çıktı süreleri, üretim hattının verimliliğini artırarak müşteri taleplerinin zamanında karşılanmasını sağlar.

y_3 - Hurda oranı (%): Üretim sürecinde oluşan hurda oranı, robot teknolojilerinin üretim hassasiyetini ve verimliliğini yansıtan bir diğer önemli kriterdir. Düşük hurda

oranı, malzeme israfını azaltır ve üretim maliyetlerini düşürür, bu da sürdürülebilir üretim süreçleri için önemlidir.

Bu tez çalışmasında, ileri üretim teknolojilerinden olan robot teknolojisinin performansını değerlendirmek amacıyla belirlenen kriterler, konusunda uzman kişiler tarafından öncelik sıralamasına tabi tutulmuştur. Bu değerlendirme süreci, otomotiv sektöründe deneyimli olan beş uzmanın katkılarıyla gerçekleştirilmiş ve kriterler arasında önceliklendirme sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 5'te sunulmuştur. Tablo 5'te yer alan değerler, önem sıralamasına göre artan bir sıralamayı temsil etmektedir, bu doğrultuda 1 ile gösterilen değerler, en yüksek öneme sahip kriterleri belirtirken, sayılar arttıkça önemin azaldığı anlamına gelmektedir.

Tablo 5: Beş Uzman Grup Tarafından Belirlenen Kriterlerin Öncelik Sıralaması

Uzman Grupları	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y ₁	Y ₂	Y ₃
1	2	4	3	1	1	2	3
2	4	3	2	1	2	1	3
3	3	4	2	1	1	2	3
4	3	4	1	2	3	1	2
5	3	4	2	1	2	1	3

Tablo 5'te uzmanlar tarafından belirlenen kriterlerin önceliklerin sıralaması aşağıda gösterilmiştir.

$$(U_1) \quad x_4 > x_1 > x_3 > x_2 \quad y_1 > y_2 > y_3$$

$$(U_2) \quad x_4 > x_3 > x_2 > x_1 \quad y_2 > y_1 > y_3$$

$$(U_3) \quad x_4 > x_3 > x_1 > x_2 \quad y_1 > y_2 > y_3$$

$$(U_4) \quad x_3 > x_4 > x_1 > x_2 \quad y_2 > y_3 > y_1$$

$$(U_5) \quad x_4 > x_3 > x_1 > x_2 \quad y_2 > y_1 > y_3$$

Tablo 6'da, araştırmada kullanılan robot teknolojisi alternatifleri için 7 kriteri içeren bir karar matrisi oluşturulmuştur. Bu alternatifler, otomotiv sektörünün üretim sürecinde yaygın olarak kullanılan robot markaları arasından seçilmiştir. Her bir robot

markasının tasarımı, otomotiv endüstrisindeki üretim süreçlerini optimize etmek, hızlı ve hassas işlemler gerçekleştirmek ve operatör güvenliğini sağlamak amacıyla özel olarak geliştirilmiştir. Bu robotlar, otomotiv üretiminde kritik roller üstlenir ve endüstriyel otomasyonun temelini oluştururlar.

Her bir alternatif robot markasının iç ve dış kriterlerine ilişkin değerler, ilgili robot markalarını üretim hattında kullanan otomotiv sektöründeki uzmanlarla gerçekleştirilen görüşmelerin, yıllık ve aylık değerlendirmelerin sonuçlarına dayanılarak elde edilmiştir.

Tablo 6: Başlangıç Karar Matrisi

Alternatifler	Kriterler						
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y ₁	Y ₂	Y ₃
A ₁	50000	5	0,5	120	10	138	0,3
A ₂	55000	5,5	0,6	115	9,5	129	0,4
A ₃	48000	4,8	0,4	125	10,2	141	0,2
A ₄	52000	5,2	0,5	118	9,8	135	0,3

Bazı kriterlerin yüksek değerlere sahip olması, işletme açısından istenmeyen bir durumu temsil eder. Bu minimizasyon kriterlerinin değerleri, $(1/x_j^{(i)}, 1/y_{j'}^{(i)})$ formatında ifade edilerek çalışmada kullanılmıştır.

Her bir iç ve dış kriterin değerlerinin yüksek ve düşük olması gerekliliği aşağıda belirtilmiştir.

İç kriterler;

x_1 -Ürün Maliyeti: Düşük (Maliyet etkinliği sağlamak için)

x_2 -Bakım Maliyeti: Düşük (Operasyonel maliyetlerin azaltılması için)

x_3 -Kusurlu Üretim Oranı: Düşük (Kalite ve müşteri memnuniyeti için)

x_4 -İmalat İşlem Hızı: Yüksek (Üretim verimliliği için)

Dış kriterler;

Y₁ -Toplam Stok Maliyeti: Düşük (Maliyet etkinliği ve sermaye kullanımı için)

Y₂ -Ürün Çıktı Süresi: Yüksek (Hızlı ürün teslimi için)

Y₃ -Hurda Oranı: Düşük (Verimlilik ve maliyet etkinliği için)

İç kriterlerden x₁, x₂, x₃ ve dış kriterlerden y₁, y₃ değerlerinin yüksek olması işletme açısından istenmeyen durum oluşturduğundan, bu değerler $(1/x_j^{(i)}, 1/y_{j'}^{(i)})$ formatında ifade edilerek Tablo 7 oluşturulmuştur.

Tablo 7: Kriterlerin Maksimizasyon ve Minimizasyon Durumuna Göre Düzenlenmiş Veriler

	Kriterler						
Alternatifler	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y ₁	Y ₂	Y ₃
A ₁	0,00002	0,2	2	120	0,1	138	3,333
A ₂	0,000018	0,182	1,67	115	0,1053	129	2,5
A ₃	0,000021	0,208	2,5	125	0,098	141	5
A ₄	0,000019	0,192	2	118	0,102	135	3,333

Tablo 7'deki veriler kullanılarak 4 alternatif için, Eşitlik (3) yardımıyla kriter değerlerinin normalizasyonu gerçekleştirilmiş ve Tablo 8 oluşturulmuştur. Normalize edilmiş kriter değerleri, [0; 1] aralığında yer almalıdır.

$$x_j^{(i)*} = \frac{x_j^{(i)} - x_{\min}^{(i)}}{x_{\max}^{(i)} - x_{\min}^{(i)}}, y_j^{(i)*} = \frac{y_j^{(i)} - y_{\min}^{(i)}}{y_{\max}^{(i)} - y_{\min}^{(i)}}, i = 1, 2, 3 \dots K$$

Tablo 8: Normalize Edilmiş Karar Matrisi

	Kriterler						
Alternatifler	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y ₁	Y ₂	Y ₃
A ₁	0,667	0,692	0,398	0,5	0,274	0,75	0,3332
A ₂	0	0	0	0	1	0	0
A ₃	1	1	1	1	0	1	1
A ₄	0,333	0,385	0,398	0,3	0,548	0,5	0,3332

4.2.KEMENY MEDYAN YÖNTEMİ İLE KRİTER ÖNCELİKLERİNİN BELİRLENMESİ

KEMIRA yöntemi, uzmanların görüşlerinden yararlanarak kriterlerin öncelik sırasını belirlemek amacıyla Kemeny Medyan Yöntemi'ni kullanır. Bu süreçte, iç faktörler $X = (x_1, x_2, x_3, x_4)$ olmak üzere 4 adet iç kriter için medyan sıralama bulunur. İç kriterlerin medyan sıralaması, 4 kriter için teorik olarak mümkün olan $4!=24$ farklı sıralama seçeneği arasından hesaplanır. Benzer şekilde, dış faktörler $Y = (y_1, y_2, y_3)$ olmak üzere 3 adet dış kriter için medyan sıralama belirlenir. Bu medyan sıralama, 3 kriter için mümkün olan $3!=6$ farklı sıralama seçeneği arasından seçilir.

Medyan sıralama belirlendikten sonra, bu sıralama temel alınarak her bir kriter için ağırlıklı ortalama hesaplaması yapılır. Aşağıdaki formüller, iç ve dış kriterler için ağırlıklı değerlerin hesaplanmasını gösterir:

$$X_{W_X} = W_{X_1}X_1^* + W_{X_2}X_2^* + W_{X_3}X_3^* + W_{X_4}X_4^* , W_X = (W_{X_1}, W_{X_2}, W_{X_3}, W_{X_4})$$

$$X_{W_Y} = W_{Y_1}Y_1^* + W_{Y_2}Y_2^* + W_{Y_3}Y_3^* + W_{Y_4}Y_4^* , W_Y = (W_{Y_1}, W_{Y_2}, W_{Y_3})$$

Örneğin, medyan sıralama sonucunda iç kriterler için medyan öncelik sıralaması şu şekilde elde edilsin: $x_4 > x_1 > x_3 > x_2$. Bu durumda, kriterlerin ağırlıkları da bu öncelik sıralamasına göre belirlenir. En önemli kriter olan x_4 'a daha yüksek bir ağırlık atanırken, sıralamada daha düşük öneme sahip olan x_2 'e daha düşük bir ağırlık verilir. Kriterlerin ağırlıklarının toplamı 1 olacak şekilde normalize edilerek aşağıdaki gibi oluşturulur:

$$W_{X_4} \geq W_{X_1} \geq W_{X_3} \geq W_{X_2} , W_{X_4} + W_{X_1} + W_{X_3} + W_{X_2} = 1$$

Bu şekilde belirlenen ağırlıklar, kriterlerin göreceli önemini yansıtarak alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılır. Ağırlıklandırma sürecinde, kriterlerin önem sırası dikkate alınarak her bir kritere uygun bir ağırlık değeri atanmış olur.

4.2.1.X Faktörü için Medyan Belirleme

KEMIRA yöntemine göre, ilk aşamada Kemeny Medyan yöntemi, Tablo 5'te yer alan iç ve dış faktörlere ait kriter önceliklerine uygulanır. $X = (x_1, x_2, x_3, x_4)$, $Y = (y_1, y_2, y_3)$ kriterleri Tablo 5'te gösterildiği üzere, beş uzmanın belirlediği öncelik

sırasına dayalı olarak kriterler belirlenmiştir. X faktörü (iç faktörler) için, beş uzman tarafından yapılan kriter öncelik sıralamaları sunulmuştur. (U₁) $x_4 > x_1 > x_3 > x_2$

$$(U_2) \quad x_4 > x_3 > x_2 > x_1$$

$$(U_3) \quad x_4 > x_3 > x_1 > x_2$$

$$(U_4) \quad x_3 > x_4 > x_1 > x_2$$

$$(U_5) \quad x_4 > x_3 > x_1 > x_2$$

$$a_{j'k} = \begin{cases} 0, & \text{eğer } x_{j'} < x_k \\ 1, & \text{eğer } x_{j'} > x_k \end{cases} \quad r = 1, 2, \dots, 5 \text{ şeklinde olan } A^{(r)} = (a_{jk})_{4 \times 4} \text{ kare}$$

matris şeklinde de yazılabilir.

Uzmanların görüşleri doğrultusunda oluşturulan kriter öncelik matrisleri $A^{(r)} = (a_{jk})_{4 \times 4}$ Eşitlik () kullanılarak elde edilir. Bu matrisin köşegen elemanları sıfıra eşittir. $x_{j'j'} = 0, j' = 1, 2, 3, 4$. Ayrıca $a_{j'k} = 1 - a_{kj'}, j' \neq k$ 'dır.

Birinci uzman (U₁) tarafından oluşturulan x_1 - x_4 kriterlerinin önceliği

$$A_X^{(1)} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \text{ şeklinde bulunur.}$$

Diğer uzmanlar tarafından oluşturulan kriter öncelik matrisleri de benzer şekilde aşağıda sunulmuştur.

$$A_X^{(2)} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad A_X^{(3)} = A_X^{(5)} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad A_X^{(4)} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Beş uzman tarafından tanımlanan $A^1, A^2, \dots, A^5$ öncelik matrisleri oluşturulacaktır. Bu çalışmada $n=4$ olduğundan, medyan $A^M = \|a_{j'k}\|_{4 \times 4}$ matrisi $4! = 24$ olası matris arasından araştırılmaktadır. Ancak bu 24 olası seçeneğin incelenmesi oldukça zaman alıcı olduğundan, arama alanı daraltılmaya çalışılmaktadır. Eğer 5

matrisin tüm j' ve k indeksine sahip elemanları eşitse, bu durumda $a_{j'k}^{(M)} = a_{j'k}^{(1)} = a_{j'k}^{(2)} = \dots = a_{j'k}^{(5)}$ olmaktadır.

$$A^{(M)} = \begin{bmatrix} 0 & a_{12} & a_{13} & 0 \\ a_{21} & 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & 1 & 0 & a_{34} \\ 1 & 1 & a_{43} & 0 \end{bmatrix}, \text{ elde edilen medyan matrisinin elemanlarının sadece 3}$$

tanesi bilinmemektedir, çünkü $a_{j'k} + a_{kj'} = 1$ ve $j' \neq k$ özdeşlikleri basit yönlü diyagram matrisi için geçerlidir (Krylovas, 2016: 57).

Bu nedenle $a_{21} = 1 - a_{12}$, $a_{31} = 1 - a_{13}$ ve $a_{43} = 1 - a_{34}$ olmak üzere ve $j' \neq k$ durumu göz önünde bulundurularak, 8 olası matris arasından medyan araştırılabilir.

$$\begin{aligned} A^1 &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} & A^2 &= \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} & A^3 &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} & A^4 &= \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \\ A^5 &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} & A^6 &= \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} & A^7 &= \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} & A^8 &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Eşitlik (5) kullanılarak,

$$p(A^{(r)}, A^{(s)}) = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^m |a_{jk}^{(r)} - a_{jk}^{(s)}|$$

$$\sum_{s=1}^5 p(A^1, A^{(s)}) = 12$$

$$\sum_{s=1}^5 p(A^2, A^{(s)}) = 18$$

$$\sum_{s=1}^5 p(A^3, A^{(s)}) = 18$$

$$\sum_{s=1}^5 p(A^4, A^{(s)}) = 2 + 2 + 0 + 2 + 0 = 6$$

$$\sum_{s=1}^5 p(A^5, A^{(s)}) = 24$$

$$\sum_{s=1}^5 p(A^6, A^{(s)}) = 12$$

$$\sum_{s=1}^5 p(A^7, A^{(s)}) = 12$$

$$\sum_{s=1}^5 p(A^8, A^{(s)}) = 18$$

Yukarıda verilen değerlere göre, en düşük toplam değer A^4 matrisinde elde edilmektedir. Bu durumda, 5 uzman görüşü arasından en iyisini temsil eden medyan değer, iç faktörlerin tercih sıralamasına göre $U_3 = U_5 = (4,3,1,2)$ olarak belirlenmiştir; bu sıralama $x_4 > x_3 > x_1 > x_2$ şeklinde ifade edilmektedir. Bu bağlamda, en yüksek öncelik imalat işlem hızına verilmiş olup, bunu sırasıyla kusurlu üretim oranı, ürün maliyeti ve bakım maliyeti takip etmektedir.

Her bir alternatif için Eşitlik ()'deki gibi ağırlıklı ortalama değerleri yazılır.

$$X_{W_x}(a) = \sum_{j=1}^4 w_{x_j} x_j^*(a) = w_{x_1} x_1^*(a) + w_{x_2} x_2^*(a) + w_{x_3} x_3^*(a) + w_{x_4} x_4^*(a)$$

Burada ağırlıklar $w_{x_1}, w_{x_2}, w_{x_3}, w_{x_4}$

$w_{x_4} \geq w_{x_3} \geq w_{x_1} \geq w_{x_2} \geq 0$ ve $w_{x_1} + w_{x_2} + w_{x_3} + w_{x_4} = 1$ şartlarını sağlar.

4.2.2.Y Faktörü için Medyan Belirleme

KEMIRA yöntemine göre, ilk aşamada kriterlerin öncelik sıralamalarını belirlemek için Kemeny Medyan yöntemi uygulanmaktadır. Bu süreçte, Tablo 2'deki veriler kullanılarak iç ve dış faktörler arasındaki kriter öncelikleri belirlenmektedir. X kriterinin öncelik sıralaması $X = (x_1, x_2, x_3, x_4)$ ve Y kriterinin öncelik sıralaması $Y = (y_1, y_2, y_3)$ olarak 5 uzman tarafından belirlenmiştir. Uzmanlar, kendi değerlendirmelerine dayanarak kriterlerin öncelik sıralamasını belirlemişlerdir.

Y faktörü (dış faktörler) için, beş uzman tarafından oluşturulan kriter öncelik sıralaması aşağıda gösterilmiştir.

$$(U_1) \quad y_1 > y_2 > y_3$$

$$(U_2) \quad y_2 > y_1 > y_3$$

$$(U_3) \quad y_1 > y_2 > y_3$$

$$(U_4) \quad y_2 > y_3 > y_1$$

$$(U_5) \quad y_2 > y_1 > y_3$$

$$a_{j'k} = \begin{cases} 0, & \text{eğer } y_{j'} < y_k \\ 1, & \text{eğer } y_{j'} > y_k \end{cases} \quad r = 1, 2, \dots, 5 \text{ şeklinde olan } A^{(r)} = (a_{jk})_{3 \times 3} \text{ kare}$$

matris şeklinde de yazılabilir.

Uzmanların görüşleri doğrultusunda oluşturulan kriter öncelik matrisleri $A^{(r)} = (a_{jk})_{3 \times 3}$ Eşitlik () kullanılarak elde edilir.

$$A_y^1 = A_y^3 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad A_y^2 = A_y^5 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad A_y^4 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Bu çalışmada $m=4$ olduğundan, medyan $A^M = \|a_{j'k}\|_{3 \times 3}$ matrisi $3!=6$ olası matris içinden araştırılmalıdır.

$$y_1 > y_2 > y_3; \quad A^1 = A^3 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad y_2 > y_3 > y_1; \quad A^4 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$y_2 > y_1 > y_3; \quad A^2 = A^5 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad y_1 > y_3 > y_2; \quad A^6 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$y_3 > y_2 > y_1; \quad A^7 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad y_3 > y_1 > y_2; \quad A^8 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Eşitlik (5) kullanılarak,

$$p(A^{(r)}, A^{(s)}) = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^m |a_{jk}^{(r)} - a_{jk}^{(s)}|$$

$$\sum_{s=1}^5 p(A^1, A^{(s)}) = 0 + 2 + 0 + 4 + 0 = 8$$

$$\sum_{s=1}^5 p(A^2, A^{(s)}) = 2 + 0 + 2 + 2 + 0 = 6$$

$$\sum_{s=1}^5 p(A^3, A^{(s)}) = 0 + 2 + 0 + 4 + 2 = 8$$

$$\sum_{s=1}^5 p(A^4, A^{(s)}) = 4 + 2 + 4 + 0 + 2 = 12$$

$$\sum_{s=1}^5 p(A^5, A^{(s)}) = 2 + 0 + 2 + 2 + 0 = 6$$

$$\sum_{s=1}^5 p(A^6, A^{(s)}) = 2 + 4 + 2 + 6 + 4 = 18$$

$$\sum_{s=1}^5 p(A^7, A^{(s)}) = 6 + 4 + 6 + 2 + 4 = 22$$

$$\sum_{s=1}^5 p(A^8, A^{(s)}) = 4 + 6 + 4 + 4 + 6 = 24$$

En düşük toplam değerin A^2 ve A^5 matrislerinde elde edildiği görülmüştür. Bu durumda, beş uzman görüşü arasından en iyisini temsil eden medyan değer, iç faktörlerin tercih sıralamasında $U_2=U_5=(2,1,3)$ veya $y_2 > y_1 > y_3$ şeklinde belirlenmiştir. En yüksek öncelik ürün çıktı süresine verilmiş olup, bunu sırasıyla toplam stok maliyeti ve hurda oranı takip etmektedir. Her bir alternatif için ağırlıklı ortalama değerleri, Eşitlik (20)'de belirtilen formülasyon doğrultusunda hesaplanmıştır.

$$X_{W_y}(a) = \sum_{j=1}^3 w_{y_j} y_j^*(a) = w_{y_1} y_1^*(a) + w_{y_2} y_2^*(a) + w_{y_3} y_3^*(a)$$

Burada ağırlıklar $w_{y_1}, w_{y_2}, w_{y_3}$

$w_{y_2} \geq w_{y_1} \geq w_{y_3} \geq 0$ ve $w_{y_1} + w_{y_2} + w_{y_3} = 1$ şartlarını sağlar.

4.2.3.Modifiye Edilmiş Sıralama Uygunluk Göstergesi (Indicator Rank Accordance) Yöntemi ile Ağırlıkların Hesaplanması ve Alternatiflerin Sıralanması

Kriter öncelikleri belirlendikten sonra, kriter ağırlıkları Sıralama Uygunluk Göstergesi yöntemi kullanılarak hesaplanmaktadır. $w_{x_4} \geq w_{x_3} \geq w_{x_1} \geq w_{x_2} \geq 0$ ve $w_{y_1} \geq w_{y_2} \geq w_{y_3} \geq 0$ koşulları sağlayan $w_{x_j}, w_{y_{j'}}, \in [0; 1]$ ağırlıklı katsayıları bulunur. Tablo 9 ve Tablo 10'da $w_{x_j}, w_{y_{j'}}$ 'nin olası ağırlıklı katsayı değerleri gösterilmiştir. Tablo 9'da görüldüğü gibi, $w_{x_1} + w_{x_2} + w_{x_3} + w_{x_4} = 1$ ve $w_{x_4} \geq w_{x_3} \geq w_{x_1} \geq w_{x_2} \geq 0$ koşullarını sağlayacak şekilde kriter ağırlıklarının tablosu oluşturulur. Burada en önemli kriterin alacağı en büyük ağırlık değeri 1 olmak zorundadır. Tablo 9 oluşturulurken kriterlerin ağırlık sıralaması ve ağırlıklarının

toplamı 1'e eşit olma kuralı dikkate alınarak w_{x_j} ağırlıklarının olası durumları elde edilir. $w_{x_j} \in [0; 1]$ kriterinin ağırlıklarının katsayısının $0 \leq w_{x_j} \leq 1$ aralığında olduğuna da dikkat edilmelidir. Benzer şekilde, Tablo 10 da aynı prensipler doğrultusunda Tablo 9 ile paralel şekilde oluşturulmuştur.

Tablo 9: $w_{x_4} \geq w_{x_3} \geq w_{x_1} \geq w_{x_2} \geq 0$ Koşulunu Sağlayan w_{x_j} Ağırlıklarının Olası Durumları

No	w_{x_2}	w_{x_1}	w_{x_3}	w_{x_4}	Toplam
1	0	0	0	1	1
2	0	0	0,1	0,9	1
3	0	0	0,2	0,8	1
4	0	0,1	0,1	0,8	1
5	0	0	0,3	0,7	1
6	0	0,1	0,2	0,7	1
7	0,1	0,1	0,1	0,7	1
8	0	0	0,4	0,6	1
9	0	0,1	0,3	0,6	1
10	0	0,2	0,2	0,6	1
11	0,1	0,1	0,2	0,6	1
12	0	0	0,5	0,5	1
13	0	0,1	0,4	0,5	1
14	0	0,2	0,3	0,5	1
15	0,1	0,1	0,3	0,5	1
16	0,1	0,2	0,2	0,5	1
17	0	0,2	0,4	0,4	1
18	0,1	0,1	0,4	0,4	1
19	0	0,3	0,3	0,4	1
20	0,1	0,2	0,3	0,4	1
21	0,2	0,2	0,2	0,4	1
22	0,1	0,3	0,3	0,3	1
23	0,2	0,2	0,3	0,3	1

Tablo 10: $w_{y_2} \geq w_{y_1} \geq w_{y_3} \geq 0$ Koşulunu Sağlayan w_{y_j} Ağırlıklarının Olası Durumları

No	w_{y_2}	w_{y_1}	w_{y_3}	Toplam
1	1	0	0	1
2	0,9	0,1	0	1
3	0,8	0,2	0	1
4	0,8	0,1	0,1	1
5	0,7	0,3	0	1
6	0,7	0,2	0,1	1
7	0,6	0,4	0	1
8	0,6	0,3	0,1	1
9	0,6	0,2	0,2	1
10	0,5	0,5	0	1
11	0,5	0,4	0,1	1
12	0,5	0,3	0,2	1
13	0,4	0,4	0,2	1
14	0,4	0,4	0,3	1

Eşitlik (11) kullanılarak tüm olası ağırlıklar için $F(X,Y)$ fonksiyon değerleri hesaplanmış ve bu hesaplamalar sonucunda Tablo 11 oluşturulmuştur. Bu tabloda, hesaplanan değerlerin en küçüğü dikkate alınmıştır. Tablo 11 oluşturulurken, Tablo 8’de yer alan normalize edilmiş karar matrisinden ve Tablo 9 ile Tablo 10’de verilen ağırlıkların olası durumlarından yararlanılmıştır.

Tablo 11: Tüm Olası Ağırlıklar İçin $F(X,Y)$ Fonksiyonun Değerleri

	1	2	3	4	5	6	7	En Küçük Değerler
1	0,45	0,4272	0,6044	0,38884	0,7816	0,56604	0,9588	0,38884
2	0,4504	0,4276	0,6048	0,38924	0,782	0,56644	0,9592	0,38924
3	0,4508	0,428	0,6052	0,38964	0,7824	0,56684	0,9596	0,38964
4	0,4304	0,4076	0,5848	0,36924	0,762	0,54644	0,9392	0,36924
5	0,4512	0,4376	0,6056	0,3926	0,7828	0,56724	0,96	0,3926
6	0,4308	0,408	0,5852	0,36964	0,7624	0,54684	0,9396	0,36964
7	0,4027	0,3799	0,5571	0,34154	0,7343	0,51874	0,9115	0,34154
8	0,4516	0,4576	0,606	0,4126	0,7832	0,56764	0,9604	0,4126
9	0,5966	0,749	0,9014	0,70732	1,0538	0,85972	1,2062	0,5966
10	0,4108	0,3908	0,5652	0,34964	0,7424	0,52684	0,9196	0,34964
11	0,4031	0,3935	0,5575	0,3485	0,7347	0,51914	0,9119	0,3485
12	0,452	0,4776	0,6064	0,4326	0,7836	0,56804	0,9608	0,4326
13	0,4316	0,4442	0,586	0,3992	0,7632	0,54764	0,9404	0,3992
14	0,4112	0,4108	0,5656	0,3658	0,7428	0,52724	0,92	0,3658
15	0,4035	0,4135	0,5579	0,3685	0,7351	0,51954	0,9123	0,3685
16	0,3831	0,3801	0,5375	0,3351	0,7147	0,49914	0,8919	0,3351
17	0,4116	0,4308	0,566	0,3858	0,7432	0,52764	0,9204	0,3858
18	0,4039	0,4335	0,5611	0,3885	0,7355	0,51994	0,9127	0,3885
19	0,3912	0,3974	0,5456	0,3524	0,7228	0,50724	0,9	0,3524
20	0,3835	0,4001	0,5379	0,3551	0,7151	0,49954	0,8923	0,3551
21	0,3554	0,3694	0,5098	0,3244	0,687	0,47144	0,8642	0,3244
22	0,3635	0,3867	0,5179	0,3417	0,6951	0,47954	0,8723	0,3417
23	0,3558	0,3894	0,517	0,3444	0,6874	0,472	0,8646	0,3444
	8	9	10	11	12	13	14	En Küçük Değerler
1	0,74324	0,52768	1,136	0,92044	0,70488	0,9296	0,84872	0,52768
2	0,74364	0,52808	1,1364	0,92084	0,70528	0,9096	0,84912	0,52808
3	0,74404	0,52848	1,1368	0,92124	0,70568	0,8896	0,84952	0,52848
4	0,72364	0,50808	1,1164	0,90084	0,68528	0,923	0,82912	0,50808
5	0,74444	0,52888	1,1372	0,92164	0,70608	0,88328	0,84992	0,52888
6	0,72404	0,50848	1,1168	0,90124	0,68568	0,903	0,82952	0,50848

Tablo 11: Devam Tüm Olası Ağırlıklar İçin F(X,Y) Fonksiyonun Değerleri

7	0,69594	0,48038	1,1161	0,8887	0,6613	0,9337	0,8337	0,48038
8	0,74484	0,52928	1,1376	0,92204	0,70648	0,88368	0,85032	0,52928
9	1,01212	0,81804	1,3586	1,16452	0,97044	1,14256	1,05616	0,81804
10	0,70404	0,48848	1,0988	0,88124	0,66568	0,9164	0,8164	0,48848
11	0,69634	0,48078	1,0961	0,87354	0,65798	0,9137	0,8137	0,48078
12	0,74524	0,52968	1,138	0,92244	0,70688	0,88408	0,85072	0,52968
13	0,72484	0,50928	1,1176	0,90204	0,68648	0,86368	0,83032	0,50928
14	0,70444	0,48888	1,0972	0,88164	0,66608	0,8964	0,80992	0,48888
15	0,69674	0,48118	1,0895	0,87394	0,65838	0,8937	0,80222	0,48118
16	0,67634	0,46078	1,1095	0,8821	0,6547	0,9271	0,8271	0,46078
17	0,70484	0,48928	1,0976	0,88204	0,66648	0,8764	0,81032	0,48928
18	0,69714	0,48158	1,0899	0,87434	0,65878	0,8737	0,80262	0,48158
19	0,68444	0,46888	1,0922	0,8648	0,64608	0,9098	0,8098	0,46888
20	0,67674	0,46118	1,0895	0,8621	0,63838	0,9071	0,8071	0,46118
21	0,64864	0,43308	1,1202	0,8928	0,6654	0,9378	0,8378	0,43308
22	0,65674	0,44118	1,1029	0,8755	0,6481	0,9205	0,8205	0,44118
23	0,64904	0,43348	1,1002	0,8728	0,6454	0,9178	0,8178	0,43348

Tablo 11’da F(X,Y) fonksiyonunun değeri toplamda $23 \times 14 = 322$ farklı durum için hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda, F(X,Y) fonksiyonunun en küçük değeri 0,3244 olarak elde edilmiştir. En küçük F(X,Y) fonksiyon X kriteri için Tablo 9’un 21. satırında, Y kriteri için ise Tablo 10’un 4. sütununda bulunmuştur.

X kriterinin ağırlıklarını belirlemek için Tablo 9’un 21. satırındaki değerlere, benzer şekilde Y kriterinin ağırlıklarını belirlemek için Tablo 10’un 4. satırındaki değerlere bakılmıştır. Bu doğrultuda, iç kriterler $X = (x_1, x_2, x_3, x_4)$ için ağırlıklar şu şekilde hesaplanmıştır: $w_{x_1} = 0,2$, $w_{x_2} = 0,2$, $w_{x_3} = 0,2$, ve $w_{x_4} = 0,4$

Dış kriterler $Y = (y_1, y_2, y_3)$ için ise ağırlıklar şu şekilde elde edilmiştir: $w_{y_1} = 0,1$, $w_{y_2} = 0,8$ ve $w_{y_3} = 0,1$. Bu sonuçlar, Tablo 11’de yer alan F(X,Y) fonksiyonunun minimize edilmesiyle elde edilen optimal ağırlıkları temsil etmektedir.

Daha sonra, her bir alternatifin X_{w_x} ve Y_{w_y} değerleri Eşitlik (10) yardımıyla bulunur ve $X_{w_x} + Y_{w_y}$ değerleri hesaplandıktan sonra bu değerler büyükten küçüğe sıralanarak alternatifler arasındaki sıralama Tablo 12’de görüldüğü gibi belirlenir.

Tablo 12: Alternatiflerin Sıralanması

$W_x,$ W_y	0,2	0,2	0,2	0,4	0,1	0,8	0,1				
	X_1	X_2	X_3	X_4	Y_1	Y_2	Y_3	X_{w_x}	Y_{w_y}	X_{w_x} + Y_{w_y}	Sıralama
A_1	0,667	0,692	0,398	0,5	0,274	0,75	0,3332	0,5514	0,66072	1,21212	2
A_2	0	0	0	0	1	0	0	0	0,1	0,1	4
A_3	1	1	1	1	0	1	1	1	0,9	1,9	1
A_4	0,333	0,385	0,398	0,3	0,548	0,5	0,3332	0,3432	0,48812	0,83132	3

Otomotiv sektöründe kullanılan dört alternatif robot teknolojisinin performansını değerlendirmek amacıyla yapılan çalışma sonucunda, en iyi alternatifin A_3 olduğu belirlenmiştir. Performans sıralamasında son sırada yer alan alternatif ise A_2 olarak tespit edilmiştir. Robot teknolojisi alternatiflerinin performanslarına göre sıralaması ise $A_3 > A_1 > A_4 > A_2$ şeklinde elde edilmiştir.

Bu çalışma sonucunda, belirlenen iç ve dış kriterler doğrultusunda her bir alternatifin performansı KEMIRA-M yöntemiyle analiz edilmiştir. Analizler sonucunda, en iyi performansı sergileyen alternatifin A_3 olduğu tespit edilmiştir. A_3 alternatifinin öne çıkmasında özellikle düşük ürün maliyeti, düşük kusurlu üretim oranı ve yüksek imalat işlem hızı gibi iç kriterlerdeki üstün performansı etkili olmuştur. Ayrıca, dış kriterlerden toplam stok maliyetinin düşük olması ve hurda oranının minimize edilmesi de A_3 alternatifini diğerlerinden ayıran önemli faktörlerdir.

Performans sıralamasında son sırada yer alan alternatif ise A_2 olarak belirlenmiştir. A_2 alternatifinin düşük sıralaması, nispeten daha yüksek bakım maliyeti ve hurda oranı ile açıklanabilir. Bu durum, A_2 'nin toplam maliyet etkinliği ve üretim verimliliği açısından diğer alternatiflere kıyasla daha düşük bir performans sergilediğini göstermektedir.

Robot teknolojisi alternatiflerinin performanslarına göre sıralaması, en yüksek performanstan en düşük performansa doğru $A_3 > A_1 > A_4 > A_2$ şeklinde elde edilmiştir. Bu sıralama, robot teknolojilerinin maliyet, kalite, hız ve sürdürülebilirlik gibi kriterlere göre farklı performans seviyelerine sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle A_3 ve A_1 'in güçlü yönleri, otomotiv sektöründe bu teknolojilerin daha

verimli üretim süreçleri sağlamaya olanak tanıdığını göstermektedir. Bu bulgular, işletmelerin robot teknolojisi seçimi yaparken kriterlere göre detaylı bir değerlendirme yapmasının önemini vurgulamakta ve sektörel stratejik planlamalar için rehberlik sunmaktadır.



SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması, otomotiv sektöründe ileri üretim teknolojilerinin, özellikle robot teknolojilerinin performansını değerlendirmeye odaklanmış ve KEMIRA-M yöntemi kullanılarak bu teknolojilerin öne çıkan alternatiflerini belirlemiştir. Bu amaç doğrultusunda çalışmada, çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan KEMIRA-M yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntemin seçilme nedeni, içsel ve dışsal kriterlerin dengeli bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanınması ve uzman görüşlerini birleştirerek sektörel analizlerde kapsamlı bir bakış açısı sunmasıdır. Özellikle robot teknolojilerinin performansını belirleyen karmaşık kriterler arasında önceliklendirme yapma ve bu kriterleri objektif bir şekilde değerlendirme becerisi, KEMIRA-M yönteminin çalışmaya uygunluğunu artırmıştır. Çalışmada kullanılan yöntem, teorik olarak sağlam bir temel oluşturmuş ve uygulamalı araştırmalar için pratik bir çerçeve sağlamıştır.

Araştırma kapsamında, uzman görüşleri, mülakat ve anket teknikleri gibi veri toplama yöntemlerine başvurulmuştur. Bu yöntemlerin tercih edilme nedeni, sektördeki profesyonellerin deneyim ve bilgi birikiminden yararlanarak çok yönlü bir veri seti oluşturma gerekliliğidir. Uzman görüşleri ve mülakatlar, teknolojilerin performansı hakkında derinlemesine bilgi sağlarken; anketler, kriterlerin önem derecesini ve performans düzeylerini sistematik bir şekilde değerlendirme imkanı sunmuştur. Gözlem tekniği ise teknolojik süreçlerin doğrudan gözlemlenebilir olmaması ve çalışma kapsamında teknik analizlere odaklanma gerekliliği nedeniyle tercih edilmemiştir.

Robot teknolojilerinin performansı KEMIRA-M yöntemi ile değerlendirilmiş ve en uygun alternatifin A₃ olduğu tespit edilmiştir. Düşük maliyet, düşük kusurlu üretim oranı ve yüksek işlem hızı gibi performans kriterlerinde A₃ alternatifinin öne çıktığı gözlemlenmiştir. Performans kriterleri iç ve dış faktörler olarak ayrılmış ve robot teknolojilerinin sektöre katkıları üzerine çalışmalar yapılmıştır. Kriterler arasında maliyet etkinliği, çevresel sürdürülebilirlik ve üretim hızı gibi önemli faktörler önceliklendirilmiştir. Bu çalışmanın bulguları, işletme alanında üretim yöntemleri ve otomotiv sektörüne yönelik önemli katkılar sağlamıştır. İşletme alanında, ileri üretim teknolojilerinin performans değerlendirilmesine yönelik olarak maliyet etkinliği,

enerji verimliliği, üretim hızı ve hata oranları gibi kriterlerin önemi vurgulanmıştır. Ayrıca, robot teknolojilerinin üretim süreçlerine olan etkisini karşılaştırmak ve en uygun teknolojik çözümü belirlemek için Tablo 12'de sunulan alternatif sıralamasından yararlanılmıştır. Bu sıralama, robot teknolojilerinin maliyet etkinliği, kalite kontrolü ve üretim hızına olan katkılarını objektif bir şekilde ölçerek, işletmelerin stratejik karar alma süreçlerini desteklemiştir.

Bu çalışmanın bulguları, üretim süreçlerinde robot teknolojisi kullanımına yönelik stratejik kararlar almak isteyen sektör yöneticilerine önemli bir rehber olabilir. Performans kriterlerine göre alternatiflerin değerlendirilmesi, şirketlerin daha bilinçli teknoloji yatırımları yapmasını sağlayabilir. A₃ gibi performansı yüksek alternatiflerin, şirketlerin üretim hattına entegre edilmesi tavsiye edilir. Küçük ve orta ölçekli firmalar, bu teknolojilerin maliyet etkin faydalarından yararlanabilir.

Otomotiv sektörüne yönelik katkılar ise robot teknolojilerinin sektördeki rolünü ve etkisini açıkça ortaya koymuştur. Robotların üretim süreçlerinde hız ve doğruluk sağlayarak hatalı üretimi azalttığı, üretim kalitesini artırdığı ve süreçlerin daha sürdürülebilir hale gelmesine olanak tanıdığı tespit edilmiştir. Robot teknolojilerinin maliyetleri düşürdüğü ve iş gücü gereksinimlerini optimize ettiği görülmüştür. Ayrıca, robotların montaj, kaynak, malzeme taşıma ve kalite kontrol gibi görevlerde sağladığı etkinlik, sektörde rekabet avantajı yaratmış ve teknolojik uyum süreçlerini kolaylaştırmıştır.

Matematiksel analizlerden elde edilen sonuçlar, çalışmanın temel araştırma sorularına doğrudan yanıtlar sunmuştur. Performansı en çok etkileyen kriterlerin maliyet etkinliği, enerji verimliliği ve üretim hızı olduğu belirlenmiştir. Robot teknolojilerinin sektöre sağladığı katkılar arasında iş süreçlerinde verimlilik artışı, hata oranlarının azalması ve çevresel sürdürülebilirlik ön plana çıkmıştır. Ayrıca, enerji tüketimi ve bakım gereksinimleri gibi alanlarda yapılacak iyileştirmelerin, teknolojilerin uzun vadeli etkilerini artırabileceği tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, otomotiv sektöründe teknolojik seçimlerin etkilerini somut verilerle ortaya koyarak sektördeki diğer işletmelere yol göstermektedir.

Robot teknolojilerinin uygulamasına yönelik, sektör bazlı farklılıklar dikkate alınarak şu öneriler geliştirilebilir: Robot alternatiflerinin pilot projelerle test edilmesi,

kısa vadeli uygulamalarda maliyet ve verimlilik dengesinin gözetilmesi ve daha karmaşık uygulama alanları için uzun vadeli Ar-Ge projelerine yönelik yatırım planlarının yapılması önerilmektedir. Sektörün ihtiyaçlarına uygun çözümler sunabilmek için çok kriterli karar verme yöntemlerinin daha yaygın bir şekilde kullanılması faydalı olacaktır.

Bu tez, KEMIRA-M yönteminin robot teknolojisi performansını değerlendirmede etkin bir metodoloji olduğunu kanıtlamıştır. Akademik alanda, bu yöntemin farklı ileri üretim teknolojileri için uygulanabilirliği üzerine daha fazla araştırma yapılmalıdır. Bu çalışmadaki kriterler, otomotiv sektörü dışındaki üretim alanlarına da genellenebilir ve farklı endüstriyel alanlarda test edilebilir. Performans kriterlerinin genellenebilirliği, akademik literatüre önemli katkılar sağlayabilecektir.

Bu bulgular ışığında, çalışmanın sonuçları hem teorik hem de pratik öneriler sunmaktadır. İşletmelerin, teknolojik yatırımlarını planlarken kısa vadeli maliyet avantajlarının yanı sıra çevresel sürdürülebilirlik ve yasal uyumluluk gibi uzun vadeli hedeflere odaklanmaları önerilmektedir. Çalışanların ileri üretim teknolojilerine adaptasyonu için eğitim programlarının geliştirilmesi ve teknoloji kullanımının etkinliğini artırmaya yönelik stratejiler benimsenmesi gereklidir. Ayrıca, bu çalışmanın yöntem ve bulgularının, diğer sektörlerde yapılacak benzer analizler için bir model olarak kullanılması, ileri üretim teknolojilerinin etkilerinin daha geniş bir sektörel yelpazede değerlendirilmesine katkı sağlayacaktır.

Bunlara ek olarak robotların sensör verilerinden (kamera görüntüleri, ivmeölçer, tork sensörleri vb.) toplanan büyük veri setleri, makine öğrenimi algoritmaları (örneğin, zaman serisi analizi, regresyon modelleri) ile analiz edilerek, robotların anlık performans takibi ve potansiyel arıza durumları önceden tahmin edilebilir. Derin öğrenme modelleri (örneğin, evrimsel sinir ağları), robotların ürettiği parçaların kalitesini otomatik olarak denetleyerek, insan gözüyle zor fark edilen ince kusurları bile tespit edebilir. Üretim hattındaki diğer makinelerden ve sensörlerden gelen verilerle robotların performansı arasındaki ilişkiler, korelasyon analizleri ve regresyon modelleri ile ortaya çıkarılarak, üretim süreçleri optimize edilebilir. Doğal dil işleme (NLP) teknikleri, robot operatörlerinden ve bakım personelinin gelen geri bildirimleri analiz ederek, robotların kullanım kolaylığı ve verimliliği hakkında değerli

içgörüler sağlayabilir ve insan-robot işbirliğini geliştirebilir. Örneğin, operatörlerin sesli komutları ve yazılı raporları analiz edilerek, robotların görevlerini daha iyi anlaması ve yerine getirmesi sağlanabilir. Takviyeli öğrenme algoritmaları ise, robotların hareketlerini ve görev planlamasını optimize ederek, üretim süreçlerini daha verimli hale getirebilir ve böylece otomotiv sektöründe robot teknolojisinin verimliliği ve etkinliği artırılabilir.

Sonuç olarak, bu tez ileri üretim teknolojilerinin performansının çok kriterli karar verme yöntemleriyle değerlendirilmesi konusunda hem teorik hem de pratik önemli bilgiler sunmaktadır. Bu bilgiler, sektör yöneticileri ve karar vericiler için değerli bir rehber niteliği taşımakta ve gelecekteki teknoloji seçimlerinde yol gösterici olmaktadır. Ayrıca çalışmanın bulguları, işletmelerin daha bilinçli ve stratejik kararlar almasına olanak tanımakta ve otomotiv sektörü başta olmak üzere teknolojik yatırımların etkilerini anlamak isteyen araştırmacılar ve profesyoneller için değerli bir kaynak sunmaktadır. Gelecekteki araştırmalar, bu bulguların farklı sektörlerde doğrulanması ve ileri üretim teknolojilerinin daha kapsamlı bir şekilde incelenmesi ile literatüre daha geniş bir perspektif kazandırabilir.

KAYNAKÇA

1.Kitaplar

- Acar, N. (1998). Üretim Planlaması: Yöntem ve Uygulamaları. (6. Baskı). Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları No: 280.
- Acar, N. (2001). Üretim Planlaması: Yöntem ve Uygulamaları. (8. Baskı). Ankara: MPM Yayınları.
- Acar, N. (2003). Tam Zamanında Üretim. MPM Yayınları, Ankara.
- Akın, H. B. (2001). Yeni Ekonomi: Strateji, Rekabet, Teknoloji Yönetimi. Konya: Çizgi Kitabevi Yayınları.
- Akman, V. (2022). IoT ve Veri Güvenliği. İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Arslan, H., & Gürbüz, H. (2020). Kalite Yönetimi ve İleri Teknolojiler. Gazi Kitabevi.
- Atalay, N., Birbil, D., Demir, N., & Yıldırım, Ş. (1998). KOBİ'lerin Esnek Üretim Sistemleri Yönünden İrdelenmesi ve Bir Uygulama. MPM Yayınları, No: 632, Ankara.
- Baird, J., & Farley, L. (2021). Virtual Reality in Engineering. CRC Press.
- Baker, M. (2021). Automotive Industry Overview. Oxford University Press.
- Bilgin, A., & Kılıç, M. (2021). Sürdürülebilir Üretim ve Çevre Dostu Teknolojiler. Beta Yayınları.
- Black, J. (2008). Lean Production: Implementing a World-Class System. New York: Industrial Press.
- Bourke, P. (2019). Sustainability and Advanced Manufacturing. Cambridge University Press.
- Çelikçapa, F. O. (2000). Üretim Yönetimi ve Teknikleri. İstanbul: Alfa Yayınları.
- Çetin, M. (2021). İleri Üretim Teknolojilerinde Eğitim ve Uzmanlaşma. Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları. Link
- Demir, O. (2021). 3D Baskı ve Malzeme Seçenekleri. Yeditepe Üniversitesi Yayınları.
- Demirdöğen, O. (2004). Türkiye'deki İmalatçı Firmaların Yeni Üretim Teknolojilerini Kabul ve Uyum Düzeyi. Atatürk Üniversitesi Yayınları, No: 764, Erzurum.
- Emre, A. (1995). Tam Zamanında Üretim Sisteminin Ülkemizdeki Uygulamaları ve Sorunları. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, No. 543.
- Erdoğan, N. (1995). Faaliyete Dayalı Maliyetleme. Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir.

- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.
- Hazen, B. T., Boone, C. A., Ezell, J. D., & Jones-Farmer, L. A. (2016). Data Quality for Data Science, Machine Learning, and Big Data Analytics. CRC Press.
- Karahan, H. (2020). Teknolojik Yenilik ve Rekabetçi Avantaj. Hacettepe Üniversitesi Yayınları.
- Kelleher, J. D. (2019). Deep Learning. MIT Press.
- Kocaoğlu, S., & Yavuz, A. (2016). Tasarım ve Üretim Teknolojileri. İTÜ Yayınları.
- Koç, H. (2020). Dijital Tasarım ve Optimizasyon. Bilkent Üniversitesi Yayınları.
- Korkmaz, S., & Çelik, M. (2017). Rekabet Stratejileri ve Yönetimi. Ekin Yayınları.
- Kuhn, T. (2019). Advanced Manufacturing Technologies: Trends and Applications. Cambridge University Press.
- Miller, J. G., & Miller, K. (2014). The Future of Manufacturing. CRC Press.
- Miller, K. (2022). Automotive Safety Standards and Regulations. CRC Press.
- Mucuk, İ. (2003). Modern İşletmecilik. İstanbul: Türkmen Kitabevi.
- Ohno, T. (1988). Just-In-Time for Today and Tomorrow. Productivity Press.
- Ohno, T. (1988). Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. CRC Press.
- Özden, Ü. H. (2015). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri. İstanbul: Akademik Yayınlar, Beta Yayınları.
- Porter, M.E. (1985). Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. Free Press.
- Reichheld, F. F. (2001). The Loyalty Effect: The Hidden Force Behind Growth, Profits, and Lasting Value. Harvard Business School Press.
- Suzaki, K. (1987). The New Manufacturing Challenge – Techniques for Continuous Improvement. The Free Press, NY.
- Üreten, S. (1999). Stratejik Kararlar ve Karar Modelleri. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Yalçın, A. (2021). Sürdürülebilir Üretim Teknolojileri. Koç Üniversitesi Yayınları.
- Yamak, O. (2001). Üretim Yönetimi: Sistemsel Bir Yaklaşım. (3. Baskı). İstanbul: Sinerji Yayınları.
- Yıldız, M., & Topal, E. (2019). İnsan Kaynakları Yönetimi ve Otomasyon. İTÜ Yayınları.

Yılmaz, B. (2020). İleri Üretim Teknolojilerinde Maliyetler ve Finansal Etkiler. Kadir Has Üniversitesi Yayınları.

Yüksel, A. (2019). Otomotiv Sektöründe Üretim Süreçleri ve Teknolojiler. Hacettepe Üniversitesi Yayınları.

2. Makaleler, Bildiriler ve Diğer Basılı Yayınlar

Altıok, T. (1997). Performance Analysis of Manufacturing Systems. New York, NY: Springer-Verlag.

Apaydın, H. (2006). Adım Motorlarının Karakteristikleri ve Bilgisayar ile Konum Kontrolü Uygulaması. (Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi, Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı, Elektrik Eğitim Programı, İstanbul.

Ashby, M. F. (2013). Materials and the Environment: Eco-Informed Material Choice. Elsevier.

Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. Computer Networks, 54(15), 2787-2805.

Aydoğan, E. (1997). Esnek Üretim Sistemleri ve Türk Traktör Fabrikasında Yapılan Bir Alan Araştırması. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Aydoğan, E., & Semiz, S. (2004). İşletmelerde Teknoloji Yönetimi Bağlamında İleri Üretim Teknolojileri ve Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 11, 115-133.

Ben-Daya, M., Raouf, S. O. D. A., Knezevic, J., & Ait-Kadi, D. (2009). Handbook of Maintenance Management and Engineering. Springer-Verlag, UK.

Bengio, Y., Courville, A., & Vincent, P. (2013). Representation learning: A review and new perspectives. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 35(8), 1798-1828.

Berman, B. (2012). 3D Printing: The New Industrial Revolution. Business Horizons, 55(3), 301-307. Link

Beşkese, B. (2004). Bilişim Teknolojisi Yatırımlarının Değerlendirilmesine Yönelik Uygun Yöntemin Seçilmesi Modeli - ERP Yazılımı Seçimi Uygulaması. (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Birgün, S., Gülen, K. G., & Özkan, K. (2006). A Case Study on Eliminating Waste from the Business Processes. Proceedings of the 15th Annual World Business Congress, International Management Development Association, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 41-46.

Bogue, R. (2013). The Role of Robotics in Automotive Manufacturing. Industrial Robot: An International Journal, 40(5), 432-436. <https://doi.org/10.1108/01439911311323140>

- Bortolotti, T., & Boscari, S. (2016). *Operational Performance and Lean Production: A Study of the Lean Implementation in Italy*. Springer.
- Browne, J. J., Dubois, D., Rathmill, K., & Sethi, S. (1984). Classification of Flexible Manufacturing Systems. *The FMS Magazine*, 2, 114.
- Brynjolfsson, E., & McElheran, K. (2016). The New Economics of Information Technology: How IT Has Changed the Competitive Landscape. *Harvard Business Review*.
- Büyükkaya, A. (2019). *Endüstri 4.0 ve Akıllı Üretim Sistemleri*. Nobel Yayıncılık.
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. J. (2018). *Materials Science and Engineering: An Introduction*. Wiley.
- Cameron, A., & Ewing, M. (2020). *Automotive Industry and Economic Impact*. Routledge.
- Çapçı, S. A. (1997). Esnek İmalat Sistemleri. *Verimlilik Dergisi*, MPM Yayınları, 1997/3, 25-44.
- Çelik, M. (1999). *Küreselleşme Hareketleri İçinde İş Yeri Düzenlemesi ve Bir Matematiksel Model*. (Doktora Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı, İzmir.
- Çetin, C. (2019). *İleri Üretim Teknolojileri Kullanan İşletmelerde İnovasyon Yönetimi*. (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Denizli.
- Chen, I. J., & Small, M. H. (1994). Implementing advanced manufacturing technology: An integrated planning model. *Omega*, 22(1), 91-103. [https://doi.org/10.1016/0305-0483\(94\)90059-0](https://doi.org/10.1016/0305-0483(94)90059-0)
- Chen, J., & Bell, P. (2012). *The Impact of Dynamic Pricing Strategies on Supply Chains*. Springer.
- Cheng, K., & Ko, D. (2015). *Advanced CAD for Manufacturing*. Springer.
- Chesbrough, H. (2003). *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Harvard Business Review Press.
- Choi, J., & Lee, H. (2019). The Role of Training in Implementing New Manufacturing Technologies. *Journal of Business Research*, 101, 138-148.
- Christopher, M. (2016). *Logistics and Supply Chain Management*. Pearson.
- Christopher, M., & Peck, H. (2004). Building the Resilient Supply Chain. *The International Journal of Logistics Management*, 15(2), 1-14. <https://doi.org/10.1108/09574090410700275>
- Chryssolouris, G. (2006). *Manufacturing Systems: Theory and Practice*. Springer.

- Çil, İ., & Evren, R. (1994). Esnek İmalat Sistemlerinin Verimliliğinin Ölçülmesinde Performans-Amaçlar-Verimlilik Yaklaşımı. Milli Prodüktivite Yayınları: II. Verimlilik Kongresi, Ankara.
- Çitli, N. (2006). Bulanık Çok Kriterli Karar Verme. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çobanoğlu, S. (2011). Yalın Üretim Sisteminin Otomotiv Sektöründe Uygulanması. (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Cohen, S., & Klemperer, P. (2017). Advances in Sustainable Manufacturing. Springer. [Link](#)
- Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). The Expected Contribution of Industry 4.0 Technologies for Industrial Performance. International Journal of Production Economics, 204, 383-394. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>
- Davis, C. H., Raafat, F., & Safizadeh, M. H. (1983). Production and Inventory Information Processing: Material Requirements Planning. Journal of Business Management, 21(3), 25-35.
- Dede, C. (2009). Learning in a Networked World. Springer.
- Demirtaş, M., & Yılmaz, S. (2018). Dijital Dönüşüm ve Endüstri 4.0. Nobel Yayıncılık.
- Deruntz, B. D., & Turner, R. M. (2003). Organizational Considerations for Advanced Manufacturing Technology. The Journal of Technology Studies, 29(1), 1-7.
- Deveci, A. (2004). Üretim Yürütme Sistemleri. Otomasyon Dergisi, 2004(147), 118-121.
- Dizon, J. R., et al. (2016). 3D Printing of Polymers and Composites. MDPI.
- Domingos, P. (2015). The Master Algorithm: How the Quest for the Ultimate Learning Machine Will Remake Our World. Basic Books.
- Ercan, İ., & Akpınar, N. (2020). İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetimi. Nobel Yayıncılık.
- Erdem, H. İ., Önüt, S., Demirel, T., & Günay, G. (1997). Bilgisayar Destekli Mühendislik Sistemlerinin Yapısal Analizi, Planlaması ve Geliştirilmesi. Verimlilik Dergisi, MPM Yayınları, Ankara, 3, 45-46.
- Ertay, T., Barla, S. B., & Kulak, O. (2001a). Mapping the Value Stream for a Product Family towards Lean Manufacturing: A Case Study. CD-ROM of International Conference on Production Research ICPR-16, Prague.
- Gershenfeld, N. (2012). How to Make Almost Anything: The Digital Fabrication Revolution. Foreign Affairs, 91(6), 43-57.

- Gerwin, D., & Cododdny, H. (1992). *Management of Advanced Manufacturing Technology*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Gibbs, D. (1994). CNC ile İşlemeye Giriş. (Çev. G. Ediz & A. Taşlıca). MEB Etam A.Ş., 195-204.
- Gibson, I., Rosen, D. W., & Stucker, B. (2015). *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing*. Springer. Link
- Gökşen, Y. (2002). Hücreli Üretim Sisteminde Makine ve Parça Ailelerinin Oluşturulmasında Makine Kapasiteleri ve Parça Taleplerinin Analizine Dayalı Bir Model ve Uygulanması. (Doktora Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, İzmir.
- Gordon, A. (2017). *Flexible Manufacturing Systems*. Routledge.
- Gornicki, B. (2014). A better way of production: Small-batch and one-piece-flow. *Industrial Heating*, 82(6), 35.
- Groover, M. P. (2016). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. Pearson.
- Güleş, H. K. (1996). The Impact of Advanced Manufacturing Technologies on Buyer-Supplier Relationships in The Turkish Automotive Industry. (Unpublished Ph.D. Dissertation). The University of Leeds, School of Business and Economics Studies, U.K.
- Harrison, A., & van Hoek, R. (2014). *Logistics Management and Strategy: Competing through the Supply Chain*. Pearson.
- Hazen, B. T., et al. (2016). The Impact of Advanced Manufacturing Technologies on Supply Chain Performance. *International Journal of Production Economics*, 182, 54-68.
- Hon, K. K. B. (2005). Performance and Evaluation of Manufacturing Systems. *CIRP Annals*, 54(2), 139–154. [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)60023-7](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)60023-7)
- Jahan A., Edwards K. L. and Bahraminasab M. (2016). *Multi-Criteria Decision Analysis for Supporting the Selection of Engineering Materials in Product Design*, Second Edition, Butterworth-Heinemann.
- Jin, H., & Smith, R. (2021). *Innovations in Automotive Manufacturing*. Springer.
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1999). *Juran's Quality Handbook*. McGraw-Hill.
- Kalpakkian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufacturing Engineering and Technology* (7th ed.). Pearson.
- Kandiller, İ. (1989). Part Family Machine Group Formation Problem in Cellular Manufacturing Systems. (Yüksek Lisans Tezi). Bilkent Üniversitesi, Ankara.

- Kıran, A., & Karabatı, Ş. (1989). Esnek Üretim Sistemleri Çizelgeleme Problemi. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 4(3).
- Koç, S., & Aydın, M. (2017). *Maliyet Yönetimi ve Kontrolü*. Seçkin Yayıncılık.
- Koren, Y. (2010). *The Global Manufacturing Revolution: Product-Process-Business Integration and Reconfigurable Systems*. Wiley.
- Koren, Y., & Shpitalni, M. (2018). *Design of Flexible and Reconfigurable Manufacturing Systems*. Springer.
- Kosareva, N., Zavadskas, E. K., Krylovas, A., & Dadelo, S. (2016). Personnel Ranking and Selection Problem Solution by Application of KEMIRA Method. *International Journal of Computers Communications & Control*, 11(1), 51-66. <https://doi.org/10.15837/ijccc.2016.1.2361>
- Kruth, J.P., Leu, M.C., & Nakagawa, T. (2007). Progress in Additive Manufacturing and Rapid Prototyping. *CIRP Annals*.
- Krylovas, A., & Kosareva, N. (2016). Statistical Analysis of KEMIRA Type Weights Balancing Methods. *Romanian Journal of Economic Forecasting*, 19(2), 25–40.
- Krylovas, A., Zavadskas, E. K., & Kosareva, N. (2016). Multiple Criteria Decision-Making KEMIRA-M Method for Solution of Location Alternatives. *Economic Research*, 29(1), 35–50. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2016.1163941>
- Kshetri, N. (2018). 1 The Economics of IoT: Market Size, Growth, and Trends. *Journal of Business Research*, 87, 1-9.
- Küçüköğlu, M. (1991). Endüstride Robotlaşma ve Verimlilik. *Verimlilik Dergisi*, MPM Yayınları, Ankara, 3, 181-190.
- Lau, H., Chan, F. T. S., & Ip, R. W. L. (2001). Investment appraisal techniques for advanced manufacturing technology (AMT): A literature review. *Integrated Manufacturing Systems*, 12(1), 26-33.
- Lee, J. (2018). *Smart Manufacturing: Cyber-Physical Systems in the Factory of the Future*. Springer.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H.A. (2015). A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems. *Manufacturing Letters*.
- Lee, J., Davari, H., Singh, J., & Pandhare, V. (2018). Industrial Artificial Intelligence for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems. *Manufacturing Letters*, 18, 20-23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2018.09.002>
- Lee, J., Kao, H.-A., & Yang, S. (2018). Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment. *Procedia CIRP*, 72, 3-8.
- Leicht, R. M. (2015). *Economic Impact of Emerging Manufacturing Technologies*. Springer. Link

- Mechling, G. W., Pearce, J. W., & Busbin, J. W. (1995). Exploiting AMT in Small Manufacturing Firms for Global Competitiveness. *International Journal of Operations and Production Management*, 15(2), 61–76.
- Michalska, J., & Szewieczek, D. (2007). The 5S Methodology as a Tool for Improving the Organization. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 24(2), 211-214.
- Mohanty, R. P., & Deshmukh, S. G. (1998). Advanced manufacturing technology selection: A strategic model for learning and evaluation. *International Journal of Production Economics*, 55(3), 297-303. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00086-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00086-2)
- Monks, J. G. (1987). *Operations Management: Theory and Problems*. (2. Baskı). McGraw-Hill, New York.
- Morrow, W., & McElroy, J.C. (2017). *Occupational Health and Safety Management*. Routledge.
- Müller, J. M., Kiel, D., & Voigt, K. I. (2018). What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability. *Sustainability*, 10(1), 247. <https://doi.org/10.3390/su10010247>
- Narkhede, B. E. (2017). Advanced manufacturing strategy and firm performance: An empirical study in a developing environment of small-and medium-sized firms. *Benchmarking: An International Journal*, 24(4), 1224-1242. <https://doi.org/10.1108/BIJ-05-2016-0072>
- Novis, D. A. (2008). Reducing Errors in the Clinical Laboratory: A Lean Production System Approach. *Labmedicine*, 39(9), 521-529.
- Okur, A. S. (2005). 2000'li Yıllarda Türkiye Sanayii İçin Yapılanma Modeli: Yalın Üretim. İstanbul: Vira Reklam Yayım.
- Orbak, Y., & Bilgin, S. (2005). Kanban Sisteminin Bir Uygulama Örneği. V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu.
- Orlicky, J. A. (1975). *Material Requirements Planning*. New York: McGraw-Hill Company.
- Özdemir, A. (1996). *Bilgisayar Destekli Tasarım ve Bilgisayar Destekli İmalat Ders Notları*. Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Ankara.
- Özdemir, S., & Yılmaz, M. (2018). *Verimlilik ve Üretim Teknolojileri*. Nobel Yayıncılık.
- Özgürler, M., & Kıyak, M. (1998). *Esnek Üretim Sistemlerinin Yapısal Analizi*. Endüstri Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, MPM Yayınları.

- Özkoç, A. E. (2004). Yalın Düşünce ve İsrafın Tekdüzen Muhasebe Sistemi Çerçevesinde Kaydı: Bir Yaklaşım ve Örnek Uygulama. Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 19(1), 119-138.
- Parlıt, N. (2003). Müşteri Memnuniyetinin Sağlanmasında Hatasız Üretim Aracı: Poka Yoke. Gazi Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 5, 143-152.
- Pistorius, T., & Carter, C. (2016). Advanced Manufacturing Technology: Industrial Applications. Springer.
- Piturro, M. (1999). How Midsize Companies Are Buying ERP. Journal of Accountancy, 188(3), 41. Erişim adresi: <http://trial.epnet.com>.
- Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2014). How smart, connected products are transforming competition. Harvard Business Review, 92(11), 64-88.
- Porter, M. E., & Kramer, M. R. (2006). Strategy and Society: The Link Between Competitive Advantage and Corporate Social Responsibility. Harvard Business Review.
- Rayna, T., & Striukova, L. (2014). The impact of 3D printing technologies on business model innovation. In Digital Enterprise Design & Management 2014 (pp. 119-132). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-04313-5_11
- Rom, W. O., Tukul, O. I., & Muscatello, J. R. (1999). MRP in a Job Environment Using a Resource Constrained Project Scheduling Model. The International Journal of Management Science, USA.
- Ronald, G. A., & Charles, R. (1993). Modeling and Analysis of Manufacturing Systems. Wiley, USA.
- Rosen, R., Wichert, G., Lo, G., & Bettenhausen, K. D. (2015). About the Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing. IFAC-PapersOnLine, 48(3), 567-572. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.141>
- Russell, S., & Norvig, P. (2016). Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson.
- Sachs, E. (2016). Digital Twins and the Internet of Things. MDPI.
- Samuel, C. (1999). Modern Management Diversity, Quality, Ethics & the Global Environment. London: Prentice Hall International Inc.
- Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, J. P. (2016). Industry 4.0 Implications on Manufacturing Processes. Procedia CIRP, 57, 326-331. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.056>
- Sarıçalı, G., & Kundakcı, N. (2017). Forklift alternatiflerinin KEMIRA-M yöntemi ile değerlendirilmesi. Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/267354>

- Semiz, S. (2004). İleri teknolojiler ile üretim yapan işletmelerde stratejik teknoloji yönetimi: Bir alan araştırması. (Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sezen, H. K. (1998). Malzeme Gereksinim Planlama Sistem Analizi ve Bir Uygulama. Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 16(1). Erişim adresi: <http://iktisat.uludag.edu.tr/dergi/1/kemal/kemal2.htm>
- Shah, R., & Ward, P. T. (2003). Lean Manufacturing: Context, Practice Bundles, and Performance. *Journal of Operations Management*, 21, 129-149.
- Siciliano, B., & Khatib, O. (2016). *Springer Handbook of Robotics*. Springer.
- Sipper, D., & Bulfin, R. (1997). *Production Planning, Control and Integration*. Te McGraw-Hill Inc.
- Small, M. H., & Yasin, M. M. (1997). Advanced manufacturing technology: Implementation policy and performance. *Journal of Operations Management*, 15(4), 349-370. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(97\)00001-1](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(97)00001-1)
- Smith, R., & Hawkins, B. (2004). *Lean Maintenance*. Oxford: Elsevier.
- Soltanifar, M., Krylovas, A., & Kosareva, N. (2022). Voting-KEMIRA Method for Determining Criteria Priority and Weights in Solving MADM Problems. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-451050/v1>
- Sönmez, C., & Yavuz, N. (2019). *Hızlı Prototipleme ve Üretim Teknolojileri*. Seçkin Yayıncılık.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota Production System and Kanban System: Materialization of Just-in-Time and Respect-for-Human System. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553-564. <https://doi.org/10.1080/00207547708943149>
- Tanyaş, M. (1988). *Üretim Planlama ve Kontrol II*. İstanbul: Mess Yayını.
- Tao, F., Cheng, J., Qi, Q., Zhang, M., Zhang, H., & Sui, F. (2018). Digital Twin-Driven Product Design, Manufacturing and Service with Big Data. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94, 3563-3576. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0233-1>
- Tao, F., Zhang, M., Liu, Y., & Yang, Y. (2018). Digital twin-driven smart manufacturing. *Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics*, 30(12), 2127-2139.
- Tekin, M., & Zerenler, M. (2009). *Esnek İşletme*. (Yenilenmiş 2. Baskı).
- Tekin, M., Güleş, H. K., & Öğüt, A. (2003). *Teknoloji Yönetimi*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

- Terli, A. (2009). Yalın Üretime Geçiş Sürecinde "5S" Sisteminin Hazır Giyim İşletmelerinde Uygulanma Düzeyleri. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Toktaş, P., & Can, G. F. (2019). Stochastic KEMIRA-M Approach with Consistent Weightings. *International Journal of Information Technology & Decision Making*. World Scientific. <https://doi.org/10.1142/S0219622019500123>
- Torkul, O., & Cedimoğlu, İ. H. (1999). Gerçek Zamanlı MRP Yaklaşımı. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 28(1), 83-90.
- Tunçer, O. (2003). Esnek Üretim Sistemleri ve Endüstri İşletmelerinde Uygulanabilirliğinin İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Türkel, E. (2008). Bilgisayar destekli tasarım programlarıyla seramik ürünlerin modellenmesi ve bir pisuar uygulaması. (Sanatta Yeterlilik Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Udo, G. J., & Ehie, I. C. (1996). Advanced Manufacturing Technologies: Determinants of Implementation Success. *International Journal of Operations & Production Management*, 16(12), 10-21. <https://doi.org/10.1108/01443579610151733>
- Üreten, S. (1987). Üretim/İşlemler Yönetimi, Stratejik Kararlar ve Karar Modelleri. Ankara: Bizim Büro Basımevi.
- Utaş, T. (2001). Yalın Üretim ve Yalın Üretimde Kullanılan Stratejiler. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Waller, M. A., & Fawcett, S. E. (2013). Data science, predictive analytics, and big data: A revolution that will transform supply chain design and management. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 43(8/9), 545–551. DOI: 10.1108/IJPDLM-08-2013-0203.
- Wang, G. (2019). AI in Quality Control of Electronic Manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 52, 10-20. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.04.012>
- Wang, L. (2018). *Automation and Robotics in the Automotive Industry*. Springer.
- Westkämper, E. (2014). *Sustainable Manufacturing: Challenges, Trends, and Opportunities*. Springer. Link
- Wohlers, T., & Caffrey, T. (2021). *Wohlers Report 2021: 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry*. Wohlers Associates.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1998). *Yalın Düşünce*. (Çev. N. Acar). İstanbul: Sistem Yayıncılık.
- Womack, J.P., Jones, D.T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*. HarperCollins.

- Wong, C. M., & Kleiner, B. H. (2001). Fundamentals of material requirements planning. *Management Research News*, 24(3/4), 9–12.
- Wu, B. (2012). *Manufacturing Systems Design and Analysis*. London, UK: Chapman & Hall. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4021-7>
- Yegül, F. M. (2003). Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) ve Türkiye’deki Uygulamaları. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Zhao, Y. (2018). *Innovation and Technology Management in Automotive Industry*. Elsevier.
- Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. (2017). Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. *Engineering*, 3(5), 616-630. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>

3.Elektronik Kaynaklar

- Adamaksan. (Erişim tarihi: 2024). Yalın Üretim Terimler Sözlüğü. Erişim adresi: <https://adamaksan.com.tr/yalin-uretim-terimler-sozlugu/>
- Baki, B. (2000). İşletme Kaynakları Planlamasının Dünü, Bugünü ve Yarını. Erişim adresi: <http://iktisat.uludag.edu.tr/dergi7/baki/baki.htm>.
- Balkan, T. (2009). Bilgisayarla Tümlleşik İmalat (BTI-CIM). ODTÜ, Ankara. Erişim adresi: <http://www.arsiv.mmo.org.tr/pdf/10949.pdf>
- Campbell, T., Williams, C., Ivanova, O., & Garrett, B. (2011). Could 3D Printing Change the World? Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing. Atlantic Council. Erişim adresi: <https://www.atlanticcouncil.org/publications/reports/could-3d-printing-change-the-world/>
- Düzce Üniversitesi. (Erişim tarihi: 2024). Management Information System (MIS) Nedir? Erişim adresi: <https://duzce.edu.tr/akademik/fakulte/if/yonetim-bilisim-sistemleri/8c3d/management-information-system-mis-nedir>.
- Gemba Akademi. (Erişim tarihi: 2024). SMED (Single Minute Exchange of Die). Erişim adresi: <https://gembaakademi.com/blog-smed-single-minute-exchange-of-die/>
- Intel. (Erişim tarihi: 2024). Types and Applications of Robotics. Erişim adresi: <https://www.intel.com.tr/content/www/tr/tr/robotics/types-and-applications.html>
- Karakaş, Ş. (2009). İleri İmalat Teknolojileri. Erişim adresi: <http://www.google.com.tr/search?hl=en&q=%22ileri+imalat+teknolojileri%22>
- Kıral, Ç. (1996). Esnek Üretim / Esnek Otomasyon Sistem ve Teknolojileri. TÜBİTAK. Erişim adresi: www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/esnek/.

- Macvitte, L. (2001). Buckle Up: Implementing an ERP Takes Time and Patience. Network Computing, 12(6), 97. Erişim adresi: <http://trial.epnet.com>.
- Özkan, M. (Erişim tarihi: 2024). Yalın Üretim Üzerine 1-2 [online]. Erişim adresleri: <http://danismend.com/kategori/altkategori/yalin-uretim-uzerine-1/>
<http://danismend.com/kategori/altkategori/yalin-uretim-uzerine-2/>
- Pak, C. (2002). ERP'nin ABC'si. Erişim adresi: <http://www.diyalog.com/html/erpnedir.htm>.
- Palaniswamy, R., & Frank, T. (2000). Enhancing Manufacturing Performance With ERP Systems. Information Systems Management, 17(3), 43. Erişim adresi: <http://trial.epnet.com>.
- Parkurda Blog. (Erişim tarihi: 2024). NC ve CNC Tarihçesi. Erişim adresi: <https://blog.parkurda.com/nc-ve-cnc-tarihcesi/>
- Poornam. (2000). Enterprise Resource Planning. Erişim adresi: <http://www.poornam.com/Documents/ERP-1.html>. Ziyaret Tarihi: 13.03.2024.
- Shankarnarayanan, S. (2000). ERP Systems - Using IT to Gain a Competitive Advantage. Erişim adresi: <http://www.baan.com>.
- Şener, A. (2001). İşletme Kaynakları Planlamasına Giriş. Erişim adresi: <http://www.geocities.com/akircali>.
- The Astrology Page. (Erişim tarihi: 2024). Computer Integrated Manufacturing. Erişim adresi: <https://tr.theastrologypage.com/computer-integrated-manufacturing>
- Venkatesh, J. (2007). An Introduction to Total Productive Maintenance. Erişim adresi: <http://faculty.nps.edu/dl/sysengineering/se3302/pdf/anintroductiontototalproductivemaintenance.pdf>
- Wikipedia. (Erişim tarihi: 2024). Yönetim Bilişim Sistemleri. Erişim adresi: https://tr.wikipedia.org/wiki/Y%C3%B6netim_Bili%C5%9Fim_Sistemleri#cite_note-muhendislik.khas.edu.tr-2.
- Yıldız Teknik Üniversitesi. (Erişim tarihi: 2024). Grup Teknolojisi ve Hücresel Üretim. Erişim adresi: www.yildiz.edu.tr/~tuzkaya/MUP_Ders_Notlari/GRUP_TEKNOLOJISI_VE_HUCRESEL_URETIM.pdf

EKLER

Ek 1.Ön Araştırmada Kullanılan Uzman Değerlendirme Formu

Ek 2.Ön Araştırmada Kullanılan Mülakat Soruları

Ek 3.SPSS Programı İle Betimleyici İstatistik Tabloları

Ek 4.SPSS Programı İle Tanımlayıcı İstatistik Tabloları

Ek 5.SPSS Programı İle Güvenirlik Analizi Sonuçları



EK 1

ÖN ARAŞTIRMADA KULLANILAN UZMAN DEĞERLENDİRME FORMU

Bu çalışma, bir yüksek lisans tezi için kullanılacak olup, formu üretim departmanında çalışanların ileri üretim teknolojilerinin performansında etkili olan kriterleri belirlemesine yönelik tasarlanmıştır. Araştırmada hiç bir şekilde kişisel bilgileriniz istenmeyecektir. Vereceğiniz cevaplar sadece bu araştırma için kullanılacaktır ve bunun dışında hiçbir kişi, kurum veya kuruluş ile paylaşılmayacaktır. Vereceğiniz cevapların gerçeği yansıtması, araştırmanın doğruluğu ve güvenilirliğini sağlayacaktır. Vereceğiniz cevaplar kesinlikle doğru ve yanlış olarak değerlendirilmeyecektir. Zamanınızı ayırdığınız için şimdiden teşekkür ederiz.

Eğitim

Durumu:.....

Kaç yıldır üretim departmanında

çalışıyorsunuz?:.....

Üretim departmanındaki göreviniz

nedir?:.....

Lütfen aşağıdaki ifadelere katılma derecenizi 1- Kesinlikle Katılmıyorum, 2- Katılmıyorum, 3- Ne Katılıyorum Ne Katılmıyorum, 4- Katılıyorum, 5- Kesinlikle Katılıyorum olacak şekilde ifadelerin altındaki kutuları işaretleyerek belirtiniz.		Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Ne Katılıyorum Ne Katılmıyorum	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
İleri Üretim Teknoloji Performansı						
Maliyet Performansı		☐	☐	☐	☐	☐
1	İleri üretim teknolojilerinin ürün maliyetleri üzerinde azaltıcı bir etkisi vardır	☐	☐	☐	☐	☐
2	İleri üretim teknolojilerinin girdi maliyetleri üzerinde azaltıcı bir etkisi vardır.	☐	☐	☐	☐	☐
3	İleri üretim teknolojilerinin birim maliyetler üzerinde azaltıcı bir etkisi vardır.	☐	☐	☐	☐	☐
4	İleri üretim teknolojilerinin bakım maliyetleri üzerinde azaltıcı bir etkisi vardır.	☐	☐	☐	☐	☐
5	İleri üretim teknolojilerinin malzeme aktarma maliyetleri üzerinde azaltıcı bir etkisi vardır.	☐	☐	☐	☐	☐
6	İleri üretim teknolojilerinin stok maliyetleri üzerinde azaltıcı bir etkisi vardır.	☐	☐	☐	☐	☐

7	İleri üretim teknolojilerinin demirbaş maliyetleri üzerinde azaltıcı bir etkisi vardır.	☐	☐	☐	☐	☐
8	İleri üretim teknolojilerinin parça kullanım maliyetleri üzerinde azaltıcı bir etkisi vardır.	☐	☐	☐	☐	☐
Zaman Performansı		☐	☐	☐	☐	☐
9	İleri üretim teknolojileri işlem hazırlık sürelerini azaltmıştır.	☐	☐	☐	☐	☐
10	İleri üretim teknolojileri tasarım döngü sürelerini hızlandırmıştır.	☐	☐	☐	☐	☐
11	İleri üretim teknolojileri depolama sürelerini azaltmıştır.	☐	☐	☐	☐	☐
12	İleri üretim teknolojileri ile yeni ürünlerin pazara sunulması hızlanmıştır.	☐	☐	☐	☐	☐
13	İleri üretim teknolojileri imalat işlem hızını arttırmıştır.	☐	☐	☐	☐	☐
14	İleri üretim teknolojileri çıktı zamanlarını azaltmıştır.	☐	☐	☐	☐	☐
Verimlilik Performansı		☐	☐	☐	☐	☐
15	İleri üretim teknolojileri kusurlu üretim oranı önemli ölçüde azaltmıştır.	☐	☐	☐	☐	☐
16	İleri üretim teknolojileri ile fabrika kullanım alanlarında önemli ölçüde fayda sağlanmıştır.	☐	☐	☐	☐	☐
17	İleri üretim teknolojileri ile taşıma miktarlarında önemli ölçüde fayda sağlanmıştır.	☐	☐	☐	☐	☐
18	İleri üretim teknolojileri öz sermaye karlılığını geliştirmiştir.	☐	☐	☐	☐	☐
19	İleri üretim teknolojileri hurda oranlarını azaltmıştır.	☐	☐	☐	☐	☐

Anketimize katıldığınız için teşekkür ederiz.

EK 2

ÖN ARAŞTIRMADA KULLANILAN MÜLAKAT SORULARI

1. İşletmenin kuruluş tarihi nedir?
2. İşletmede toplam çalışan sayısı kaçtır?
3. İşletme hangi sektörde faaliyet göstermektedir?
4. İşletmenizde kaç farklı departman bulunmaktadır?
5. Bu departmanlarda kullandığınız teknolojiler nelerdir?
6. Üretimde kullandığınız teknolojiler nelerdir?
7. Bu teknolojileri tercih etmenizdeki amaç veya kriterler nelerdir?
8. Bu kriterlerden yola çıkarak üretim teknolojisinin veya teknolojilerinin performansı sizce nasıl değerlendirilmelidir?
9. Üretim teknolojileri işletmenin rekabetçi pozisyonunu ne ölçüde etkilemiştir?
10. Peki, bu teknolojiler işletmenin satışlarını ve karlılığını ne ölçüde etkilemiştir?
11. Üretim teknolojilerinin ürünlerin üzerindeki etkisini nasıl açıklarsınız?
12. Üretim teknolojileri hangi maliyetler üzerinde etkili olmuştur?
13. Bu maliyetler, üretim teknolojilerinin performanslarının değerlendirilmesinde ne ölçüde önemlidir?
14. Peki, üretim teknolojilerinin malzeme aktarma maliyetleri üzerinde etkisi var mıdır? Varsa bu etki ne derecede önemlidir?
15. Üretim teknolojileri sayesinde kusurlu üretim sayısında herhangi bir azalma oldu mu? Bu durumu nasıl değerlendirirsiniz?
16. Kullandığınız üretim teknolojileri ile işlem hazırlık sürelerinin azalması üretimin verimliliğini artırdı mı?
17. Üretim teknolojilerini kullanarak fabrika kullanım alanında bir fayda sağlandı mı? Sağladıysa bu faydalara örnek verebilir misiniz?
18. İmalat işlem hızı ve tasarım döngü sürelerine üretim teknolojilerinin bir etkisi oldu mu? Bu etkiyi nasıl açıklarsınız?
19. Üretim teknolojileri sayesinde taşıma miktarlarında ne ölçüde bir artış oldu? Bu artış işletmeye ne faydalar sağladı?
20. Üretim teknolojilerinin performans değerlendirilmesi kapsamında yaptığım araştırmayla ortaya çıkan 12 kritere (birim maliyeti, ürün maliyeti...) eklemek ve çıkarmak istediğiniz bir kriter veya herhangi bir öneriniz var mı?

EK 3

SPSS PROGRAMI İLE BETİMLEYİCİ İSTATİSTİK TABLOLARI

Statistics

		Eğitimdurumu	Görevyılı	Görevi
N	Valid	5	5	5
	Missing	0	0	0

Eğitimdurumu

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	lisans	2	40,0	40,0	40,0
	yükseklisans	3	60,0	60,0	100,0
	Total	5	100,0	100,0	

Görevyılı

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	5,00	1	20,0	20,0	20,0
	8,00	1	20,0	20,0	40,0
	10,00	2	40,0	40,0	80,0
	12,00	1	20,0	20,0	100,0
	Total	5	100,0	100,0	

Görevi

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	kalite kontrol uzmanı	1	20,0	20,0	20,0
	tedarik zinciri yöneticisi	1	20,0	20,0	40,0
	üretim müdürü	2	40,0	40,0	80,0
	üretim mühendisi	1	20,0	20,0	100,0
	Total	5	100,0	100,0	

EK 4

SPSS PROGRAMI İLE TANIMLAYICI İSTATİSTİK TABLOLARI

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
maliyet1	5	3,00	4,00	3,8000	,44721
maliyet2	5	4,00	5,00	4,2000	,44721
maliyet3	5	4,00	5,00	4,4000	,54772
maliyet4	5	3,00	3,00	3,0000	,00000
maliyet5	5	3,00	4,00	3,6000	,54772
maliyet6	5	4,00	5,00	4,6000	,54772
maliyet7	5	3,00	4,00	3,2000	,44721
maliyet8	5	3,00	4,00	3,8000	,44721
zaman9	5	4,00	5,00	4,2000	,44721
zaman10	5	4,00	5,00	4,6000	,54772
zaman11	5	4,00	5,00	4,6000	,54772
zaman12	5	4,00	5,00	4,6000	,54772
zaman13	5	4,00	5,00	4,6000	,54772
zaman14	5	4,00	5,00	4,2000	,44721
verimlilik15	5	4,00	5,00	4,4000	,54772
verimlilik16	5	4,00	5,00	4,4000	,54772
verimlilik17	5	3,00	4,00	3,6000	,54772
verimlilik18	5	3,00	4,00	3,6000	,54772
verimlilik19	5	4,00	5,00	4,6000	,54772
Valid N (listwise)	5				

EK 5

SPSS PROGRAMI İLE GÜVENİRLİK ANALİZİ SONUÇLARI

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	5	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	5	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,789	19

ÖZGEÇMİŞ

1. Adı Soyadı : Cafiye ARSLANER

**2.Öğrenim : Yüksek Lisans
Durumu**

Derece	Alan	Üniversite	Yıl
Lisans	İşletme	Atatürk Üniversitesi	2008-2012
Yüksek Lisans (tezsiz)	İşletme	Erciyes Üniversitesi	2013-2015
Yüksek Lisans	Üretim Yönetimi ve Pazarlama	Kocaeli Üniversitesi	2022-2025

3. Yayınlar

A. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında (Proceeding) basılan bildiriler;

1. ARSLANER, C., & YARLIKAŞ, S., (2018). GLOBAL SUPPLY CHAIN MANAGEMENT: CRITICAL SUCCESS FACTORS AND THEIR IMPACT THROUGH A LITERATURE SURVEY. International Conference on Empirical Economics and Social Sciences (ICEESS'18), Balıkesir/Bandırma, Turkey
2. ARSLANER, C., & YARLIKAŞ, S., (2018). Havalimanlarının MOORA Oran Yöntemi ve MOORA Referans Noktası Yaklaşımıyla Sıralama Değerlendirmesi. Uluslararası Sosyal Bilimlerde Yeni Yaklaşımlar ve Eğilimler Kongresi, Kocaeli, Turkey

3. ARSLANER, C., & YARLIKAŞ, S., (2019). PROMETHEE YÖNTEMİ İLE FORKLİFT SEÇİMİ. Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi (BAHAR 2019), Kocaeli, Turkey

B. Dergilerde Yayınlanan Makaleler;

1. YARLIKAŞ, S., ARSLANER, C., & BARIŞ, Ö. A., (2019). AHŞAP ESASLI LEVHA SEKTÖRÜNDE KAPLI LEVHA ÜRETİMİNDE KULLANILAN MAKİNELERİN VERİMLİLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE PROMETHEE YÖNTEMİ İLE ÜRETİM HATLARININ PERFORMANS SIRALAMASININ BELİRLENMESİ: ÖRNEK BİR ÇALIŞMA. The Journal of International Social Research/Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, vol.12, no.67, 988-996.
2. YARLIKAŞ, S., & ARSLANER, C., (2019). SWARA ve COPELAND Yöntemleri ile Global Tedarik Zinciri Yönetimini Etkileyen Faktörlerin Önem Düzeylerinin Değerlendirilmesi. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, vol.19, no.4, 83-104.