



GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE LASTİK ÜRETİMİNDE HATA TESPİTİ UYGULAMASI

**2024
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

Akın Bahattin ŞEN

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Selçuk ÖZCAN**

**GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE LASTİK ÜRETİMİNDE HATA TESPİTİ
UYGULAMASI**

Akın Bahattin ŞEN

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Selçuk ÖZCAN**

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Haziran 2024**

Akın Bahattin ŞEN tarafından hazırlanan “GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE LASTİK ÜRETİMİNDE HATA TESPİTİ UYGULAMASI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Selçuk ÖZCAN

.....

Tez Danışmanı, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 28/06/2024

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Yusuf Sait TÜRKAN (İÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Ziyaeddin BULUM (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Selçuk ÖZCAN (KBÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Zeynep ÖZCAN

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Akın Bahattin ŞEN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE LASTİK ÜRETİMİNDE HATA TESPİTİ UYGULAMASI

Akın Bahattin ŞEN

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Selçuk ÖZCAN

Haziran 2024, 116 sayfa

Günümüzün rekabetçi endüstriyel ortamında, yerinde kalitenin sağlanması üretim süreçlerinde büyük önem taşımaktadır. Yerinde kalite, hataların üretim aşamasında hemen tespit edilip düzeltilmesini ve böylece maliyetlerin düşürülmesini sağlar. Ürünlerde kalite sorunlarının erken tespiti, müşteri memnuniyetini artırır ve firmalara rekabet avantajı kazandırır. Ayrıca verimliliği artırarak maliyetleri düşürür ve süreçlerin daha güvenilir hale gelmesini sağlar. Bu çalışma, Türkiye'nin önde gelen lastik fabrikalarından birindeki üretim süreçlerinin, görüntü işleme teknolojisi ile iyileştirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Otomobil lastik üretim süreci esnasında turuncu renkli bir malzeme, siyah bir madde ile tamamen boşluksuz bir şekilde kaplanması gerekmektedir. Bu kaplamanın sorunsuz olması kaliteyi doğrudan etkileyen bir faktördür. Mevcut durumda kaplama işlemi sonunda gözle kontrol yapılmaktadır fakat bu durum bazı hataların gözden kaçmasına neden olmaktadır. Bunun yanında insan gözünün fark edemeyeceği boşluklar da olabilmektedir. Burada

görüntü işleme ile hata tespiti insandan çok daha iyi performans göstermektedir. Görüntü işleme teknolojisi, materyal bölümündeki üretim sürecinde manuel kontrolün azaltılmasına ve hatalı parça tespitinin otomatik hale getirilmesine olanak sağlamıştır. Teknolojinin daha etkili kullanılabilmesi için renk uzayları arasında yapılan tercih, renklerin daha doğru ve etkili bir şekilde ayırt edilmesine katkıda bulunmuştur. Sadece üretimin küçük bir prosesinde uygulanan bu teknolojik iyileştirmelerle, günlük %1 daha az hatalı lastik üretimi hedeflenmiştir.

Bu çalışmanın sonuçları, görüntü işleme teknolojisinin üretim süreçlerinde nasıl etkili bir şekilde kullanılabileceğini ve özellikle JLB makinesindeki manuel kontrol ve hatalı parça tespiti sorunlarını önemli ölçüde azaltabileceğini göstermektedir. Teknolojik iyileştirmelerin tam anlamıyla etkili olabilmesi için operatörlerin eğitimi ve sürekli olarak güncellenen bir veri setine ihtiyaç duyulmaktadır. Görüntü işleme teknolojisinin bu iyileştirmeleri, fabrika üretkenliğini ve verimliliğini artırarak maddi kayıpları minimize etme potansiyeline sahiptir. Ayrıca, bu yeniliklerin diğer üretim süreçlerine uygulanabilirliği ve potansiyel etkileri üzerine daha geniş çaplı araştırmalar yapılması önerilmektedir. Bu bağlamda, gelecekteki çalışmalarda, görüntü işleme teknolojisinin farklı sektörlerde ve üretim süreçlerinde nasıl kullanılabileceğini incelemek, teknolojinin potansiyelini daha geniş bir perspektiften değerlendirmek açısından önemli olacaktır.

Anahtar Sözcükler : Görüntü İşleme, Kalite Kontrol, Hata Analizi

Bilim Kodu : 90619

ABSTRACT

Master Thesis

FAULT DETECTION APPLICATION IN TIRE PRODUCTION WITH IMAGE PROCESSING

Akın Bahattin ŞEN

**Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Industrial Engineer**

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Selçuk ÖZCAN

June 2024, 116 pages

In today's competitive industrial environment, ensuring on-site quality is of paramount importance in production processes. On-site quality ensures that defects are detected and corrected immediately during the production phase, thus reducing costs. Early detection of quality problems in products increases customer satisfaction and gives companies a competitive advantage. It also increases productivity, reduces costs and makes processes more reliable. This study was conducted to improve the production processes in one of the leading tire factories in Turkey by using image processing technology. During the automobile tire production process, an orange colored material needs to be completely gaplessly coated with a black material. The smoothness of this coating is a factor that directly affects quality. Currently, visual inspection is performed at the end of the retreading process, but this causes some defects to be overlooked. In addition, there may be gaps that the human eye cannot notice. Here, error detection with image processing performs much better than the human eye. Image processing

technology has made it possible to reduce manual control in the production process in the materials department and to automate the detection of defective parts. In order to use the technology more effectively, the choice between color spaces contributed to more accurate and effective color discrimination. With these technological improvements applied only to a small part of the production process, 1% fewer defective tires were produced per day.

The results of this study show how image processing technology can be used effectively in production processes and significantly reduce the problems of manual inspection and defective part detection, especially on the JLB machine. For technological improvements to be fully effective, training of operators and a continuously updated data set are needed. These improvements in image processing technology have the potential to minimize material losses by increasing factory productivity and efficiency. Further research on the applicability and potential impact of these innovations to other manufacturing processes is also recommended. In this context, it will be important for future studies to examine how image processing technology can be used in different sectors and production processes in order to evaluate the potential of the technology from a broader perspective.

Key Word : Image Processing, Quality Control, Fault Analysis

Science Code : 90619

TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütölmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, yüksek lisans sürecim boyunca her zaman ilgi gösteren, bilgi ve deneyimlerini paylaşan ve beni yetiőtiren çok değerli hocam, kıymetli danıőmanım Dr. Öğr. Üyesi Selçuk ÖZCAN'a içten teşekkürlerimi sunmak isterim.

Hayatım boyunca, emeklerini, yardımlarını ve sevgilerini daima hissettiğim aileme, bu zor dönemdeki destekleri için tüm kalbimle teşekkür ederim.

Ayrıca tüm bu süreçler de maddi ve manevi desteğini asla esirgemeyen arkadaşlarıma kucak dolusu sevgilerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa</u> |
|--|---|
| KABUL..... | ii |
| ÖZET..... | iv |
| ABSTRACT..... | vi |
| TEŞEKKÜR..... | viii |
| İÇİNDEKİLER | ix |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | xiv |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | 1 |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ | Hata! Yer işareti tanımlanmamış. |
| | |
| BÖLÜM 1 | 2 |
| GİRİŞ | 2 |
| | |
| BÖLÜM 2 | 2 |
| KALİTE KONTROL | 2 |
| 2.1. KALİTE KAVRAMI VE ÖNEMİ | 2 |
| 2.2. KALİTE KAVRAMININ TARİHSEL GELİŞİMİ | 4 |
| 2.3. KALİTE KAVRAMI ÖRNEKLERİ | 6 |
| 2.3.1. Japonya’da Kalite Kontrol Kavramı..... | 6 |
| 2.3.2. Amerika’da Kalite Kontrol Kavramı | 7 |
| 2.4. KALİTE BİLEŞENLERİ | 7 |
| 2.4.1. Tasarım Kalitesi | 7 |
| 2.4.2. Uygunluk Kalitesi..... | 8 |

Sayfa

| | |
|--|----|
| 2.4.3. Performans Kalitesi | 8 |
| 2.5. KALİTE KONTROL VE GELİŞİMİ..... | 8 |
| 2.5.1. Kalite Kontrolünde İstatistik Yöntemlerin Yeri ve Önemi | 10 |
| 2.5.1.1. Çetele Tablosu | 11 |
| 2.5.1.2. Histogram (Dağılım)..... | 12 |
| 2.5.1.3. Pareto Analizi..... | 13 |
| 2.5.1.4. Gruplandırma | 14 |
| 2.5.1.5. Neden-Sonuç Analizi | 14 |
| 2.5.1.6. Serpilme (Saçılma-Regresyon Korelasyon Analizi) Diyagramı | 15 |
| 2.5.1.7. Kontrol Şemaları | 16 |
| 2.6. TOPLAM KALİTE KONTROL (TKK) | 16 |
| 2.7. TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ (TKY)..... | 18 |
| 2.7.1. Toplam Kalite Yönetimi Sistem Yaklaşımı..... | 19 |
| 2.7.2. Kalite Yönetim Sistemleri Arasındaki Farklılıklar | 20 |
| 2.7.3. Toplam Kalite Yönetiminin İlkeleri..... | 21 |
| 2.7.3.1. Liderlik..... | 22 |
| 2.7.3.2. Müşteri Odaklılık | 22 |
| 2.7.3.3. Ekip Çalışması | 23 |
| 2.7.3.4. Stratejik Yönetim | 23 |
| 2.7.3.5. Çalışanların Katılımı/Takım Çalışması | 23 |
| 2.7.3.6. Sürekli İyileştirme / Kaizen | 24 |
| | |
| BÖLÜM 3 | 25 |
| JIDOKA | 25 |
| 3.1. JİDOKA’NIN TARİHSEL GELİŞİMİ | 25 |
| 3.1.1. Meiji Restorasyonu..... | 25 |
| 3.1.2. Sakichi Toyoda ve Dokuzhtarlar Modeli..... | 26 |
| 3.1.3. Kiichiro Toyoda ve Oto Jidoka:..... | 26 |
| 3.2. JİDOKA’NIN TEMEL İLKELERİ VE UYGULAMA ALANLARI..... | 26 |
| 3.2.1. Temel İlkeler..... | 27 |
| 3.2.2.Uygulama Alanları..... | 27 |

| | Sayfa |
|--|--------------|
| 3.3. JİDOKA’NIN ÜRETİM SÜREÇLERİNDEKİ ROLÜ | 28 |
| 3.3.1. Üretim Süreçlerindeki İşleyişi ve Nasıl Uygulandığı..... | 28 |
| 3.3.1.1. Hata Algılama | 29 |
| 3.3.1.2. Süreç İzleme..... | 29 |
| 3.3.1.3. Otomatik Durma | 30 |
| 3.3.1.4. Hata Bildirimi | 31 |
| 3.3.2. Kalite Kontrol ve Hata Tespiti Süreçlerindeki Rolü..... | 31 |
| 3.3.2.1. Kalite Kontrol | 32 |
| 3.3.2.2. Sürekli İyileştirme..... | 33 |
| 3.3.3.3. Veri Analizi | 34 |
| 3.3.3.4. Hata Azaltma..... | 35 |
| | |
| BÖLÜM 4 | 36 |
| GÖRÜNTÜ İŞLEME..... | 36 |
| 4.1. GÖRÜNTÜ İŞLEMENİN KÖKENLERİ..... | 36 |
| 4.1.1. Görüntü İşleme Teriminin Ortaya Çıkışı | 37 |
| 4.1.2. İlk Görüntü İşleme Uygulamaları..... | 37 |
| 4.2. ANALOG GÖRÜNTÜ İŞLEME DÖNEMİ | 38 |
| 4.2.1. Analog Görüntü İşleme Teknikleri ve Araçlar..... | 38 |
| 4.2.1.1. Analog Görüntü İşleme Teknikleri..... | 39 |
| 4.2.1.2. Analog Görüntü İşleme Araçları ve Cihazları..... | 39 |
| 4.2.2. Analog Görüntü İşleme Uygulamaları..... | 40 |
| 4.3. DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEMENİN DOĞUŞU..... | 41 |
| 4.3.1. Dijital Görüntü İşleme Teknolojilerinin Gelişimi | 41 |
| 4.3.2. Dijital Görüntü İşleme Yöntemlerinin Temelleri..... | 42 |
| 4.3.2.1. Piksel (Pixel)..... | 43 |
| 4.3.2.2. Çözünürlük (Resolution) | 43 |
| 4.3.2.3. Gri Tonlama (Grayscale)..... | 44 |
| 4.3.2.4. RGB | 44 |
| 4.3.2.5. Eşitleme (Thresholding) | 44 |
| 4.4. GÖRÜNTÜ İŞLEMENİN TİCARİ VE ENDÜSTRİYEL KULLANIMI | 44 |
| 4.4.1. Dijital Görüntü İşleme Uygulamalarının Yaygınlaşması..... | 45 |

| | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| 4.4.2. Ticari Görüntü İşleme Sistemlerinin Yükselişi | 46 |
| 4.5. DERİN ÖĞRENME VE GÖRÜNTÜ İŞLEME..... | 47 |
| 4.5.1. Derin Sinir Ağlarının Görüntü İşleme Alanına Etkisi | 47 |
| 4.5.2. Convolutional Neural Networks (CNN) ile Görüntü İşleme..... | 48 |
| 4.6. GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNOLOJİSİNİN MODERN UYGULAMALARI | 49 |
| 4.6.1. Tıp Alanında Görüntü İşleme Uygulamaları | 49 |
| 4.6.2. Otomotiv ve Ulaşım Sektöründeki Görüntü İşleme Uygulamaları | 50 |
| 4.6.3. Endüstri 4.0 ve Akıllı Üretimde Görüntü İşleme..... | 51 |
| 4.6.3.1. Kalite Kontrolü | 51 |
| 4.6.3.2. Ürün İzleme | 52 |
| 4.6.3.3. Hızlı Tepki | 53 |
| 4.6.3.4. İnsansız Araçlar ve Robotlar..... | 53 |
| 4.6.3.5. Veri Toplama ve Analiz:..... | 53 |
| 4.7. GÖRÜNTÜ İŞLEMENİN GELECEĞİ | 54 |
| 4.7.1. Görüntü İşleme Teknolojilerinin Gelecekteki Yönelimleri | 54 |
| 4.7.1.1. Artırılmış ve Sanal Gerçeklik | 54 |
| 4.7.1.2. Makine Görüşü Uygulamaları | 55 |
| 4.7.1.3. Hız ve Veri İşleme..... | 56 |
| 4.7.1.4. Üretim ve Kalite Kontrolü | 58 |
| 4.7.1.5. Güvenlik ve Gözetim | 58 |
| 4.7.1.6. Çevresel Uygulamalar..... | 59 |
| 4.7.1.7. Eğitim ve Öğrenme | 60 |
| 4.7.1.8. Etiğe Duyarlılık ve Gizlilik..... | 61 |
| 4.7.2. Görüntü İşleme ve Yapay Zeka Entegrasyonu | 62 |
| BÖLÜM 5 | 64 |
| LİTERATÜR TARAMASI | 64 |
| BÖLÜM 6 | 84 |
| UYGULAMA | 84 |
| 6.1. ŞİRKETİN TARİHÇESİ | 84 |
| 6.2. FABRİKADA ÜRETİM HATTI | 84 |

| | <u>Sayfa</u> |
|--|---------------------|
| 6.2.1. Mixing Bölümü | 85 |
| 6.2.1.1. Mixing Prosesinin Adımları..... | 85 |
| 6.2.1.2. Mixing Prosesinde Kullanılan Teknolojiler | 86 |
| 6.2.1.3. Mixing Prosesinin Önemi | 86 |
| 6.2.2. Materyal Bölümü..... | 86 |
| 6.2.2.1. Materyal Prosesinde Kullanılan Teknolojiler | 87 |
| 6.2.2.2. Materyal Prosesinin Önemi | 87 |
| 6.2.3. Topping Bölümü | 87 |
| 6.2.4. Building Bölümü | 88 |
| 6.2.4.1. Building Prosesi Adımları..... | 88 |
| 6.2.4.2. Building Prosesinin Önemi | 89 |
| 6.2.5. Curing Bölümü | 89 |
| 6.2.5.1. Curing Prosesinde Kullanılan Teknolojiler:..... | 89 |
| 6.2.5.2. Curing Prosesinin Önemi | 89 |
| 6.2.6. Inspection Bölümü..... | 90 |
| 6.2.6.1. Inspection Prosesinin Adımları..... | 90 |
| 6.2.6.2. Inspection Prosesinin Önemi | 91 |
| 6.3. UYGULAMANIN AMACI VE HEDEFİ..... | 91 |
| 6.4. UYGULAMA'NIN ÖNEMİ | 92 |
| 6.6. MEVCUT DURUM ANALİZİ | 92 |
| 6.7. ÇÖZÜM YÖNTEMİ | 97 |
| | |
| BÖLÜM 7 | 1033 |
| SONUÇ VE TARTIŞMA | 1033 |
| KAYNAKLAR..... | 1055 |
| | |
| ÖZGEÇMİŞ | 1166 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

| | |
|---|------|
| Şekil 2.1. Kalite Kontrol kavramının tarihsel anlam yolculuğu | 5 |
| Şekil 2.2. Histogram örneği | 13 |
| Şekil 2.3. Pareto diyagramı örneği | 14 |
| Şekil 2.4. Neden-Sonuç diyagramı örneği | 15 |
| Şekil 2.5. Serpilme diyagramı örneği | 16 |
| Şekil 2.6. Kalite fonksiyonlarının sistem entegrasyonu | 20 |
| Şekil 4.1. Temel görüntü işleme örneği | 41 |
| Şekil 5.1. Endüstride kullanılan yapay görme otomasyonu örneği | 66 |
| Şekil 5.2. Geliştirilen sistemin şematik görünümü örneği | 67 |
| Şekil 5.3. Eşiklenmiş Frame örneği | 69 |
| Şekil 5.4. Görüntü farkları örneği | 72 |
| Şekil 5.6. Yolov4 ile yapılan nesne tespiti algoritmasının gerçek zamanlı sonuçları | 77 |
| Şekil 5.7. Bitki fabrikası sisteminin bileşimi ve ışık durumu örneği | 80 |
| Şekil 5.8. Endüstri 4.0 sisteminin 6G tabanlı akıllı fabrikasında IoT örneği | 83 |
| Şekil 6.1. Genel üretim süreci örneği | 85 |
| Şekil 6.2. Ünitelerin içindeki Building proselerine materyal taşıma durumu örneği | 88 |
| Şekil 6.3. JLB makinesi örneği | 92 |
| Şekil 6.4. Kauçuk kaplanmamış Kord (ip)'lu bobin örneği | 93 |
| Şekil 6.5. Kaplanmış ve 10 parçaya ayrılmış Kord'lu bobin örneği | 93 |
| Şekil 6.6. Kaplanmış normal(solda) ve kaplanmamış (sağda) malzeme örneği | 96 |
| Şekil 6.8. PyCharm ana ekran görünümü | 100 |
| Şekil 6.9. HSV renk uzayında renk kodu ayarlama örneği | 100 |
| Şekil 6.10. Kaplanmamış alan olan hatalı malzeme örneği | 1011 |
| Şekil 6.11. Hatalı parça ile çıkan ilk görsel örneği | 1022 |
| Şekil 6.12. Hatalı parça ile çıkan ikinci görsel örneği | 1022 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

| | |
|--|----|
| Çizelge 2-1. Çetele Diyagramı Örneği..... | 12 |
| Çizelge 2-2. Kalite Yönetim Sistemleri Arasındaki Farklılıklar Örneği..... | 21 |
| Çizelge 4-1. Analog ve Dijital Arasındaki Farklar Örneği | 43 |
| Çizelge 6-1. Günlük Kazanılacak Lastik Adedi Örneği..... | 95 |
| Çizelge 6-2. Günlük Kazanılacak Lastik Adedi Örneği-2 | 96 |

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Günümüzün rekabetçi endüstriyel ortamında, kalite kontrol ve hata tespiti, üretim süreçlerinin kritik bir parçası haline gelmiştir. Özellikle imalat sektöründe, hataların erken tespiti ve düzeltilmesi, ürün kalitesi, müşteri memnuniyeti ve marka itibarı açısından hayati önem taşımaktadır. Bu bağlamda, kalite kontrol süreçlerinin etkin bir şekilde yönetilmesi ve hataların en aza indirilmesi, işletmelerin rekabet avantajı elde etmesine ve sürdürülebilir başarıya ulaşmasına yardımcı olmaktadır.

Kalite kontrolün temel amacı, hataların tespit edilmesi ve düzeltilmesi suretiyle ürün kalitesinin artırılmasıdır. Bu amaçla, çeşitli kalite kontrol tespit ve önleme yöntemleri kullanılmaktadır. İstatistiksel Süreç Kontrolü (SPC), üretim sürecindeki değişkenlikleri izleyerek ve analiz ederek süreçteki anormallikleri tespit eder. FMEA (Hata Türü ve Etki Analizi), potansiyel hata modlarını, nedenlerini ve etkilerini analiz ederek hata olasılıklarını azaltır. 5N1K Analizi (Neden-Neden Analizi), sorunların temel nedenlerini belirlemek ve kök nedenlerin tespitiyle hataların tekrarlanmasını önlemek için kullanılır. Poka-Yoke (Hata Önleme Cihazları), işçilerin hataları önlemek için basit ve etkili cihazlar kullanmasını sağlar, böylece hatalar tespit edilip düzeltilir. Jidoka kavramı ise, otomatik hata tespiti ve durdurma yeteneğiyle kalite kontrol süreçlerini güçlendiren önemli bir yaklaşımdır. Jidoka, operatörlerin hataları tespit etmelerine ve müdahale etmelerine olanak tanır, bu sayede hatalı ürünlerin üretimi durdurulur ve kalite artırılır. Jidoka ile işletmelerin verimliliği de artırılır [1].

Görüntü işleme teknikleri Jidoka'nın önemli bir rol oynamaktadır. Bu teknikler, üretim sürecinde oluşabilecek hataları otomatik olarak tespit edebilir ve operatörlere bildirebilir. Örneğin, kamera sistemleri kullanılarak ürünlerin görüntüleri

analiz edilebilir ve kusurlar belirlenebilir. Böylece, hatalı ürünlerin hızlı bir şekilde tespit edilip işlemden çıkarılması sağlanır. Bu sayede ürün kalitesinin artırılmasına ve hatalı ürünlerin müşterilere ulaşmasının önlenmesine katkı sağlar. Görüntü işleme teknikleri, Jidoka'nın etkinliğini artıran ve kalite kontrol süreçlerine değer katan önemli bir araçtır. Bu bağlamda, tez kapsamında bir makinede gerçekleştirilen görüntü işleme tabanlı bir uygulama, hataların renk ayrımı yoluyla tespitini sağlamaktadır. Bu uygulama, görüntü işleme teknolojisinin kalite kontrol süreçlerine entegrasyonunun bir örneğini sunmakta ve hata tespiti sürecini otomatikleştirmektedir.

Bu çalışma, Türkiye'nin önde gelen bir lastik fabrikasında gerçekleştirilen bir araştırmayı temel alarak, görüntü işleme tekniklerinin otomatik hata tespit amacıyla kullanımının önemini vurgulamaktadır. Araştırma, fabrikanın üretim süreçlerinde hataların manuel olarak tespitini ve kontrolünü azaltmayı hedeflemektedir. Özellikle, materyal bölümünde yapılan işlemlerdeki hataların otomatik olarak algılanması ve düzeltilmesi amaçlanmaktadır. Böylece, operatörlerin manuel kontrolünden kaynaklanan üretim kayıpları azaltılmış ve günlük üretim miktarında artış sağlanmıştır. Bu çalışma, lastik üretimindeki kalite kontrol süreçlerinde görüntü işleme tekniklerinin kullanılmasının önemini ortaya koymaktadır.

Tezin devam eden birinci bölümünde; kalite kontrol kavramının önemi, tarihsel gelişimi, kalite bileşenleri, toplam kalite kontrol (TKK) ve toplam kalite yönetimi (TKY) konuları açıklanmıştır. İkinci bölümünde; Jidoka'nın tarihsel gelişimi, temel ilkeleri ve üretim süreçlerindeki rolü konuları ele alınmıştır. Üçüncü bölümünde; Görüntü işleme konusunun kökenleri, analog ve dijital görüntü işlemenin doğuşu, derin öğrenme ve görüntü işlemenin ilişkisi ve görüntü işlemenin geleceği konuları hakkında açıklamalar yapılmıştır. Dördüncü bölümünde; Piyasadaki literatürler taranmıştır. Beşinci bölümde; Uygulama yapılan işletme hakkında genel bilgiler, mevcut durum analizi ve çözüm yöntemleri hakkında genel bilgiler verilmiştir. Son bölümde sonuçlar hakkında inceleme, yorum ve önerilerde bulunulmuştur.

BÖLÜM 2

KALİTE KONTROL

Kalite kontrol, bir ürün veya hizmetin belirlenmiş standartlara uygunluğunu sağlama sürecini ifade eder. Bu süreç, üretim süreçlerinin her aşamasında ve ürünün tamamlanmış haliyle ilgili testleri içerir. Amaç, müşteri beklentilerini karşılamak, ürün kalitesini artırmak ve olası hataları önlemektir. Kalite kontrol, ölçüm, test, denetim ve değerlendirmeleri içerir ve genellikle belirli endüstri standartlarına ve yönergelerine dayanır. İşletmeler, kalite kontrol süreçlerini uygulayarak ürünlerinin kalitesini artırabilir, müşteri memnuniyetini sağlayabilir ve rekabet avantajı elde edebilirler. Kalite kontrol aynı zamanda hataları erken tespit edip düzeltmeyi hedefler, böylece ürünlerin pazarlama aşamasında veya müşteriye ulaştıktan sonra ortaya çıkabilecek sorunları minimize eder [2].

2.1. KALİTE KAVRAMI VE ÖNEMİ

Kelime kökeni olarak, 'kalite', Latince'deki 'Qualis' kelimesinden türemiş ve 'Qualitas' kelimesi ile ifade edilmiştir. Temelde, 'kalite' terimi, bir ürünün veya hizmetin doğasını ve niteliklerini tanımlama amacını taşır. Bu kelime, günlük konuşmalarda genellikle bir şeyin mükemmeliyetini ve üstünlüğünü, yani kaliteye tabi olan ürün veya hizmetin üstün niteliklere sahip olduğunu ifade eder [3].

Kalite, bir şeyin belirli gereksinimlere ne kadar uygun olduğunu ifade eden bir kavramdır. İşletmelerin başarılı olabilmesi, kaliteyi anlayıp uygulama yetenekleriyle yakından ilişkilidir. Bugünün işletmeleri, ürünlerin tasarımından başlayarak sunum ve hizmet sonrası aşamalarda kaliteyi öncelikli hedef olarak benimseyerek rekabet avantajı elde etmektedirler. Kalite, temelde tüketicilerin beklentilerini aşan ürün ve hizmetlerin etkili bir şekilde üretimi ve sunumu anlamına gelir. İşletmeler, kaliteli

ürünler ve hizmetler sunabilmek için tüm kalite süreçlerini etkili bir şekilde yönetmelidirler [4].

Kaliteyi tanımlayan bazı önde gelen isimlerin görüşleri şunlardır [5]:

- Kotler'e göre, kalite, bir ürünün müşteri taleplerini karşılama yeteneğinin bir özeti olarak düşünülebilir.
- Juran'a göre kalite, tüketici ihtiyaçlarına uygunluğun ötesinde, estetik, dayanıklılık, güvenilirlik ve hata olmaksızın kullanım amacını karşılayan ürünlerin bir işaretidir.
- Garvin'e göre kalite, müşteri memnuniyetini artırmak için bir araç olarak düşünülmelidir ve müşteri şikayetlerini engellemenin ötesine geçer.
- Ishikawa'ya göre, dar anlamda kalite sadece ürün kalitesini ifade eder. Ancak geniş bir perspektifle bakıldığında, kalite iş, hizmet, iletişim, süreçler, insanlar (çalışanlar, mühendisler, yöneticiler), sistemler, firma ve hedefler gibi birçok alanı içeren bir kavramdır.
- Taguchi'ye göre, kalite, bir ürünün sevkiyat sonrası toplumda minimum zarar oluşturmasının bir yansımasıdır.

Zaman içinde, birbirinden farklı birçok şekilde tanımlanan kalitenin en fazla kullanılan birkaç tanımı, şu şekilde sıralanabilir [3]:

- Kalite, bir ürün ya da hizmetin değeridir.
- Kalite, önceden belirlenmiş bulunan özelliklere uygunluktur.
- Kalite, ihtiyaçlara uygunluktur.
- Kalite, kullanıma uygunluktur.
- Kalite, eksiklerden kaçınmaktır.
- Kalite, müşteri beklentilerini karşılamak veya onların ilerisine geçmektir.

Aynı zamanda kalite ölçütleri, Garvin tarafından tanımlanan sekiz ayrı kategoride incelenir;

- **Performans:** Ürünün temel işlevselliklerini temsil eder. Hizmetlerde, performans, hız ve bekleme süresi ile ölçülür.

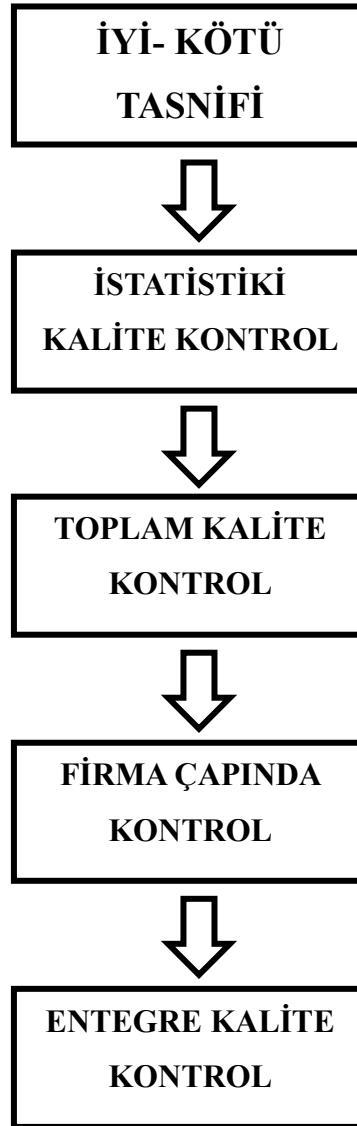
- **Özellikler:** Ürünün temel fonksiyonunu belirleyen özelliklerdir. Örneğin, bir havayolu şirketinin ücretsiz ikramları veya bir çamaşır makinesinin çeşitli yıkama programları gibi.
- **Güvenilirlik:** Bir ürünün ömrü boyunca beklentilere uygun çalışma derecesini belirlemektedir. Örneğin, ortalama ilk arıza süresi gibi.
- **Uygunluk:** Ürünün belirlenen standartlara ne kadar uygun olduğunu göstermektedir. Ayrıca istatistiksel kalite kontrolde, ürün özelliklerinin nominal değerden sapma oranını ifade eder.
- **Dayanıklılık:** Bir ürünün kullanım süresi veya teknolojik dayanıklılığına odaklanmaktadır.
- **Hizmet Görme Yeteneği:** Hız, nezaket, yeterlilik ve tamir edilebilirlik gibi faktörler içermektedir. Servis kalitesi, tüketici değerlendirmelerini etkileyen önemli bir faktördür.
- **Estetik:** Beş duyuya hitap eden ürün özellikleridir.
- **Algılanan Kalite:** Tüketiciler, ürün hakkında tüm detaylara sahip olmadığında, reklam, marka imajı ve ürün imajı gibi dolaylı faktörlere dayalı olarak kalite algıları oluşturmaktadır.

Bu boyutlar, tüketicilerin ürün ve hizmetleri değerlendirmelerinde önemli rol oynar.

2.2. KALİTE KAVRAMININ TARİHSEL GELİŞİMİ

Kalite, tarihsel bir perspektifle incelendiğinde, Hammurabi Kanunları'na kadar uzanan kökleri bulunan bir kavramdır. Ancak, kalitenin modern anlamda ele alınmaya başlaması 19. yüzyıla dayanmaktadır. Üreticiler, bu dönemden itibaren ürünlerine kalite bilincini entegre ederek kendi isteklerini vurgulamaya başlamışlardır. Frederick Taylor'ın iş planlamasını işçilerin kontrolünden alarak endüstri mühendislerine devrettiği bu dönüşüm, sanayi devriminin temellerini atmıştır. 1930'lu yıllarda kalite, Henry Ford tarafından "iyinin kötüden ayrılması" olarak vurgulanmıştır. Hata miktarının ve çeşitlerinin tespiti üzerine yoğunlaşan bu yaklaşım, 1940'ların sonlarına doğru Şekil 2.1'de görüldüğü gibi istatistiksel yöntemlerin kullanımıyla evrilmeye başlamıştır [4].

Toplam Kalite Kontrol kavramı, 1950'lerde kökleri bulunan ve her bölümün kalite kontrolünü üstlendiği bir yaklaşımı temsil eder. Bu yaklaşım yalnızca üretim süreçleriyle sınırlı kalmaz, aynı zamanda piyasa araştırmasından satış sonrası hizmetlere kadar her aşamayı kapsar. Toplam Kalite Kontrol, ürünlerin tüketici ihtiyaçlarına yönelik olarak geliştirilmesini ve en düşük maliyetle üretilmesini hedefler. Bu yaklaşımda, her çalışan üretim süreçlerindeki hataları tanıma ve düzeltme sorumluluğuna sahiptir. 1960'ların başlarında, Ishikawa tarafından "Firma Çapında Kalite Kontrol" yaklaşımı geliştirilerek kalite kontrolün kapsamı daha da genişletildi ve bu yaklaşımda hem tüm departmanlar hem de tüm çalışanlar kalite konusunda sorumluluk taşıdılar [6].



Şekil 2.1.Kalite Kontrol kavramının tarihsel anlam yolculuğu [4].

2.3. KALİTE KAVRAMI ÖRNEKLERİ

"Kalite Kontrol Kavramı" genel başlığı altında "Japonya'da Kalite Kontrol Kavramı" ve "Amerika'da Kalite Kontrol Kavramı" alt başlıkları seçilmiştir, çünkü bu iki ülkenin yaklaşımları ve deneyimleri kalite kontrol konusunda farklıdır ve bu farklılıklar, kalite kontrolün uluslararası düzeyde nasıl ele alındığını anlamamıza yardımcı olacaktır. Japonya, kalite kontrolünde Kaizen ve Toplam Kalite Yönetimi gibi yöntemlere odaklanan bir yaklaşım benimsemiştir. Bu yaklaşım, sürekli iyileştirmeyi teşvik eder. Amerika'da ise özellikle Deming döngüsü (Planlama, Uygulama, Kontrol, İyileştirme) yöntemi önemlidir. Her iki ülkenin kalite kontrol anlayışları, endüstriyel süreçlerinde kaliteyi sağlama ve sürekli olarak iyileştirme konularında dikkate değer farklılıklar içerir. Bu alt başlıklar, bu farklı yaklaşımları ve bunların uluslararası kalite kontrol uygulamalarına etkisini incelemek için seçilmiştir.

2.3.1. Japonya'da Kalite Kontrol Kavramı

İkinci Dünya Savaşı sona ermeden önce Japonya'da İstatistiksel Kalite Kontrolün (SQC-Statistical Quality Control) uygulamaları oldukça sınırlıydı. Uygulanmaya başlama dönemi, 1946'dan 1950'ye kadar sürdü. SQC, ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri'nden, özellikle Dr. W. E. Deming ve bir dizi kitap aracılığıyla Japonya'ya tanıtıldı, aynı zamanda ABD ordusu tarafından da desteklendi. 1948'de Japon Bilim Adamları ve Mühendisler Birliği (JUSE), Kalite Kontrol Araştırma Grubu'nu kurdu. Bu grup, üniversite profesörleri, devlet memurları ve özel şirketlerden mühendislerden oluşuyordu. 1949'da JUSE, uzun bir SQC semineri olan QC Temel Kursu'nu başlattı. 1951-1954 yılları, SQC'nin hızla geliştiği bir dönemi işaret ederken, 1951'de Deming Ödülü de tanıtıldı. Bu dönemde farklı SQC yöntemleri geliştirilerek olumlu sonuçlar elde edildi [7].

Japonya diğer ülkelere göre kalite kontrolü açısından daha farklı bir konuma doğru ilerlemiş ve tüm dünyanın kabul edeceği yeni kavramlar çıkarmıştır. Bu kavramlar özellikle üretim sistemleri üzerine yoğunlaşmıştır. Bunlardan bazıları:

- Tam zamanında Üretim (JIT),
- Toyota Üretim Sistemi,

- Kaizen,
- Jidoka olarak belirtilebilir.

2.3.2. Amerika'da Kalite Kontrol Kavramı

Amerika'daki birçok büyük endüstri, genellikle birkaç büyük firma tarafından yönlendirilir. Bu büyük firmalar tipik olarak çok sayıda hissedarın sahibi olduğu şirketlerdir ve profesyonel yönetim anlayışı benimsemektedirler. Amerikan yöneticilerinin ve gelişmiş yönetim yaklaşımlarının bu Amerikan ekonomisinin en güçlü yönlerinden biri olduğu söylenebilir. Başlangıçta, üretim sektörleri, Avrupa'daki geleneklere dayanarak kalite konusunda işçilere ve ustalara büyük sorumluluklar yüklemişlerdir. Ancak, zamanla mağazaların büyüklüğü artmış ve işçilerin yerini makineler almıştır, bu nedenle Avrupa geleneğinden saparak "Taylor Sistemi" olarak bilinen "Bilimsel Yönetim Yaklaşımı olan;

- Taylor Sistemi,
- Henry Ford Sistemi,
- Malcolm Baldrige Ulusal Kalite Ödülü,

yaklaşımlarını benimsemeye başlamışlardır [6].

2.4. KALİTE BİLEŞENLERİ

Kalite bileşenleri ürün veya hizmet kalitesini belirleyen önemli faktörleri içerir. Bu başlık altında yer alan alt başlıklar, kalitenin farklı yönlerine odaklanır.

2.4.1. Tasarım Kalitesi

Tasarım kalitesi, bir ürünün fiziksel özellikleri ile planlanır ve ölçülebilir niteliklerle ifade edilir. Kalite ve maliyet arasında denge, tasarım kalitesini belirlemek için kullanılır. Başlangıçta, tüketiciler yüksek kaliteye değer verirler, bu yüzden daha fazla para ödemeye isteklidirler. Ancak, kalite gereksinimleri aşıldığında, aynı isteği göstermezler. Kalitenin değeri düşer. Örneğin, bir ayakkabının uzun ömürlü olması için biraz daha fazla ödeme yapmayı kabul edilebilir. Ancak, bu süre uzadıkça, fazladan ödeme yapmaya istekli tüketici sayısı azalır. Kalite maliyeti, ters yönde bir ilişki gösterir. Kalite seviyesi arttıkça, maliyetler hızla artar. Genel olarak, yüksek

kaliteli bir tasarımın maliyeti oldukça yüksek olacaktır. Dolayısıyla, bir ürün için en uygun tasarım kalitesi, tüketici değeri ile üretici maliyeti arasındaki dengeyi bulmakla ilgilidir [5].

2.4.2. Uygunluk Kalitesi

Tasarım kalitesi ile belirlenen spesifikasyonlara üretim esnasında uyma derecesidir. Belirli bir uygunluk kalitesini elde etmek için maliyetlerin dengelemesi yapılır. Uygunluk kalitesinin ölçüsü, hatalı ürünlerin yüzdesi olabilir. Kalite kontrolünün etkinliği arttıkça, yani tasarım spesifikasyonlarına uyan ürünlerin oranı arttıkça, hatalı ürünlerin neden olduğu kayıplar, onarımlar ve müşteri şikayetleri hızla azalır. Ancak aynı zamanda ölçme, değerlendirme ve koruma işlemleri için maliyetler artar. Koruma maliyeti, hatalı ürünlerin üretimini engellemek için önceden alınan önlemler için harcanan maliyetlerden oluşur. İşçi eğitimi, bakım, tasarım kontrolü gibi masraflar koruma maliyeti olarak kabul edilir. Kontrol etkinliği arttıkça, yani hatalı ürün yüzdesi azaldıkça, farklı eğilim gösteren iki maliyet eğrisi bir noktada kesişir. Bu nokta, toplam maliyetin minimum olduğu uygunluk kalitesinin belirlendiği yerdir [8].

2.4.3. Performans Kalitesi

Bir işletmenin ürün veya hizmetlerinin pazardaki başarı düzeylerini değerlendirmek için tüketici araştırmaları, satış incelemeleri ve hizmet analizleri gibi yöntemler kullanılır. Bu çalışmalar, satış sonrası hizmetler, bakım, güvenilirlik ve lojistik destek alanlarında gerçekleştirilen araştırmaları içerir. Ayrıca, işletmenin ürün veya hizmetlerini tercih etmeyen tüketicilerin nedenlerini anlamak için yapılan araştırmalar da bu kapsamda yer alır. Müşterilerin ürünlerle ilgili şikayetlerini ve önerilerini işletmeye ilettikleri zaman, kalite kontrol süreçlerinin temelini oluşturan tasarım, uygunluk ve performans aşamaları tamamlanmış olur [9].

2.5. KALİTE KONTROL VE GELİŞİMİ

İşlenen parçalar, ürünler ve birimlerin istenen kalite standardına ulaşmasını sağlamak amacıyla örneklerin muayenesi yoluyla gerçekleştirilen sürece "kalite kontrol" adı

verilir. Kalite kontrol aynı zamanda bir inceleme, analiz ve uygulama sistemi olarak işlev görür [10].

Günümüzde kalite kontrol, yalnızca denetleme ve ölçme değil, aynı zamanda şunları içerir:

- Üst yönetim düzeyinde kalite standartlarının belirlenmesi ve ana ilkelerin oluşturulması,
- Gözetleme ve denetleme işlemlerinin organizasyon ve yöntemlerin geliştirilmesi,
- Kaliteyi bozan faktörlerin giderilmesi ve planlanan kaliteye ulaşmayı engelleyen şartların kaldırılması,
- Kalite sorunları hakkında işletmenin her birimine danışmanlık hizmetlerinin sunulması gibi unsurları içerir [11].

Kalite kontrol, işletme istatistiğinin büyüyen bir dalı haline gelmiştir. Bu yaklaşımın birçok faydası vardır. Bunlar [12]:

- Artan Verimlilik: Standart dışı parçaların erken tespiti, üretim zorluklarının önceden bilinmesi, kaynakların ve zamanın israfını büyük ölçüde azaltır. Bu yaklaşımın başarılı bir şekilde uygulanması, işçilerin çabasını veya maliyeti artırmadan daha fazla ürün üretimini mümkün kılar.
- Artan Satışlar: Ürün kalitesinin olumlu bir itibar kazanması, rekabetçi pazarlarda büyük bir avantaj sağlar. İyi bir itibar genellikle güç kazandırırken, eksikliği birçok endüstride zararlı olabilir.
- Artan Kar: Daha düşük birim maliyeti ile artan satışlar, şirketin karlılığına katkı sağlar. Bu nedenle kalite kontrol yöntemleri, iş dünyasında önemli bir yere sahiptir.

Birinci Dünya Savaşı dönemi, üretim sistemini karmaşıklaştırmış ve kalite kontrolün uzmanlar tarafından gerçekleştirilmesini gerektirmiştir. Bu dönem "muayene" olarak adlandırılmıştır. Bu gelişmeler sonucunda, kalite kontrol işlemleri, üretim

departmanının sorumluluğundan ayrılarak bağımsız birimler halinde işletme yapısına entegre edilmiştir.

2.5.1. Kalite Kontrolünde İstatistik Yöntemlerin Yeri ve Önemi

Üretim süreçlerinin ve ürünlerin karmaşıklığı, yüksek kaliteli ve standart ürünlerin üretimini zorlaştırmaktadır. Bu sorunların üstesinden gelmek ve kaliteyi sağlamak için, istatistik temel bir araç olarak hizmet verir. Büyük üretim hacimlerinde, ürün kalitesini kontrol etmek ve muayene edilecek ürün sayısını belirlemek için istatistiksel yöntemlerin kullanılması büyük önem taşır. Bu önemli rolü açıklayan bazı ana noktalar [13]:

- **Veri Analizi:** İstatistik, kalite kontrol süreçlerinde veri toplama, analiz etme ve yorumlama konularında temel bir araçtır. Ürünlerin veya hizmetlerin kalitesini değerlendirmek için çeşitli ölçümleri yapmak, bu ölçümleri analiz etmek ve sonuçları yorumlamak için istatistiksel yöntemler kullanılır.
- **Karar Alma:** İstatistiksel veriler, işletmelerin karar verme süreçlerini destekler. Örneğin, üretim hatlarının ayarlanması, ürünlerin kabul veya reddedilmesi, iyileştirme projelerinin önceliklendirilmesi ve kaynakların etkin bir şekilde yönetilmesi gibi stratejik kararlarda istatistiksel analizler büyük bir rol oynar.
- **Hız ve Hassasiyet:** İstatistiksel yöntemler, hızlı ve hassas sonuçlar elde etme kapasitesine sahiptir. Bu, süreçlerdeki hataları hızla tanımlamak ve düzeltmek, ürünlerin kalitesini artırmak ve tüketici memnuniyetini yükseltmek için önemlidir.
- **Kalite İyileştirmesi:** SPC gibi yöntemler, sürekli olarak iş süreçlerini izler ve kontrol eder. Bu, kaliteyi sürdürülebilir bir şekilde artırmak için önemlidir. Kalite kontrol süreçlerini optimize etmek, hataları minimize etmek ve düşük maliyetli hataları önlemek için istatistiksel yöntemler kullanılır.
- **Müşteri Memnuniyeti:** Müşteri memnuniyetini artırmak ve ürünlerin veya hizmetlerin pazar payını yükseltmek için, kalitenin sürekli olarak izlenmesi ve iyileştirilmesi gereklidir. İstatistiksel yöntemler, müşteri geri bildirimlerini

analiz etme ve müşteri beklentilerini karşılama konularında büyük bir rol oynar.

- **Maliyet Düşürme:** İstatistiksel yöntemler, hataların nedenlerini belirleme, iş süreçlerini optimize etme ve hataları önleme açısından maliyetleri düşürmeye yardımcı olur. Bu, işletmelerin karlarını artırabilir.

Sonuç olarak, istatistiksel yöntemler, kalite kontrol süreçlerinde temel bir rol oynar ve işletmelere veri analizi, karar alma, hızlı ve hassas sonuçlar, kalite iyileştirmesi, müşteri memnuniyeti ve maliyet düşürme konularında büyük avantajlar sağlar. Bu nedenle, kalite kontrol süreçlerinin etkin bir şekilde yönetilmesi ve sürekli iyileştirilmesi için istatistiksel yöntemlere olan ihtiyaç büyüktür [14].

Kaoru Ishikawa, kalite problemlerinin %95'ini çözebilmek için bu yedi temel istatistiksel teknik kullanılabileceğini iddia etmektedir. Geri kalan %5 için ise daha gelişmiş yöntemlere başvurulması gerekmektedir. Yedi temel istatistiksel teknikler şunlardır [15]:

- Çetele Tablosu (Veri Toplama)
- Histogram (Dağılım)
- Pareto Analizi
- Gruplandırma
- Neden-Sonuç Analizi
- Serpilme (Saçılma-RegresyonKorelasyon Analizi) Diyagramı
- Kontrol Şemaları

2.5.1.1. Çetele Tablosu

İstatistiksel kalite kontrolün önemli bir aracıdır. Bu grafik, bir süreç veya ürün özelliklerinin sürekli olarak izlenmesine ve değerlendirilmesine yardımcı olur. Çetele diyagramı, süreçlerin istatistiksel olarak kontrol altında tutulup tutulmadığını belirlemek için kullanılır. Merkez çizgi (Ortalama), üst ve alt sınırlar ve veri noktaları olmak üzere Çizelge 2.1'deki gibi 3 ana kısımdan oluşur. Çetele diyagramlarının temel amacı, süreçteki anormal durumları veya değişiklikleri tanımak ve düzeltici eylemler almaktır. Sürecin kontrol altında olup olmadığını ve istenen kalite düzeyini sağlayıp

sağlamadığını değerlendirmek için kullanılırlar. Bu araç, kalite kontrol, süreç iyileştirme ve süreç tasarımı gibi birçok kalite yönetimi uygulamasında önemli bir rol oynar [16].

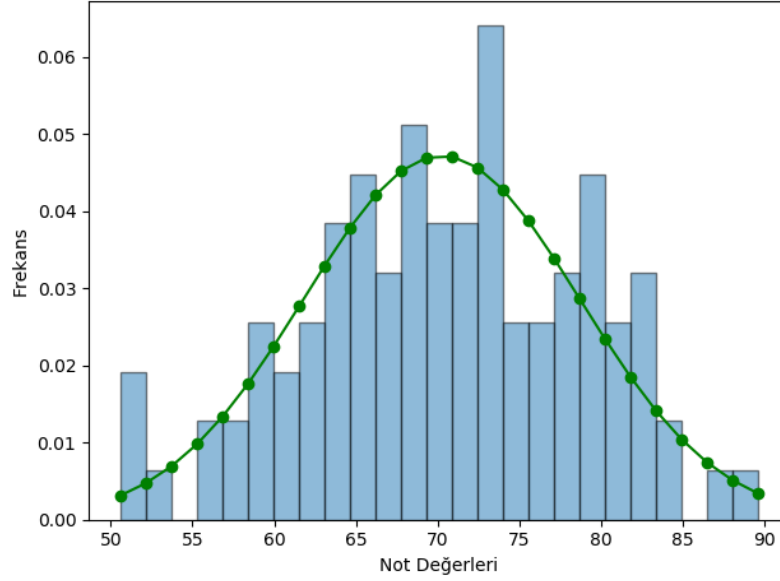
Çizelge 2-1. Çetele Diyagramı Örneği

| | | | |
|---------------------|-----------------------|-------------------|--|
| Hizmet Türü: | JLB Makara Üretimi | Tarih: | 5.10.2022 |
| Departman | | Saat: | 08:00 - 16:00 |
| Adı: | Material | Gözlemci: | Akın |
| Toplam Adet: | 38 | Yorum: | Makinede bıçak değişimi yapılması gerekmektedir. |
| Örnek Hacmi: | 200 | | |
| HATA TİPİ | ÇETELE | HATA ADEDİ | |
| Bıçak | | | |
| Kırılması | HHH-HHH HHH II | 17 | |
| Kauçuk | | | |
| Kopması | HHH III | 8 | |
| Kaplanmamış | | | |
| Alan | HHH-HHH I | 11 | |
| Kuş Pisliği | II | 2 | |
| TOPLAM HATA: | | 38 | |

2.5.1.2. Histogram (Dağılım)

Histogramlar, ölçümlerin dağılımını Şekil 2.2’de olduğu gibi gösteren ve bu dağılımın belirli standart sınırlara göre durumunu değerlendiren grafiklerdir. Her histogram, belirli aralıklara bölünmüş ölçüm değerlerini temsil eden çubuk diyagramlar içerir. Bu çubukların genişlikleri sabit sınıf aralıklarına eşitken, yükseklikleri ölçüm değerlerinin sıklığını gösterir. Histogramlar, bir ölçü veya özellik içindeki dağılımı görselleştirmek için kullanılır. Bu grafikler genellikle bir olayın sıklığını değerlendirmek ve belirli bir zaman aralığında tanımlanan problemin daha ne kadar sık meydana gelebileceğini hesaplamak amacıyla kullanılır. Ayrıca, elde edilen dağılımı bir referans dağılım

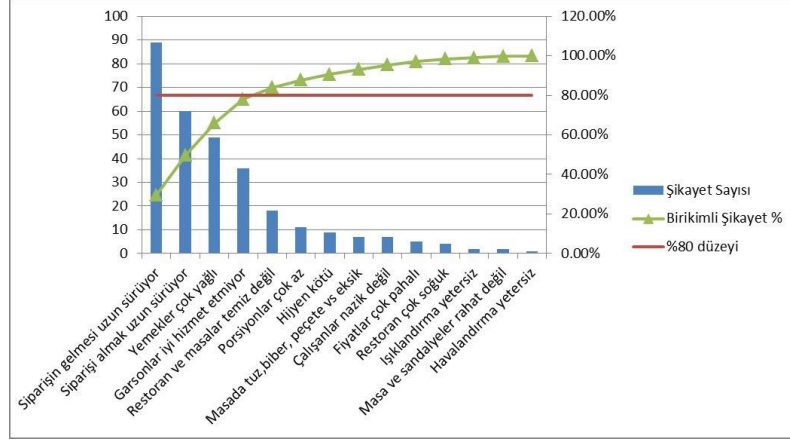
modeli ile karşılaştırarak verilerin anormal veya beklenen sınırlar içinde olup olmadığını belirlemeye yardımcı olurlar. Her histogram, sadece bir özelliği veya ölçümü temsil eder ve bu özelliğin dağılımını açıkça gösterir. Sonuç olarak, histogramlar, ölçümlerin dağılımını görsel olarak analiz eden ve veri analizi süreçlerinde kullanılan önemli bir araçtır [15].



Şekil 2.2. Histogram örneği [17].

2.5.1.3. Pareto Analizi

Pareto Analizi, temel olarak bir sorunun veya olayların önceliklendirilmesi ve en önemli alanlara odaklanmak için kullanılan Şekil 2.3'teki gibi bir tekniktir. Bu yöntem, Vilfredo Pareto'nun adını taşır ve olayların genel içindeki önemli faktörleri vurgular. Pareto Analizi, sorunları önem sırasına göre sıralamayı ve ardından en kritik olanlara odaklanmayı sağlar. Sıklıkla "80-20 kuralı" olarak anılan bu yaklaşıma göre, sorunların %80'i, sebeplerin %20'sinden kaynaklanır. Örneğin, makine arızalarının %80'i, makinelerin %20'sinden kaynaklanır ve ürün hatalarının %80'i, hataların %20'sinden kaynaklanır. Pareto Analizi, problemlerin büyük resmini anlamada ve çözümde kritik bir araç olarak kullanılır [18].



Şekil 2.3. Pareto diyagramı örneği [19].

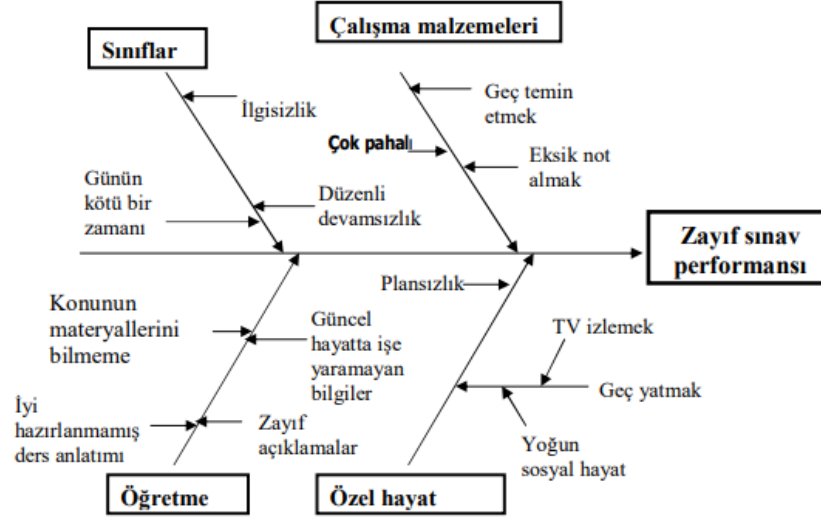
2.5.1.4. Gruplandırma

Gruplandırma, bilgilerin kategorilere ve belirli özelliklere göre düzenlenmesi işlemidir. Bu yöntem, önceki tekniklerin analiz kabiliyetini geliştiren bir stratejidir. Temel amacı, karmaşık bir sorunu ele alırken her ayrıntıyı gözden kaçırmamak ve parçaları bir araya getirmektir. Sınıflandırma tek başına sorunları çözmez, ancak sorunları tanımlamada ve kökenlerini anlamada kritik bir adımdır. Gruplandırma, sorunların kaynaklarını bulmada ve olumlu değişikliklerin nedenini incelemede kullanışlı bir araçtır [20].

2.5.1.5. Neden-Sonuç Analizi

İshikawa Diyagramı, Japon kalite kontrol uzmanı Kaoru Ishikawa tarafından geliştirilen Şekil 2.4'teki gibi bir analiz aracıdır ve genellikle onun adıyla anılır. Bu diyagramın temel amacı, bir problemi etkileyen farklı faktörlerin karmaşıklığını açıklamak ve görsel bir yol haritası sunmaktır. Neden-Sonuç Diyagramı, bir problemi anlamak ve çözmek için ekiplere sistematik bir yaklaşım sunar. Bu, bir problemin temel nedenlerini bulmak için ve problemleri daha etkili bir şekilde ele almak için bir araç olarak kullanılmaktadır. Neden-Sonuç Diyagramı, belirli bir problemi incelediğinizde, muhtemel nedenler arasındaki ilişkileri gösterir. Bu, bir problemin altında yatan temel nedenleri ortaya çıkararak problemin çözümünü hızlandırır. İshikawa Diyagramı, bir problemi farklı bakış açılarıyla ele almak ve bu problemi çözmek için potansiyel nedenleri ve etkileri araştırmak için bir çerçeve sağlar. Sonuç

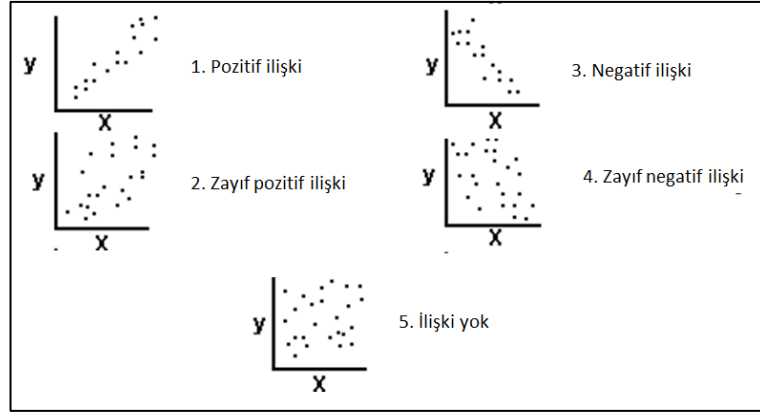
olarak, İshikawa Diyagramı, karmaşık problemleri basitleştirmeye ve ekiplerin sorunların nedenlerini daha iyi anlamalarına yardımcı olan güçlü bir analiz aracıdır. Bu araç, kalite kontrolünden iş süreçlerinin iyileştirilmesine kadar birçok alanda yaygın olarak kullanılır [2].



Şekil 2.4. Neden-Sonuç diyagramı örneği [20].

2.5.1.6. Serpilme (Saçılma-Regresyon Korelasyon Analizi) Diyagramı

Korelasyon ve regresyon analizi, değişkenler arasındaki ilişkileri incelemek ve anlamak için yaygın olarak kullanılan Şekil 2.5'teki gibi bir analiz yöntemleridir. Bu istatistiksel teknikler, değişkenlerin birbirleriyle nasıl ilişkilendiğini ve bir değişkenin diğerini nasıl etkilediğini anlamamıza yardımcı olur. Korelasyon, değişkenler arasındaki ilişkinin gücünü ve yönünü değerlendirirken, regresyon analizi, bir değişkenin diğerini tahmin etmek veya açıklamak için kullanılır. Bu analizler, veri analizi, tahmin ve karar verme süreçlerinde önemli bir rol oynar ve farklı alanlarda geniş bir uygulama bulur [21].



Şekil 2.5. Serpilme diyagramı örneği [22].

2.5.1.7. Kontrol Şemaları

Proses kontrolü, üretim sırasında istenmeyen kalite sorunlarını hızlı bir şekilde teşhis etmeyi ve bu sayede olası zararları önlemeyi amaçlayan bir yöntemdir. Bu süreçte, 1926'da W.A. Shewhart tarafından geliştirilen kontrol şemaları (Control Charts), proseslerin istatistiksel ve ekonomik bir şekilde izlenmesi ve kontrol edilmesi için etkili araçlar sunar. Doğal olmayan değişiklikler, prosesi olumsuz etkileyebileceğinden, bu tür değişikliklerin tanımlanması, araştırılması ve kontrol altına alınması önemlidir. Kontrol şemaları, proses içinde meydana gelen değişikliklerin doğal veya doğal olmayan nedenlerden kaynaklandığını ayırt etmede kullanılan kritik bir araçtır [23].

2.6. TOPLAM KALİTE KONTROL (TKK)

Toplam Kalite Kontrolü (TKK), bir işletmenin farklı departmanlarını (örneğin pazarlama, mühendislik, üretim ve müşteri hizmetleri) bir araya getirerek tüketici taleplerini en etkili şekilde karşılamayı amaçlayan bir sistemdir. Bu sistem, kalitenin yaratılması, sürdürülmesi ve geliştirilmesi için bu departmanlar arasında uyumu teşvik eder. TKK kavramı, Armand V. Feigenbaum tarafından geliştirilmiştir. Feigenbaum, 1950'lerde General Electric'te kalite kontrol yöneticisi olarak çalışırken TKK kavramını şekillendirmiştir. Bu yaklaşımla ilgili makalesi 1957 yılında Industrial Quality Control dergisinde yayınlandı ve 1961'de Total Quality Control: Engineering and Management adlı kitabı ile daha da gelişti. Feigenbaum (1986), TKK'yı, bir

organizasyondaki farklı grupların kaliteyi geliştirme, sürdürme ve iyileştirme çalışmalarını müşteri memnuniyetini gözeterek, üretimi ve hizmeti ekonomik bir şekilde gerçekleştirmek için bir araya getiren etkili bir sistem olarak tanımlamıştır [5].

Bu yaklaşım, iş süreçlerinin her aşamasında kaliteyi sağlama ve sürekli olarak geliştirme amacı taşır. İşte TKK'nin temel özellikleri [6]:

- **Müşteri Odaklılık:** TKK, müşteri memnuniyetini en üst düzeye çıkarmayı hedefler. Müşteri gereksinimlerini anlama ve bu gereksinimlere uygun ürünler ve hizmetler sunma konusunda odaklanır.
- **Sürekli İyileştirme:** TKK, sürekli olarak iş süreçlerini ve ürünleri geliştirmeyi teşvik eder. Bu, kalitenin artırılmasını, hataların azaltılmasını ve verimliliğin artırılmasını içerir.
- **Katılımcı Yaklaşım:** TKK, işletmenin tüm çalışanlarının katılımını ve katkısını teşvik eder. Çalışanların görüşleri ve önerileri önemsenir.
- **Süreç Yaklaşımı:** TKK, iş süreçlerini sistematik olarak yönetmeyi amaçlar. Süreçlerin etkileşimlerini göz önünde bulundurur.
- **Veri ve Kanıta Dayalı Kararlar:** Karar verme süreçlerinde verilere ve kanıtlara dayanmayı teşvik eder. Kararlar duygusal değil, mantıklı ve bilgiye dayalı olmalıdır.
- **İlişkilerin Yönetimi:** TKK, işletmenin iç ve dış paydaşlarıyla olan ilişkilere önem verir. İyi ilişkiler iş birliği ve etkili iletişimi destekler.
- **Sürekli Eğitim ve Gelişim:** Çalışanların sürekli olarak eğitilmesini ve geliştirilmesini destekler. Bilgi ve becerilerin güncellenmesi önemlidir.

Toplam Kalite Kontrol, işletmelerin kaliteyi sadece son ürünlerde değil, aynı zamanda tüm iş süreçlerinde, çalışanlarda ve müşteri ilişkilerinde en üst düzeye çıkarmayı hedefler. TKK, kaliteyi sadece bir departmanın sorumluluğu olarak görmeyen, bütün organizasyonun bir parçası olarak benimseyen ve sürekli iyileştirme felsefesini benimseyen organizasyonlar tarafından uygulanır. Bu sayede işletmeler daha rekabetçi hale gelir ve müşteri memnuniyetini artırır [5].

2.7. TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ (TKY)

En basit açıklaması ile TKY [24];

Toplam = Herkesin katılımı,

Kalite = Müşteri gereksinim ve beklentilerinin tam olarak karşılanması,

Yönetim = Kaliteli ürün ya da hizmet için bütün koşulların sağlanmasıdır.

Toplam kalite yönetimi (TKY), organizasyon çapında kalite geliştirme pratiğini ve yönetimini hedefleyen bir stratejidir. TKY, 1980'lerin başlarında Deming ve Juran'ın kalite felsefelerinin merkezine yerleşerek ortaya çıkmıştır. TKY, müşteri odaklılık, tedarikçi kalitesinin artırılması, kalite sisteminin iş hedefleriyle bütünleşmesi ve organizasyonun her seviyesini kalite geliştirme amacı etrafında birleştiren katılımcı organizasyonlar ve iş kültürünü içeren daha geniş bir perspektife dönüşmüştür. Genellikle TKY uygulayan organizasyonlar, kalite ile ilgili stratejik inisiyatifleri yöneten bir kalite konseyi veya üst düzey ekip, günlük üretim veya iş süreçlerine odaklanan işgücü seviyesindeki ekipler ve özel kalite iyileştirme problemleriyle ilgilenen çapraz işlevli ekipler gibi farklı seviyelerde ekiplere sahiptir [1].

Toplam Kalite Yönetimi (TKY);

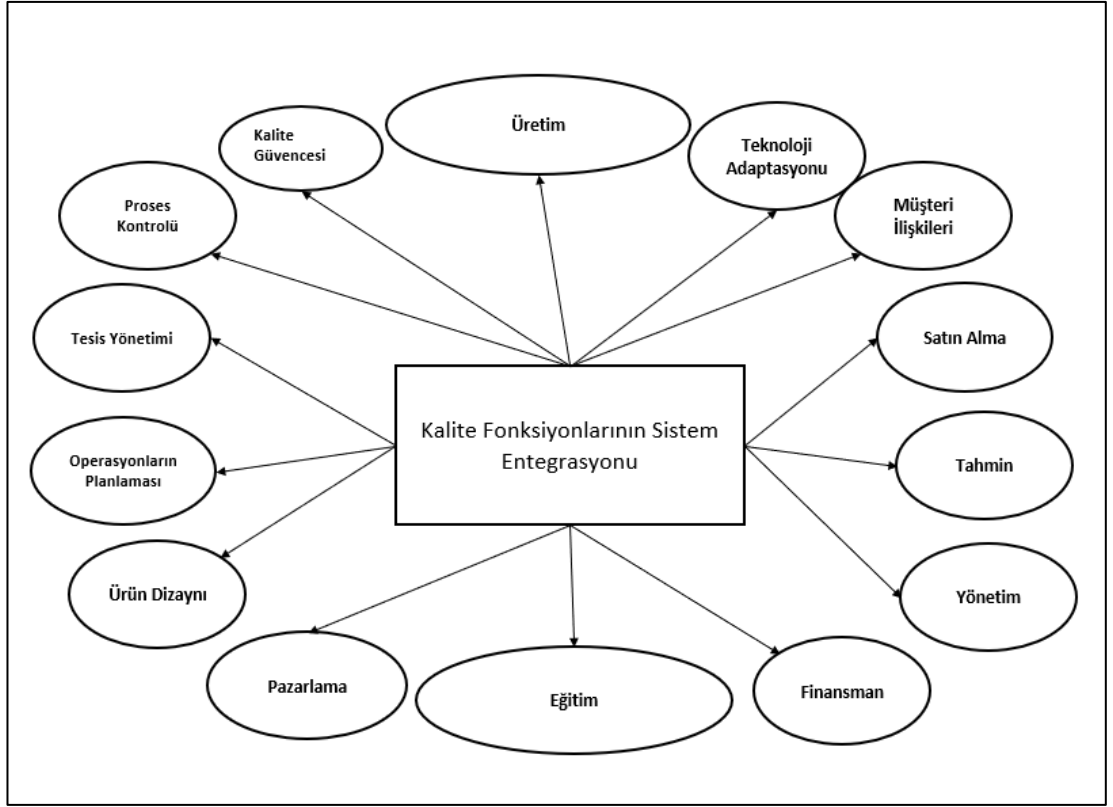
- Sadece ürün ve hizmet kalitesi ile sınırlı olmayan çağdaş bir yönetim anlayışını temsil eder. İlk olarak özel imalat sektöründe uygulanmaya başlasa da zamanla hizmet sektörü ve kamu sektörü de bu yaklaşımı benimsemiştir. TKY'nin temel özelliği, kalite sorumluluğunun sadece belirli bir bölümde değil, organizasyonun her seviyesinde ve tüm çalışanlarının sorumluluğunda olduğunu vurgulamasıdır. Bu, üst yönetimden tabana kadar, müşterileri ve tedarikçileri içeren tüm paydaşları kapsayan bütüncül bir süreci işaret eder.
- TKY, temelde bir yönetim felsefesidir ve insanın mutluluğunu merkeze alır. İnsanlar, çalışanlar, müşteriler, iş ortakları, bayiler ve tedarikçiler dahil olmak üzere tüm paydaşları içerir. Bu felsefe, insanların varlığını ve refahını temel alır ve bu anlayışın insan toplumuyla birlikte gelişeceğini kabul eder.

- TKY felsefesi sürekli gelişim ilkesine dayanır. Tüm iş süreçleri düzenli olarak gözden geçirilmeli ve nasıl daha iyi hale getirilebileceği ve hızlandırılabilirliği sürekli olarak değerlendirilmelidir. Bu, ekip iş birliği ve çalışanların önerileri gibi faktörlere dayanır [20].

2.7.1. Toplam Kalite Yönetimi Sistem Yaklaşımı

Toplam kalite yönetimindeki sistem yaklaşımı, organizasyonun genelinde kalitenin kritik önemini daha açık bir şekilde gözler önüne serer. Bir sistem, bir dizi öğeyi bir araya getiren, bu öğeler arasındaki ilişkileri ve bu öğelerin niteliklerini, birbirleriyle ve dış dünya ile olan bağlantılarıyla birlikte düşünen bir bütünsel yapıdır [25].

Toplam kalite yönetimi, bir organizasyonun Şekil 2.6'daki gibi tüm bileşenlerini kapsar, bu da insanlar ve makineler dahil olmak üzere organizasyon içindeki tüm etkileşen unsurları içerir. Üretim veya hizmet sistemi içindeki alt sistemler, birbirleriyle iş birliği yaparak, destek vererek ve sistemin içindeki zayıf noktaları dengeleyerek organizasyonun dengeli işleyişini sağlar. Bu alt sistemler, birbirlerinin yeteneklerini tamamlayarak çalışırlar ve sonuç olarak sistem genelindeki etkinlik, bu alt sistemlerin bireysel etkinliklerinin toplamından daha büyük olur [8].



Şekil 2.6. Kalite fonksiyonlarının sistem entegrasyonu [26].

2.7.2. Kalite Yönetim Sistemleri Arasındaki Farklılıklar

Kalite güvencesi, kalite standartlarına uyumu sağlama ve bir ürün ya da hizmetin tüm kalite beklentilerini karşılayacak şekilde planlanmış ve sistemli çabaları ifade eder [27]. Daha sonraki dönemlerde, ürünlerin son kontrolden ziyade üretim süreçlerinin kendisinin güvene alınması fikri gelişti ve bu, Kalite Güvence Sistemlerinin ortaya çıkmasına yol açtı. Bu sistem, üst düzey yönetim ve tüm çalışanların katılımını içeren ve müşteri tatminini yüzde yüz hedefleyen Toplam Kalite Yönetimi'nin (TKY) gelişimine zemin hazırladı [4].

Toplam Kalite Yönetimi (TKY) içerisinde, kalite güvence sistemi özel bir öneme sahiptir. İşletmelerin sıklıkla önce bir kalite güvence sistemi kurmaları ve ardından TKY'ye geçiş yapmaları önerilmektedir. Kalite güvence sistemi, Toplam Kalite Yönetimi'ne geçişin bir başlangıcı olarak kabul edilebilir [28]. Çizelge 2.2'de daha ayrıntılı bir karşılaştırma verilmiştir.

Çizelge 2-2. Kalite Yönetim Sistemleri Arasındaki Farklılıklar Örneği [29].

| TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ | KALİTE YÖNETİM SİSTEMİ |
|---|--|
| Kalite yönetimine felsefi bir yaklaşımdır. | Kalite yönetimine bir sistem yaklaşımıdır. |
| Eylemleri için bireysel sorumluluk alan personeli yönetir. | Prosedürlerle yönetilir. |
| Kalite süreci boyunca öncelikli olarak sürekli müşteri tatminine odaklanır. | Şartnamelere göre sürekli müşteri memnuniyetine odaklanır. |
| Kalite ile ilişkin maliyetin azaltılması ikinci odak noktasıdır. | Ürün ve hizmet çapında kalite yönetimi vurgulanır. |
| Tüm departmanlar şirket çapında kalite ile ilgili bir yaklaşımı benimser. | Kaliteye bağlılık için personel eğitilir. |
| Tüm personelin bağlılığı teşvik edilir. | Kalite, sadece ürün ve hizmetle sınırlıdır. |
| Kültürel değişim yoluyla personel bağlılığı artırılır. | Uluslararası başarı belgesi ISO 9000 kayıtlarıdır. |
| Müşterilerin güvenini kazanmak için başarı ödüllendirilir. | Belgeleme rutin gözetimle sürdürülür. |
| TKY'nin şirket çapında yüksek bir şekilde gözlenebilirliği için çaba sarf edilir. | Kalitenin şirket çapında gözlenebilirliği düşüktür. |

2.7.3. Toplam Kalite Yönetiminin İlkeleri

Toplam Kalite Yönetimi (TKY), bir organizasyonun tüm süreçlerine, işlevlerine ve çalışanlarına odaklanan bütünsel bir yönetim yaklaşımıdır. TKY'nin temel ilkeleri, sürekli iyileştirme, müşteri odaklılık, liderlik, katılım, süreç yaklaşımı ve veri odaklı karar verme gibi unsurları içerir. Sürekli iyileştirme ilkesi, süreçlerin ve ürünlerin sürekli olarak geliştirilmesini ve mükemmelliğin hedeflenmesini vurgular. Müşteri odaklılık, müşteri memnuniyetinin en yüksek öncelik olduğu anlamına gelir. Liderlik ilkesi, organizasyon liderlerinin süreçlerde rehberlik etmelerini ve çalışanlarına ilham vermelerini vurgular. Katılım, her seviyedeki çalışanın sürece aktif bir şekilde dahil olmasını teşvik eder. Süreç yaklaşımı, iş süreçlerine sistematik bir bakış açısını benimser. Veri odaklı karar verme ilkesi, kararların somut verilere dayandırılmasını ve

analiz edilmesini gerektirir. Bu ilkeler bir araya geldiğinde, TKY organizasyonların daha etkili, verimli ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesine olanak tanır [30].

2.7.3.1. Liderlik

Lider, bir topluluğun kimliğini belirleyerek, o topluluğu organizasyonun hedeflerine yönlendiren bir figürdür. Total Kalite Yönetimi'nin (TKY) etkili bir şekilde uygulanabilmesi, üst düzey yönetimin liderlik rolünü üstlenmesine bağlıdır. Bu sürecin başarısı için liderin iyi iletişimci, yol gösterici, bilgili ve etkili bir güç kullanıcısı olması gereklidir. Jack Welch liderliği, insanları daha iyi nasıl yapabileceklerine dair net bir vizyonla ilham kaynağı yaparken, Deming liderliği, kaliteyi sağlama ve sistemi geliştirmede kilit bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, liderler güven oluşturur, yardım eder ve yargılamaz; çalışanları gelişime teşvik ederek onlar için gurur duyulacak bir çalışma ortamı yaratmaya çalışırlar. Bir organizasyonun performansı, sonucu etkileyen iki faktör olarak sistem ve insan tarafından şekillenir. Araştırmalar, sonucun %85'inin sistemin, %15'inin ise insan faktörünün etkisi olduğunu göstermektedir [5].

2.7.3.2. Müşteri Odaklılık

Günümüzde küresel rekabet baskısı, şirketleri sadece ürünlerini üretenlerden ziyade, ürünlerini müşterilere satılabilir hale getirenler olarak faaliyet göstermeye zorlamaktadır. Bu bağlamda, müşterinin belirlediği kalite anlayışını benimsemek önemlidir. Kalite, müşteri tatminini esas alan bir kurumsal felsefe haline gelmiştir. Müşteriyi tam anlamıyla memnun etmeyi hedefleyen organizasyonlar, müşteri memnuniyetini vazgeçilmez bir öncelik olarak görmektedir. Toplam kalite yönetimi bakış açısına göre, kaliteyi belirlemenin temel ölçütü müşteridir. Müşteri memnuniyeti bu nedenle öne çıkar. Hiçbir başarı, müşterilerin ürünlerini veya hizmetleri nasıl değerlendirdiğini anlayan bir organizasyonun başarısından daha büyük olamaz. Müşteriye odaklanma, müşteri ihtiyaçlarını anlamının ve başarının bu ihtiyaçları karşılama sürecinin ne anlama geldiğinin bilincini artırır. Müşteri tatminine yönelik çalışmalar hem organizasyon hem de müşteriler için önemli avantajlar sunar. Bu, müşteri memnuniyetini artırırken aynı zamanda organizasyona kazanç sağlar [31].

2.7.3.3. Ekip Çalışması

Toplam Kalite Yönetimi'nin bir diğer temel ilkesi, sorunların çözümünde ve sürekli gelişimde, tüm çalışanların enerjisinden faydalanmayı vurgular. Yoğun rekabetin hüküm sürdüğü bir ortamda, müşteri memnuniyeti, ürün veya hizmetin tasarımından sunumuna kadar tüm süreçlerde, tüm çalışanların katılımıyla sağlanabilir. Bu katılımdan, sadece üst düzey yöneticilerin değil, tüm örgüt çalışanlarının katkıda bulunmasını anlamalıyız. Bu yaklaşımla, çalışanlar işlerine daha fazla bağlanır, işlerini daha yüksek kalitede yaparlar. Ekip çalışması, bir grup elemanın ortak bir hedefe ulaşmak için bir arada çalıştığı bir stratejidir. Bu ekip çalışmasını oluşturmak ve sürdürmek için, tüm çalışanları güvenilir bir ve açık iletişim ortamına uyarlamak gerekir. Bireylerin kişiliklerine saygı gösterilmeli ve her çalışanın katkısı teşvik edilmelidir. Böylece kişiler, kendilerine güven duyarlar. İnsanlar her durumda etkili bir şekilde dinlemeli ve özellikle bireylere değil, problemlere, fırsatlara, amaçlara ve görevlere odaklanmalıdır [32].

2.7.3.4. Stratejik Yönetim

Stratejik yönetim, etik bir perspektif içinde, ilgili alanda başarının teminatını oluşturan faktörlere dayalı bir yönetim biçimidir. Katkının doğruluğu ne kadar yüksekse, o kadar iyidir. Stratejik planlama, bir kurumun kendisine sorduğu temel soruları yanıtlamanın bir yoludur: Kimiz? Nereye gidiyoruz? Hedefe nasıl ulaşacağız? Çevremizdeki fırsatlar ve tehditler nelerdir? Stratejik planlama, yazılı bir planda geliştirilir ve kurumun planı, iç ve dış koşullar arasında dengeli bir uyum sağlamalıdır. İç koşullar, kurumun güçlü ve zayıf yönlerini ifade ederken, dış koşullar iş çevresindeki tehditleri ve fırsatları içerir. Stratejik plan, güçlü yönleri ve fırsatları değerlendirmeli, aynı zamanda zayıf yönleri ve tehditleri ele almanın yollarını aramalıdır [33].

2.7.3.5. Çalışanların Katılımı/Takım Çalışması

Toplam kalite yönetiminin etkili bir şekilde uygulanması, örgütün tüm çalışanlarının bu süreçte aktif katılımını gerektirir. Örgüt üyelerinin kalite çemberlerine yaptığı katkılar, kişisel hedeflerinden önce örgütsel amaçlara odaklanmalarıyla gerçekleşir.

TKY, organizasyonlarda maliyetleri azaltırken, işgücünün bilinçli bir şekilde yönetilmesini sağlayarak örgütün verimliliğini artırır. İşçilerin süreçleri daha iyi anlaması, organizasyonun etkinliğine olumlu bir katkıda bulunur. Tüm çalışanların aktif katılımı, iş tatminini artırarak organizasyonun verimliliğini destekler. Toplam kalite yönetimi felsefesinin ayrılmaz bir parçası olan sürekli iyileştirme stratejileri ve analizleri, takım çalışması ve grup dinamiklerini önemser [34].

2.7.3.6. Sürekli İyileştirme / Kaizen

Kaizen, sürekli iyileştirme anlamına gelir. Bu yaklaşımda organizasyonlar, ürün ve hizmet kalitesini artırmak ve geliştirmek amacıyla tüm kaynaklarını harekete geçirirler [35]. Kaizen'e göre, mevcut durum her zaman yetersizdir ve örgütü geliştirmek ve ileriye taşımak için sürekli gelişim ve değişim gerekir. Kaizen, ilk kuruluş durumuyla mevcut koşulları sürekli olarak inceleyerek iyileştirme ve gelişmeyi destekler. Bu nedenle, sistem mükemmel çalışsa bile mevcut durumun daima iyileştirilebilecek bir yönü olduğunu kabul eder. İnsan kaynaklarına büyük önem verir ve sorun çözme teknikleri yaygın bir şekilde kullanılır. Bu üç ilke, sürekli gelişme anlayışının hayata geçirilmesini sağlar [36].

BÖLÜM 3

JIDOKA

Jidoka, Toyota Üretim Sistemi'nin temel prensiplerinden biridir ve kalite kontrolüne odaklanan bir yaklaşım sunmaktadır. Jidoka konusu bu bölümde 3 alt başlık içinde alınmıştır: Tarihsel Gelişim başlığı altında, Jidoka'nın nasıl ortaya çıktığını, evrimini ve Toyota'nın üretim süreçlerine nasıl entegre edildiğini keşfedilmektedir. Temel İlkeler ve Uygulama Alanları başlığı altında, Jidoka'nın temel prensipleri, insan müdahalesi, otomatik hata tespiti ve süreçlerin düzenlenmesi gibi kavramlar detaylandırılmaktadır. Üretim Süreçlerindeki Rolü başlığı altında, Jidoka'nın üretim süreçlerinde nasıl kullanıldığı, kalite kontrolünde oynadığı etkin rol ve müşteri memnuniyetine katkısı incelenmektedir. Bu alt başlıklar, Jidoka'nın ne olduğunu, nasıl evrildiğini, temel ilkelerini ve pratikteki rolünü anlamak isteyenlere kapsamlı bir bakış sunmaktadır.

3.1. JİDOKA'NIN TARİHSEL GELİŞİMİ

Jidoka'nın temelleri, 19. yüzyılın sonlarında gerçekleşen Meiji Restorasyonu'na dayanmaktadır. Bu dönemde Japonya, modern endüstriyel üretime yönelik büyük bir dönüşüm yaşadı. Bu dönemde özellikle Amerikan üretim yöntemleri ve kalite kontrol teknikleri Japonya'ya tanıtıldı [37].

3.1.1. Meiji Restorasyonu

Meiji Restorasyonu öncesi Japonya, örgütlü, köklü, refah içinde bir feodal topluma ve gelişmiş bir kültüre sahipti [38].

Meiji dönemi, Japonya'nın tarihinde önemli bir döneme işaret eder. Bu dönem, 1600'lerin sonlarından 1800'lerin ikinci yarısına kadar uzanır. Bu süre zarfında, Japonya uzun bir dönem boyunca kendini dış dünyadan izole etti ve bu nedenle teknolojik ve ekonomik açıdan batılı ülkelerin gerisinde kaldı. Ancak Meiji dönemi, Japonya'nın modernleşmeye başladığı ve batılı ülkelerle entegre olduğu bir dönemdir. Bunun sonucunda, rahatsızlık duyan reformist samuray grubu, 1868'de Tokugawa Şogunluğu'na son vererek İmparator Meiji'nin yönetimi altında bir araya geldi. Bunun üzerine, Iwakura liderliğindeki güçlü bir heyet, o dönemde en güçlü 12 batı ülkesini ziyaret ederek bu ülkelerin siyasi, ticari, ekonomik ve eğitim sistemlerini incelemek için görevlendirildi. Sonuç olarak, Japonya'nın modernleşmesinde önemli bir yol gösterici olan Iwakura Heyet Raporu oluşturuldu [39].

3.1.2. Sakichi Toyoda ve Dokuzhtarlar Modeli

Sakichi Toyoda tarafından geliştirilmiş bir otomasyon sistemi olarak öne çıkar. 1890'ların sonlarında tekstil sektöründe kalite ve verimlilik sorunlarına çözüm aramaya başladı. Bu dönemde, otomasyonun henüz gelişme aşamasında olduğu bir zamandı. Sakichi Toyoda, otomasyon konseptini geliştirmeye başladı ve 1902'de ilk denemelerini yaptı. Bu denemeler, dokuz farklı durumu algılayabilen bir cihazı içeriyordu. Bu cihaz, herhangi bir hatada üretimi otomatik olarak durdurarak kalite kontrolünü sağlamayı amaçlıyordu [40].

3.1.3. Kiichiro Toyoda ve Oto Jidoka:

Sakichi Toyoda'nın oğlu Kiichiro, otomotiv endüstrisine yatırım yaptı ve "Oto Jidoka" kavramını tanıttı. Bu, otomobil üretiminde otomasyon ve kalite kontrolün bütünleşmiş bir yaklaşımıydı. Japon otomobil üretimi ve kalite kontrolü açısından devrim niteliğinde bir adımdı [41].

3.2. JİDOKA'NIN TEMEL İLKELERİ VE UYGULAMA ALANLARI

Jidoka'nın temel ilkeleri ve uygulama alanları, kalite kontrolü ve sürekli iyileştirmeyi vurgulayan bir yaklaşımı temsil etmektedir. Bu, hataları azaltmak, verimliliği artırmak

ve sonuçta müşteri memnuniyetini ve işletme başarısını artırmak için kullanılabilir.

3.2.1. Temel İlkeler

- **Hata Tespit ve Durma:** Jidoka, bir üretim sürecinde herhangi bir hata ya da anormalliği tespit eder etmez işlemi otomatik olarak durma yeteneğiyle önere çıkmaktadır. Bu, hataların ürünlere veya hizmetlere geçmesini engellemeye yardımcı olmaktadır [42].
- **İşçi Katkısı:** Jidoka, sadece otomasyonun bir parçası değil, aynı zamanda işçilerin sürece aktif bir şekilde katılmasını teşvik etmektedir. İşçiler, hata tespiti ve sürekli iyileştirme konularında sürece dahil edilmektedir [42].
- **Sürekli İyileştirme:** Jidoka, sürekli iyileştirme hedeflerinin elde edilmesine katkıda bulunur. Hataların hızlı bir şekilde tespit edilmesi ve giderilmesi, üretim sürecinin her zaman daha verimli hale getirilmesine yardımcı olmaktadır [42].

3.2.2. Uygulama Alanları

- **Üretim:** Jidoka'nın en bilinen uygulama alanı üretimdir. Üretim hatlarında, otomasyonla birlikte kalite kontrolü sağlamak için kullanılmaktadır. Örneğin, bir montaj hattında herhangi bir ürün veya parçada bir hata tespit edilirse, hattı otomatik olarak durdurur ve hata düzeltilene kadar süreci duraklatır.
- **Kalite Kontrol:** Jidoka, kalite kontrol süreçlerini iyileştirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ürünlerin veya hizmetlerin kalitesizliği durumunda hızlı müdahaleye olanak tanımaktadır.
- **Hizmet Sektörü:** Jidoka, yalnızca üretimde değil, aynı zamanda hizmet sektöründe de kullanılmaktadır. Örneğin, müşteri hizmetleri süreçlerinde bir

müşteri şikâyeti tespit edildiğinde, sistem otomatik olarak süreci durdurabilir ve hata giderilene kadar işlemi geçici olarak askıya alabilmektedir.

- **Sürekli İyileştirme Projeleri:** Jidoka, sürekli iyileştirme projelerinin bir parçası olarak da kullanılabilir. Hataların erken tespiti ve düzeltilmesi, iyileştirme projelerinin başarılı bir şekilde uygulanmasına yardımcı olabilmektedir.
- **Veri Analizi ve Geri Bildirim:** Jidoka, sürekli olarak veri toplar ve analiz eder. Bu, işletmelerin süreçlerini daha iyi anlamalarına ve verilere dayalı kararlar almalarına yardımcı olabilmektedir [43].

3.3. JIDOKA'NIN ÜRETİM SÜREÇLERİNDEKİ ROLÜ

Jidoka'nın Üretim Süreçlerindeki İşleyişi ve Nasıl Uygulandığı başlığı altında, bu prensip, üretim hatlarında otomasyonun yanı sıra operatörlerin de hata tespitine katılımını içermektedir. Bu, bir hata tespit edildiğinde üretimi durdurma yeteneği ile bilinmektedir. Jidoka'nın Kalite Kontrol ve Hata Tespiti Süreçlerindeki Rolü başlığı altında, Jidoka'nın kalite kontrol süreçlerindeki etkisi vurgulanmaktadır. Bu, kalite sorunlarını otomatik olarak tespit etme, üretimi durdurma ve hata çözme mekanizmalarını içermektedir. Bu şekilde, Jidoka, üretim süreçlerinde kaliteyi artırmak ve hataları minimize etmek için önemli bir rol oynamaktadır.

3.3.1. Üretim Süreçlerindeki İşleyişi ve Nasıl Uygulandığı

Bu bölümde, Toyota Üretim Sistemi'ndeki bu kavramın temel mekanizmalarını ele almaktadır. Bu kapsamda, otomasyonun ve operatörlerin iş birliğinin nasıl gerçekleştiği detaylı bir şekilde incelenmektedir. Jidoka'nın temel ilkesi, bir hata tespit edildiğinde üretimi otomatik olarak durdurma yeteneğidir. Operatörler, üretim sürecini yakından izler ve herhangi bir anormallik tespit ettiğinde müdahale etmektedir. Bu durum, hataların kaynağını hızlı bir şekilde belirleme ve düzeltme imkânı sağlamaktadır. Bu sayede, üretim sürecinde kalite güvencesi artmakta ve hataların

müşteriye ulaşmasının önüne geçilmektedir. Jidoka, hem otomasyonun verimliliğini artırır hem de insan denetiminin kalite kontrolündeki önemini vurgulamaktadır [42].

3.3.1.1. Hata Algılama

Hata algılama, bir üretim sürecinde veya bir hizmet sunumunda meydana gelen hataları tanıma sürecini ifade etmektedir. Hatalar, ürün kalitesini düşürebilir, güvenlik sorunlarına yol açabilmekte veya müşteri memnuniyetsizliğine neden olmaktadır. Hata algılama, bu tür sorunları erken aşamada tespit ederek düzeltmeye ve önlemeye yardımcı olan kritik bir süreçtir [42].

Jidoka, özellikle Toyota Üretim Sistemi'nde kullanılan bir kalite kontrol ve hata algılama yaklaşımıdır. Jidoka, üretim hattındaki otomasyon sistemlerinin bir parçasıdır ve belirli hataları algılamak ve işlemek için tasarlanmıştır. Bu sistemin bazı özellikleri şunlar içermektedir [44]:

3.3.1.2. Süreç İzleme

Jidoka, üretim süreçlerini sürekli olarak izler ve önceden belirlenmiş parametrelerle karşılaştırır. Bu süreç izleme işlevi, üretim hattının düzgün çalışmasını ve istenen kalite standartlarının korunmasını sağlama amacı güder [42].

Süreç izlemesi yaparken dikkat edilen bazı noktalar vardır [45]:

- **Parametre Kontrolü:** Süreç izleme, belirli parametreleri izlemektedir. Bu parametreler, ürünün boyutları, ağırlığı, hızı, sıcaklığı veya başka ölçülebilir faktörler olabilmektedir. Bu parametreler, ürünlerin veya hizmetlerin kalitesinin korunmasına yardımcı olan kritik ölçümlerdir.
- **Otomasyonla Entegrasyon:** Jidoka, süreç izleme işlevini otomasyonla birleştirmektedir. Yani, birçok izleme işlemi otomatik olarak gerçekleşmektedir. Bu, insan hatalarını en aza indirir ve sürecin sürekli olarak izlenmesini sağlamaktadır.

- **Anormallik Tespiti:** Jidoka, belirlenen parametrelerde herhangi bir anormallik veya sapma tespit ettiğinde işlemi otomatik olarak durdurma yeteneğine sahiptir. Bu, üretim hatasının hızlı bir şekilde tanınmasını ve daha fazla kalitesiz ürünün üretilmesini engellemektedir.
- **Hata Bildirimi:** Jidoka, tespit edilen hataları ve nedenlerini kaydeder ve ilgili personeli veya yönetimi hemen bilgilendirmektedir. Bu, sorunların kök nedenlerinin daha hızlı bir şekilde çözülmesine yardımcı olmaktadır.
- **Kalite Kontrol:** Süreç izleme, kalite kontrol süreçlerini desteklemektedir. Ürünlerin veya hizmetlerin kalitesinin sürekli olarak izlenmesi, kalite standartlarının karşılanmasına yardımcı olmaktadır.

Jidoka'nın süreç izleme özelliği, üretim süreçlerini daha güvenilir, düzenli ve kaliteli hale getirme amacını taşımaktadır. Bu, hataların erken tespit edilmesini sağlamak ve sürekli iyileştirme süreçlerinin temelini oluşturmaktadır.

3.3.1.3. Otomatik Durma

Jidoka, üretim hattındaki hataları ve anormallikleri tespit ettiğinde, işlemi otomatik olarak durdurma yeteneği ile karakterizedir. Bu, kalitesiz ürünlerin veya hataların daha fazla üretilmesini önlemeye yardımcı olmaktadır. Otomatik durma, üretim hattının kendisini durdurması veya operatörün müdahalesi ile gerçekleşebilmektedir [46].

Örneğin, bir üretim hattında üretilen bir parçanın ölçümleri belirli toleransların dışına çıktığında, Jidoka sistemi bu anormalliği algılamaktadır. Otomatik olarak çalışan bir mekanizma, üretim hattını durdurur ve hata düzeltilene kadar işlemi askıya almaktadır. Bu, kalite kontrolünü sağlamak ve hataların ürünlere geçmesini engellemek için çok etkili bir yöntemdir.

Otomatik durma, hataların erken tespiti ve müdahalesinin hızlı bir şekilde gerçekleşmesine olanak tanımaktadır. Bu, ürün kalitesini artırır, hata maliyetlerini düşürür ve nihayetinde üretim sürecini daha verimli hale getirmektedir [44].

3.3.1.4. Hata Bildirimi

Jidoka, üretim süreçlerindeki hataları tespit ettiğinde, bu hataları ve nedenlerini kaydeder ve ilgili personele veya yöneticilere hemen bildirir. Bu aşama, hataların tespit edilmesi ve düzeltilmesi kadar önemlidir çünkü işletmelere şu faydaları sağlamaktadır [47]:

- Hızlı Müdahale: Hata bildirimisi sayesinde işletme, hataların hemen tespit edilmesi ve doğru kişilere iletilmesi nedeniyle hızlı bir şekilde müdahale edebilir. Bu, sorunların büyümeden çözülmesini sağlamaktadır.
- Sorunların Kaydı: Jidoka sistemi, tespit edilen hataları ve nedenlerini kaydeder. Bu veriler, süreçteki tekrarlayan sorunların kökenlerini anlamak ve uzun vadeli iyileştirmeler yapmak için kullanılabilir.
- Transparan İletişim: Hata bildirimisi, işletme içinde şeffaf iletişimi teşvik eder. Personel arasında sorunları açıkça ifade etmeye teşvik eder ve bu, sürekli iyileştirme kültürünün oluşturulmasına yardımcı olmaktadır.
- Eğitim ve Beceri Geliştirme: Hata bildirimisi, personelin yeteneklerini geliştirmek için kullanılabilir. Hataların nedenlerini anlama ve benzer sorunları gelecekte önleme fırsatları sunmaktadır [48].

Bu süreç, kalite kontrolünün temel bir parçasıdır ve Jidoka'nın bu aşaması, sürekli iyileştirme için kritik bir rol oynamaktadır.

3.3.2. Kalite Kontrol ve Hata Tespiti Süreçlerindeki Rolü

Jidoka'nın kalite yönetimi ve hata tespiti süreçlerindeki önemi vurgulanmaktadır. Jidoka, üretim sürecinde kalite sorunlarını otomatik olarak tespit etme ve durma yeteneği ile bilinmektedir. Bu, üretilen her bir parçanın veya ürünün kalite standardına uygun olup olmadığını kontrol etme yeteneği anlamına gelmektedir. Eğer bir hata veya kusur tespit edilirse, üretim hattı otomatik olarak durur, böylece hatalı ürünlerin üretime girmesi engellenmektedir. Bu, kalite kontrolünü iyileştirmenin yanı sıra, hataların kök nedenlerini tespit edip ortadan kaldırmaya yönelik sürekli bir iyileştirme

sürecinin de bir parçasıdır. Jidoka'nın bu özelliği, kalite standardının korunmasına ve sürekli kalite iyileştirmesine önemli katkılar sağlamaktadır [44].

3.3.2.1. Kalite Kontrol

Jidoka'nın kalite kontrol aşaması, üretim süreçlerinde ürünlerin veya hizmetlerin kalitesinin korunmasına ve kontrol edilmesine odaklanır. Aşağıda Jidoka'nın kalite kontrol aşaması ile ilgili genel bir bakış sunulmaktadır [46]:

- **Kalite Standartları:** İlk olarak, kalite kontrol aşamasında ürün veya hizmetin belirli kalite standartlarına uygun olması gereklidir. Bu standartlar önceden tanımlanmış ve belgelendirilmiş olmalıdır. Kalite standartları, ürünlerin veya hizmetlerin hangi özelliklere ve niteliklere sahip olması gerektiğini belirtmektedir.
- **Kalite Kontrol Cihazları:** Jidoka, kalite kontrol süreçlerinde kullanılan özel cihazları içermektedir. Bu cihazlar, ürünlerin veya hizmetlerin belirlenen kalite standartlarına uygunluğunu ölçmektedir. Örneğin, ürünlerin boyutları, ağırlığı veya işlevselliği gibi özellikler, kalite kontrol cihazları tarafından izlenmektedir.
- **Hata Algılama:** Kalite kontrol cihazları, üretim süreci sırasında hataları algılamak için kullanılmaktadır. Bu hatalar, ürünlerin belirlenen standartlardan sapmasına veya anormal durumlara işaret edebilmektedir. Hatalar tespit edildiğinde, cihazlar tarafından hemen işlemi durdurma yeteneği devreye girmektedir.
- **Otomatik Durma:** Kalite kontrol aşamasında Jidoka'nın önemli bir özelliği, hata tespit edildiğinde üretim sürecini otomatik olarak durdurma yeteneğidir. Bu, hatalı ürünlerin üretime geçmesini engeller ve kalite kontrol süreçlerine hızlı müdahale sağlamaktadır.
- **Hata Bildirimi ve İzleme:** Jidoka, tespit edilen hataları ve nedenlerini kaydeder ve ilgili personeli veya yönetimi hemen bilgilendirmektedir. Bu bilgilendirme, hataların kökenini tespit etme ve düzeltme sürecinin

başlatılmasına yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda sürecin izlenmesi için verileri toplar ve analiz etmektedir.

Jidoka'nın kalite kontrol aşaması, ürünlerin veya hizmetlerin belirlenen kalite standartlarına uygun olup olmadığını sürekli olarak izler ve hataların hızlı bir şekilde tespit edilmesini sağlamaktadır. Bu sayede kalite kontrol süreçleri sürekli olarak iyileştirilebilir ve ürün veya hizmet kalitesi yüksek seviyede korunabilir [49].

3.3.2.2. Sürekli İyileştirme

Jidoka'nın temel amaçlarından biri sürekli iyileşmeyi teşvik etmektir. Bu, süreçlerin ve ürünlerin daha iyi hale getirilmesi için devamlı bir çaba anlamına gelir. Jidoka, bu sürekli iyileştirme hedeflerini elde etmeye yardımcı olan önemli bir araçtır [50].

- **Hata Analizi:** Jidoka, sürekli iyileştirme için temel verileri sağlar. Hataların tespit edilmesi ve kaydedilmesi, süreçlerin hangi yönlerinin geliştirilmesi gerektiğini anlamak için önemlidir. Bu, hataların kök nedenlerini belirlemek ve gelecekte aynı hataların tekrarlanmasını önlemek için kullanılmaktadır.
- **Çalışan Katılımı:** Sürekli iyileştirme sürecinin başarısı için işçilerin sürece aktif bir şekilde katılması çok önemlidir. Jidoka, işçilere hataları tespit etme ve sürekli iyileştirme fırsatlarına katkıda bulunma yeteneği sunmaktadır. İşçiler, sürekli iyileştirme projelerine dahil edilir ve bu projelere katkıda bulunmaktadır.
- **İyileştirme Döngüsü:** Jidoka, bir sürekli iyileştirme döngüsünün bir parçası olarak kullanılmaktadır. Bu döngü, hataların tespit edilmesi, kök nedenlerin belirlenmesi, iyileştirme eylemlerinin uygulanması ve süreçlerin daha iyi hale getirilmesi aşamalarını içermektedir. Bu döngü sürekli olarak tekrarlanır, böylece sürekli iyileştirme süreci sürdürülmektedir [51].

3.3.3.3. Veri Analizi

Jidoka'nın veri analizi aşaması, sürekli iyileştirme ve kalite kontrol süreçlerinin temel bir bileşenidir. Bu aşama, verilerin toplanması, analiz edilmesi ve yorumlanmasını içermektedir. Jidoka'nın veri analizi aşamasına ilişkin genel bir bakış [52]:

- **Veri Toplama:** İlk adım, ilgili süreçten veri toplamaktır. Bu veriler, süreçteki performansı ve sonuçları ölçmek için kullanılmaktadır. Örneğin, ürün kalitesini değerlendirmek için üretim hattından gelen veriler toplanabilir.
- **Veri Analizi:** Toplanan veriler, analiz edilmek üzere özel yazılımlar veya analiz araçları kullanılarak işlenmektedir. Veri analizi, sürecin mevcut performansını değerlendirmek ve olası sorunları tespit etmek için kullanılmaktadır. İstatistiksel yöntemler ve grafikler sıkça kullanılmaktadır.
- **Kök Neden Analizi:** Veri analizi sonuçlarına dayalı olarak, herhangi bir hata, sorun veya performans düşüklüğünün kök nedeni belirlenmektedir. Bu, temel sorunları tanımlayarak sürekli iyileştirmenin odaklanmasını sağlamaktadır.
- **Veri Yorumlama:** Analiz sonuçlarının yorumlanması, ekip veya uzmanlar tarafından yapılmaktadır. Bu aşama, verilere dayalı olarak hangi eylemlerin gerektiğini anlamak için kritiktir. Hataların nedenleri ve süreç iyileştirme fırsatları bu aşamada ortaya çıkmaktadır.
- **Karar Verme:** Veri analizinin sonuçlarına dayalı olarak, hangi adımların atılacağına karar verilmektedir. Bu, sorunların giderilmesi, sürecin iyileştirilmesi veya kalite kontrolün güçlendirilmesi gibi eylemleri içermektedir.
- **Eylem Planı:** Kararlar alındıktan sonra, bir eylem planı oluşturulur. Bu plan, sorunların giderilmesi veya sürecin daha iyi hale getirilmesi için gereken adımları ve zaman çizelgesini içermektedir.
- **Sonuçların İzlenmesi:** Eylem planı uygulandıktan sonra, sonuçların izlenmesi gerekmektedir. Veri analizi süreci sürekli tekrarlanır ve iyileştirmelerin etkisi izlenmektedir. Bu, sürekli iyileştirmenin bir parçası olarak sürecin devamlılığını sağlamaktadır [53].

Jidoka'nın veri analizi aşaması, sürekli iyileştirme ve kalite kontrolün temelini oluşturur. Doğru verilerin toplanması ve etkili bir şekilde analiz edilmesi, süreçlerin geliştirilmesine ve sorunların hızlı bir şekilde çözülmesine yardımcı olmaktadır. Bu aşama, veri odaklı kararların alınmasını teşvik eder ve işletmelerin sürekli olarak daha iyi performans göstermelerini sağlamaktadır [1].

3.3.3.4. Hata Azaltma

Hata azaltma aşaması, ürün kalitesini artırmak, maliyetleri düşürmek ve müşteri memnuniyetini sağlamak için kritik bir rol oynamaktadır. Sürekli iyileştirme çerçevesinde, hataların tekrarlanmasını önlemek ve sürekli olarak iyileştirme fırsatlarını değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır [42].

Hata azaltma aşaması, aşağıdaki anahtar ilkeler etrafında dönmektedir:

- **Önleyici Yaklaşım:** Hata azaltma, hataların üretilmeden önce önlenmesine odaklanmaktadır. Bu, hataların nedenlerinin belirlenmesi ve bu nedenlerin ortadan kaldırılması anlamına gelmektedir.
- **Kök Neden Analizi:** Hata azaltma aşamasında, hataların kök nedenlerini belirlemek için kök neden analizi yapılmaktadır. Bu, sorunların yüzeysel semptomlarına değil, temel nedenlerine odaklanmayı içermektedir.
- **Veri Tabanlı Kararlar:** Hata azaltma süreci, veri ve kanıtlara dayalı kararlar almayı teşvik eder. Veri analizi, hataların nedenlerini ve çözüm yollarını tanımlamak için kullanılmaktadır [54].

Hata azaltma aşaması, üretim süreçlerinde yaygın olarak kullanılır, ancak aynı zamanda hizmet sektörü ve diğer endüstrilerde de uygulanabilmektedir. Hata azaltma süreçleri, kalite kontrolü geliştirmenin yanı sıra iş verimliliği ve maliyet azaltma çabalarını desteklemektedir. Bu aşama, kalite kontrol ve sürekli iyileştirme projelerinin başarılı bir şekilde yürütülmesine olanak sağlamaktadır. Hata azaltma aşaması, kalitenin artırılmasına, müşteri memnuniyetinin artırılmasına ve işletme süreçlerinin daha verimli hale getirilmesine yardımcı olmaktadır [55].

BÖLÜM 4

GÖRÜNTÜ İŞLEME

Görüntü işleme, dijital bir bilgisayarın yardımıyla görüntülerin analizi, manipülasyonu ve yorumlanması sürecidir. Bu alandaki temel amaç, bir görüntüden anlam çıkarmak ve istenen bilgileri çıkartmaktır. Görüntü işleme, geniş bir uygulama yelpazesıyla birlikte gelir ve tıp, otomotiv, güvenlik, eğlence, endüstri, tarım ve daha birçok sektörde kullanılmaktadır [56].

Bilgisayarlar, bir görüntüyü oluşturan piksellerle çalışabilmektedir ve bu pikseller üzerinde çeşitli matematiksel ve istatistiksel operasyonları gerçekleştirerek bilgi çıkarabilmektedir. Görüntü işleme, bir görüntüyü iyileştirmek, tanımak, sınıflandırmak, ölçmek veya hataları düzeltmek gibi bir dizi görevi içerebilmektedir [56].

Bu alandaki temel konular arasında filtreleme, kenar tespiti, nesne tanıma, desen eşleme, renk analizi ve görüntü sıkıştırma gibi konular bulunmaktadır. Gelişmiş teknolojiler ve derin öğrenme gibi yapay zeka yöntemleri, görüntü işleme alanında daha da gelişmeler sağlamış ve karmaşık görevlerin daha etkili bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır [56].

4.1. GÖRÜNTÜ İŞLEMENİN KÖKENLERİ

"Görüntü İşlemenin Kökenleri" genel başlığı, görüntü işleme alanının temel gelişim süreçlerini ve bu alanda nelerin etkili olduğunu anlamamıza yardımcı olacak önemli noktalara odaklanmaktadır.

4.1.1. Görüntü İşleme Teriminin Ortaya Çıkışı

Görüntü İşleme terimi, teknik ve bilim dünyasında özellikle 1960'lardan itibaren daha yaygın olarak kullanılmaya başlandı. Görüntü işlemenin terim olarak ortaya çıkışı, bazı önemli dönemlere dayandırılabilir [57]:

- **II. Dünya Savaşı ve Radar Teknolojisi:** II. Dünya Savaşı sırasında, radarda kullanılan görüntü işleme teknikleri büyük önem kazandı. Hedeflerin tespiti ve tanımlanması için radar görüntüleri işleniyordu. Bu, görüntü işlemenin erken bir uygulamasıydı.
- **Dijital Bilgisayarların Yaygınlaşması:** Dijital bilgisayarların 1950'lerden itibaren yaygınlaşması, görüntü işleme için önemli bir dönüm noktasıydı. Dijital makineler görüntü verilerini işlemek için kullanılabilecek kapasiteye sahipti.
- **Görsel Algı ve İşleme Araştırmaları:** 1950'ler ve 1960'lar, yapay zeka ve görsel algı konularına büyük ilgi gördü. Bu dönemde, insan benzeri görme ve işleme yeteneklerini bilgisayarlarla taklit etme fikri ortaya çıktı [56].

Bu dönemler, görüntü işleme teriminin ortaya çıkışında etkili oldu. Daha sonraki yıllarda, bilgisayarların işlem gücünün artması ve görüntü işleme algoritmalarının gelişmesiyle, bu terim ve bu alandaki uygulamalar hızla yaygınlaştı [58].

4.1.2. İlk Görüntü İşleme Uygulamaları

Görüntü işleme, başlangıçta tıbbi teşhislerde, askeri hedef tespitlerinde, endüstriyel kalite kontrolünde ve uzay araştırmalarında kullanıldı. Örneğin, tıbbi görüntüleme, hastalıkların teşhisi ve tedavisinde önemli bir rol oynadı. Askeri amaçlar için hedef tanıma ve izleme, erken görüntü işleme uygulamalarından biriydi. Aynı şekilde, endüstriyel görüntü işleme, kalite kontrolü ve üretim süreçlerinin izlenmesinde kullanıldı. Uzay araştırmaları için ise uzaydaki nesnelere incelemede görüntü işleme teknikleri büyük bir öneme sahiptir. Bu erken uygulamalar, görüntü işlemenin evrimini şekillendiren temel adımlardır [59].

4.2. ANALOG GÖRÜNTÜ İŞLEME DÖNEMİ

Analog Görüntü İşleme Dönemi, görüntü işlemenin evrimindeki bir aşamadır ve genellikle dijital teknolojinin yaygın olarak kullanılmadan önceki dönemi temsil eder. Bu dönemde, görüntü işleme analog sinyaller üzerinde gerçekleştirilirdi. Analog görüntü işleme, görüntülerin sürekli değerli sinyaller olarak ele alındığı bir süreçti [56].

Analog görüntü işleme, özellikle 1950'lerden 1980'lere kadar olan zaman diliminde etkindi. Bu dönemde, bilgisayarlar genellikle dijital olmayan, analog devrelerden oluşuyordu. Analog görüntü işleme, özellikle televizyon ve medikal görüntüleme gibi alanlarda kullanılmaktaydı [60].

Bu süreçte, görüntüler üzerindeki işlemler, amplifikasyon, filtreleme ve modifikasyon gibi analog elektronik devreler kullanılarak gerçekleştirilirdi. Ancak, analog teknolojinin doğasından kaynaklanan sınırlamalar, zaman içinde dijital görüntü işlemenin öne çıkmasına neden oldu. Analog görüntü işleme, analog sinyallerin zayıflama ve gürültü gibi sorunlarına duyarlıdır ve dijital sistemlere göre daha az esneklik sunmaktadır [60].

Dijital teknolojinin yükselmesiyle birlikte, sayısal görüntü işleme avantajları, analog teknolojiyi geçmeye başladı. Dijital görüntü işleme, daha yüksek hassasiyet, esneklik ve işleme kapasitesi sağlayarak analog görüntü işlemenin yerini aldı. Bu dönüşüm, birçok endüstri ve uygulama alanında daha gelişmiş ve güçlü görüntü işleme sistemlerinin geliştirilmesine olanak tanıdı [56].

4.2.1. Analog Görüntü İşleme Teknikleri ve Araçlar

Analog görüntü işleme, günümüz dijital görüntü işleme tekniklerinin öncüsü olarak kabul edilir ve temelde analog elektrik sinyalleri üzerinde çalışmaktadır [61].

Analog görüntü işleme teknikleri ve araçları, esasen elektronik devrelerin ve sinyal işleme yöntemlerinin kullanılmasını içermektedir. Bu yöntemler, dijital görüntü işleme tekniklerinin gelişmesine temel teşkil etmektedir [62].

4.2.1.1. Analog Görüntü İşleme Teknikleri

Filtreleme: Analog görüntü işleme, görüntü üzerinde filtreler kullanarak istenmeyen bileşenleri azaltmak veya vurgulamak için kullanılmaktadır. Örneğin, düşük geçiren bir filtre, yüksek frekansta gürültüyü azaltabilmektedir [63].

Yoğunluk Dönüşümü: Görüntüdeki yoğunluk seviyelerini değiştirme işlemidir. Özellikle kontrast artırma veya azaltma için kullanılmaktadır [63].

Parazit Giderme: Analog yöntemler, görüntüdeki parazitleri gidermek için kullanılmaktadır. Bu, özellikle medikal görüntülerde kullanılmaktadır [64].

Analog Morfoloji: Analitik matematik prensiplerine dayanan bu teknikler, özellikle şekil analizi ve nesne tespiti için kullanılmaktadır [64].

4.2.1.2. Analog Görüntü İşleme Araçları ve Cihazları

Analog Kameralar: Analog görüntü işleme, analog kameralar kullanılarak başlamaktadır. Bu kameralar, görüntüyü elektrik sinyallerine çevirmektedir [64].

Özel Analog Devreler: Analog görüntü işleme cihazlarında özel analog devreler kullanılmaktadır. Bu devreler, görüntü işleme tekniklerini uygulamak için tasarlanmıştır [64].

Analog Dijital Çevirici (ADC): Analog görüntü işleme, sonuçları daha fazla işleme için dijital forma dönüştürmek amacıyla ADC'ler kullanılmaktadır [63].

Analog Filtrasyon Cihazları: Analog görüntü işleme, düşük geçiren veya yüksek geçiren analog filtreler içeren özel cihazlarla gerçekleştirilmektedir [63].

4.2.2. Analog Görüntü İşleme Uygulamaları

Analog görüntü işleme uygulamaları, görüntülerin işlenmesi ve analiz edilmesi için analog elektronik sinyal işleme yöntemlerinin kullanıldığı alandır. Bu uygulamalar genellikle analog video işleme, tıbbi görüntüleme, uzaktan algılama, görüntü işleme sensörleri, güvenlik ve gözetim, endüstriyel otomasyon gibi farklı alanlarda karşımıza çıkmaktadır [65]. Örneğin;

- **Televizyon ve Video İşleme:** Analog televizyon sistemlerinin gelişmesi ve analog video işleme tekniklerinin kullanılması, video kayıt, aktarım ve yayın süreçlerini içermektedir. Bu, renk düzeltilmesi, kontrast iyileştirmesi ve video sinyallerinin filtrelenmesi gibi işlemleri içermektedir [66].
- **Tıbbi Görüntüleme:** Analog görüntü işleme, medikal görüntülerin işlenmesinde kullanılmaktadır. Röntgen filmlerinin işlenmesi ve görüntülerin iyileştirilmesi, bu alandaki örneklerdir [64].
- **Uzaktan Algılama:** Uydu ve hava uçakları gibi araçlarla alınan analog görüntülerin analizi, bu alanda kullanılan bir uygulamadır. Örneğin, tarım alanlarının izlenmesi, doğal afetlerin tespiti ve orman izleme bu kategorilere girmektedir [67].
- **Görüntü İşleme Sensörleri:** Analog görüntü işleme sensörleri, belirli uygulamalarda kullanılan özelleşmiş sinyal işleme işlevlerine sahiptir. Bu, fotoğraf makinelerinde, endüstriyel kameralarda ve diğer cihazlarda görülebilmektedir [67].
- **Güvenlik ve Gözetim:** Analog video sistemleri, güvenlik kameraları ve gözetim sistemlerinde yaygın olarak kullanılmıştır. Görüntülerin işlenmesi, tehditlerin tespit edilmesi ve olayların belgelenmesi için önemlidir [66].
- **Endüstriyel Otomasyon:** Üretim tesislerinde analog görüntü işleme, ürün kalitesinin izlenmesi, robotların yönlendirilmesi ve otomasyon süreçlerinin iyileştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır [64].

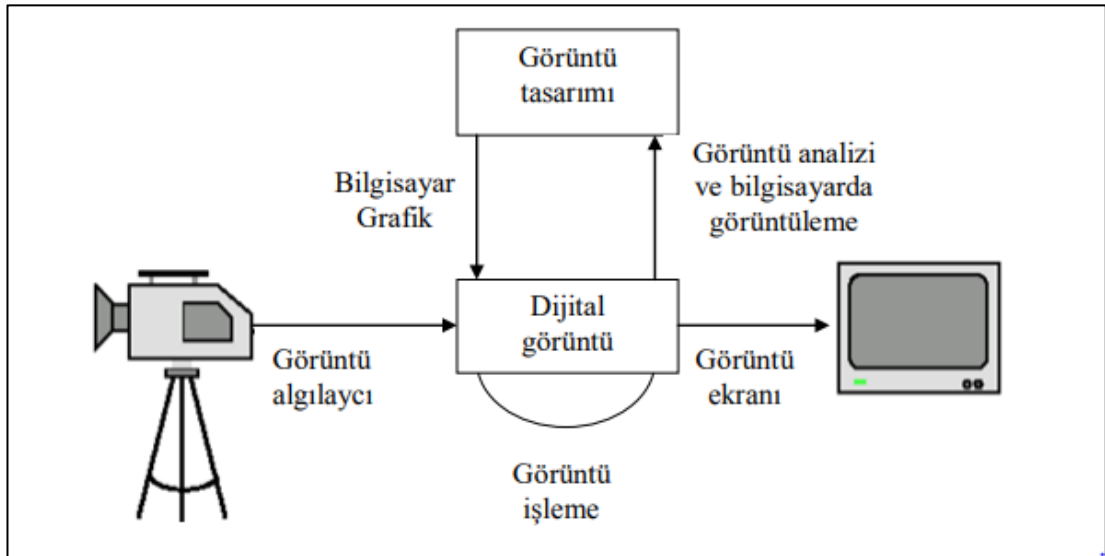
Bu alanlar, analog görüntü işleme tekniklerinin sağladığı avantajları kullanarak daha iyi teşhis, üretim kalitesi ve güvenlik sağlamaktadır. Ancak, dijital görüntü işleme teknolojilerinin yükselişi, analog yöntemlerin yerini kademeli olarak almıştır [65].

4.3. DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEMENİN DOĞUŞU

Dijital görüntü işleme, bilgisayarların giderek daha güçlü hale geldiği 20. yüzyılın ortalarında şekillenmeye başladı. Bu dönemde, bilgisayarlar hala günümüz standartlarına kıyasla oldukça sınırlıydı, ancak temel işlemleri Şekil 4.1’de görüldüğü gibi gerçekleştirebiliyorlardı.

4.3.1. Dijital Görüntü İşleme Teknolojilerinin Gelişimi

Dijital görüntü işleme, analog görüntü işlemenin yerini almış ve sayısal bilgisayarlar kullanılarak görüntüleri işlemek için dijital sinyal işleme tekniklerinin kullanıldığı bir alandır. Bu gelişme, bilgisayarların işlem gücünün artmasıyla mümkün olmuştur. İlk bilgisayarlar sınırlı işlem gücüne sahipti, ancak bu güçlerinin artmasıyla daha karmaşık görüntü işleme işlemleri gerçekleştirebilir hale geldiler [56].



Şekil 4.1. Temel görüntü işleme örneği [68].

Dijital görüntü işleme, görüntülerin sayısal formatlarda yakalanmasını, depolanmasını, işlenmesini ve analiz edilmesini içerir. Bu teknoloji, tıbbi görüntüleme, güvenlik, otomasyon, yapay zeka ve daha birçok alanda uygulanır. Gelişmiş algoritmalar ve yazılımlar sayesinde, görüntü işleme sistemleri artık karmaşık

analizleri hızlı ve hassas bir şekilde gerçekleştirebilirler. Özellikle yapay zeka ve derin öğrenme tekniklerinin entegrasyonu, dijital görüntü işlemenin sınırlarını daha da genişletmiştir [58].

Dijital görüntü işleme, modern teknolojinin birçok yönüne katkıda bulunmuş ve hızla gelişmeye devam etmektedir. Bu alandaki ilerlemeler, daha iyi tıbbi teşhislerin yapılmasını, otomasyonun artmasını, güvenliğin iyileştirilmesini ve daha pek çok uygulama sağlamaktadır. Görüntü işlemenin dijitalleşmesi, günümüzdeki teknolojik yeniliklerin temelini atmıştır [69].

4.3.2. Dijital Görüntü İşleme Yöntemlerinin Temelleri

Dijital Görüntü İşleme Yöntemlerinin Temelleri, görüntülerin bilgisayarlar aracılığıyla işlenmesi ve analiz edilmesiyle ilgili temel prensipleri inceleyen bir alandır. Bu temeller, görüntü işlemenin matematiksel ve algoritmik yönlerini içerir. Görüntü işleme, genellikle bir görüntüyü iyileştirme, analiz etme, tanıma veya sıkıştırma amacıyla çeşitli tekniklerin kullanılmasını içerir. Temel konular arasında filtreleme, konvolüsyon, histogram analizi, kenar tespiti ve morfolojik operasyonlar bulunur. Bu yöntemler, görüntülerin üzerinde belirli operasyonlar gerçekleştirilerek, istenilen bilgi çıkarsanmasını sağlar. Dijital görüntü işleme, tıp, otomotiv, güvenlik, eğlence ve birçok diğer endüstri alanında geniş uygulama bulmuştur. Temel amaç, görüntü verilerinden anlamlı bilgiler elde etmek ve bu bilgileri daha geniş bir bağlamda anlamak veya kullanmaktır. Bu alandaki temel bilgiler, algoritmalar ve uygulamalar, bilgisayarlı görüntü işlemenin evrensel prensiplerini kavramak isteyenler için kritik öneme sahiptir [56].

Çizelge 4.1’de Analog ve Digital arasındaki farklar detaylı gösterilmiştir.

Çizelge 4-1. Analog ve Dijital Arasındaki Farklar Örneği [70].

| Karşılaştırma Ögesi | Anaolog Sinyal | Digital Sinyal |
|--------------------------------|--|--|
| Analiz | Zor | Mümkün |
| Gösterim | Sürekli | Ayrık |
| Doğruluk | Daha Fazla | Daha az |
| Depolama | Sonsuz Hafıza İhtiyacı | Kolaylıkla depolanabilir. |
| Gürültü Etkisi | Var | Yok |
| Kayıt Tekniği | Orijinal sinyal korunur. | Sinyal örnekleri alınır ve korunur. |
| Örnekler | İnsan sesi, Termometre, Anolog Telefonlar vb. | Bilgisayarlar, Dijital Telefonlar, Dijital Kalemler vb. |

4.3.2.1. Piksel (Pixel)

Dijital görüntü işleme, temelde piksellerin (resmin en küçük bileşenleri) işlenmesine dayanır. Bir görüntünün en küçük bileşeni olan piksel, "picture element" kelimelerinin kısaltmasıdır. Bir piksel, bir renk değeri ve koordinatlarla temsil edilir ve görüntü üzerindeki diğer piksellerle birleşerek görüntünün oluşturulmasını sağlar [56].

4.3.2.2. Çözünürlük (Resolution)

Çözünürlük, birim uzunlukta birbirinden ayırt edilebilen noktaların sayısını temsil eder. Çözünürlük hesaplamalarında, uzunluk birimi olarak inç veya santimetre kullanılır. Resim çözünürlüğü, görselin içerdiği ayrıntı düzeyini belirler. Yüksek bir çözünürlük, resimde daha fazla detayın görünmesi anlamına gelir. Resim çözünürlüğü, farklı yöntemlerle ölçülebilir. Çözünürlük ölçüleri, satırların birbirinden ayırt edilebilirlik derecesine göre belirlenir [71].

4.3.2.3. Gri Tonlama (Grayscale)

Grayscale, her pikselin sadece gri tonlarını içerdiği bir görüntü biçimidir. Renk bilgisinin eksik olduğu bu tür görüntüler, siyah, beyaz ve gri tonlarını kullanarak birçok farklı tonu temsil edebilir. Genellikle siyah-beyaz veya gri tonlamalı fotoğraflar bu kategoriye girer. Grayscale görüntüler, renkli görüntülerin aksine daha az veri içerir ve bu nedenle daha düşük dosya boyutlarına sahiptir. Grayscale, özellikle basılı metinlerin ve siyah-beyaz fotoğrafların işlendiği yerlerde yaygın olarak kullanılır [72].

4.3.2.4. RGB

RGB, üç temel renk olan kırmızı (Red), yeşil (Green) ve mavi (Blue) tarafından oluşturulan bir renk modelidir. Bu üç temel renk, birlikte çeşitli oranlarda karıştırılarak diğer tüm renkleri üretmek için kullanılır. Dijital cihazlarda, her piksel, kırmızı, yeşil ve mavi bileşenlere sahip olur. Her bileşen, bir tonun parlaklık düzeyini temsil eder. Bu üç bileşen, farklı oranlarda birleştirilerek pikselin son renk değerini oluşturur. Bu, dijital ekranlarda ve fotoğraf işleme yazılımlarında yaygın olarak kullanılır [56].

4.3.2.5. Eşitleme (Thresholding)

Thresholding, bir dijital görüntünün piksellerini iki farklı gruba ayırmak için kullanılan bir işlemdir: birinci grup, belirli bir eşik değerini aşan piksellerden oluşurken ikinci grup, eşik değerini aşmayan piksellerden oluşur. Bu işlem genellikle nesne tespiti, kenar belirleme ve görüntü iyileştirme için kullanılır. Örneğin, nesne tespiti amacıyla bir görüntüdeki nesne ve arka planı ayırmak için thresholding kullanılabilir [72].

4.4. GÖRÜNTÜ İŞLEMENİN TİCARİ VE ENDÜSTRİYEL KULLANIMI

Görüntü işlemenin Ticari ve Endüstriyel Kullanımı, birçok sektörde önemli avantajlar sağlayan ve iş süreçlerini optimize etmeye yönelik geniş bir uygulama yelpazesini kapsar. Bu alandaki kullanımlar; Kalite Kontrol ve Üretim Optimizasyonu, Otonom Araçlar ve Ulaşım, Güvenlik ve Gözetim, Tıp Alanında Görüntüleme, Tarım ve Ziraat,

Perakende ve Ticaret gibi alanlar örnek verilebilir. Bu uygulamalar, iş süreçlerini daha verimli hale getirme, hataları azaltma ve genel olarak iş performansını artırma potansiyeli sunar. Görüntü işlemenin ticari ve endüstriyel kullanımı, birçok sektörde rekabet avantajı sağlamak için önemli bir araçtır [58].

4.4.1. Dijital Görüntü İşleme Uygulamalarının Yaygınlaşması

Dijital görüntü işleme, ticari ve endüstriyel alanlarda son yıllarda büyük bir yaygınlaşma yaşamıştır. Gerçekleşen alanların bazıları [73]:

- **Kalite Kontrol ve Üretim:** Endüstriyel üretimde dijital görüntü işleme, ürünlerin kalitesini kontrol etmek ve hataları tespit etmek için yaygın olarak kullanılır. Otomobil üretiminden gıda işleme endüstrisine kadar birçok alanda üretim hatlarında bu teknolojiye başvurulur.
- **Tıp ve Sağlık Hizmetleri:** Tıp alanında, dijital görüntü işleme tıbbi görüntüleme, radyoloji ve cerrahi uygulamalarda kullanılır. Hastaların teşhisi ve tedavisi için MR, CT taramaları ve endoskopik görüntüler gibi dijital görüntüleme teknikleri önemlidir.
- **Güvenlik ve Gözetim:** Güvenlik kameraları ve video izleme sistemleri, dijital görüntü işlemenin bir başka büyük uygulama alanını oluşturur. Yüz tanıma, nesne izleme ve olay tespiti, güvenlik endüstrisinde yaygın olarak kullanılır.
- **Otomotiv Endüstrisi:** Otomotiv sektörü, dijital görüntü işleme teknolojilerini sürüş yardım sistemlerinden otopark yardımına kadar birçok uygulamada kullanır. Araçların çevresini izlemek ve sürücülere yardımcı olmak için kameralar ve sensörlerle entegre edilir.
- **Tarım ve Çevresel İzleme:** Tarım sektörü, bitki hastalıklarını tespit etmek, ürün verimliliğini artırmak ve sulama yönetimi için dijital görüntü işlemeyi kullanır. Aynı zamanda orman izleme, su kalitesi analizi ve çevresel değişikliklerin takibi gibi çevresel uygulamalarda kullanılır.
- **Sinema ve Eğlence:** Sinema efektleri ve animasyonlarda dijital görüntü işleme teknikleri büyük bir rol oynar. Yeşil perde teknolojisi ve görüntü efektleri, bu alanda yaygın olarak kullanılır.
- **Perakende ve Ticaret:** Perakende sektöründe, raftaki ürünlerin izlenmesi ve envanter yönetimi için dijital görüntü işleme teknolojileri kullanılır. Özellikle

otomatik kasalar, barkod okuyucular ve yüz tanıma sistemi gibi uygulamalarda karşımıza çıkar.

Bu alanlarda dijital görüntü işleme, iş süreçlerini geliştirmek, maliyetleri düşürmek, hataları azaltmak ve verimliliği artırmak için yaygın bir şekilde kullanılır. Teknolojik ilerlemeler ve daha hızlı işleme gücü, bu uygulamaların daha da yaygınlaşmasına katkı sağlar [56].

4.4.2. Ticari Görüntü İşleme Sistemlerinin Yükselişi

Ticari görüntü işleme sistemleri, son yıllarda endüstriyel ve ticari alanlarda büyük bir yükseliş yaşamıştır. Bu yükseliş, dijital görüntü işlemenin hızla gelişmesi, daha ucuz hale gelmesi ve hızlı işlem kapasitesi sunabilmesi sayesinde olmuştur. Bu alandaki bu hızlı büyüme, bir dizi uygulamanın daha verimli ve hassas hale gelmesini sağlamıştır [73].

Ticari görüntü işleme, otomasyon, kalite kontrol, güvenlik, otomobil endüstrisi, gıda üretimi ve daha pek çok sektörde yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, ürünlerin kalite kontrolü, defolu ürünlerin otomatik olarak tespiti, güvenlik kameralarının yüz tanıma özelliği ve trafik kameralarının plaka tanıma uygulamaları gibi pek çok farklı uygulama vardır [73].

Ticari görüntü işleme sistemleri, bu sektörlerde verimliliği artırmak, maliyetleri azaltmak ve hataları minimize etmek için güçlü bir araç haline gelmiştir. Ayrıca, bu teknolojilerin gelişmesi, yeni uygulama alanlarının sürekli olarak ortaya çıkmasını sağlamaktadır [74].

Bu gelişmelerle birlikte, ticari görüntü işleme sistemlerinin kullanımının artması beklenmektedir. Endüstriler, bu teknolojilerin sunduğu avantajları daha fazla kullanarak rekabet avantajı elde etmek istemektedir [74].

4.5. DERİN ÖĞRENME VE GÖRÜNTÜ İŞLEME

Derin Öğrenme ve Görüntü İşleme, yapay zekâ ve bilgisayarlı görü alanlarında önemli bir etki yaratmıştır. Derin öğrenme, karmaşık modelleri öğrenme yeteneği ile bilinirken, görüntü işleme, görsel verileri analiz etme ve anlama sürecini ifade eder. İki alanın birleşimi, birçok uygulama alanında çığır açan sonuçlar doğurmuştur. Derin öğrenme, genellikle sinir ağı mimarileri kullanarak karmaşık görevleri gerçekleştirme yeteneği ile bilinir. Görüntü işleme bağlamında, derin öğrenme modelleri, görsel verilerde desenleri ve özellikleri otomatik olarak çıkarabilir. Bu, nesne tanıma, yüz tanıma, görüntü sınıflandırma ve segmentasyon gibi görevlerde büyük bir başarı sağlar [75].

4.5.1. Derin Sinir Ağlarının Görüntü İşleme Alanına Etkisi

Görüntü işleme, geleneksel olarak bilgisayarlı görü özellikleri ve işlem makineleri kullanılarak yapılan bir disiplindi. Ancak derin öğrenme, özellikle erişimli sinir ağları (Convolutional Neural Networks - CNNs), görüntü işleme alanında devrim niteliğinde değişikliklere neden oldu. Derin sinir ağları, görsel verileri işlemek ve anlamak için biyolojik sinir sistemlerine dayanan bir yapay sinir ağı türüdür [76].

Derin öğrenme teknikleri, görüntü işleme alanında büyük bir etki yaratmıştır. Bazı ana noktalar [77]:

- **Daha İyi Özellik Çıkarımı:** CNN'ler, otomatik olarak daha iyi özellikler çıkarmak için eğitilmişlerdir. Bu, özellikle nesne tanıma, yüz tanıma, karakter tanıma ve daha pek çok görsel tanıma görevinde faydalıdır.
- **Daha Yüksek Doğruluk Oranları:** Derin öğrenme, geleneksel yöntemlere göre daha yüksek doğruluk oranları sağlayabilir. Bu, medikal görüntüleme, güvenlik kameraları, otomasyon ve daha birçok uygulama için önemlidir.
- **Endüstriyel Otomasyon:** Üretim hatlarında, ürün kalitesinin izlenmesi ve hataların tespiti için derin öğrenme kullanılır. Bu, üretim süreçlerinin daha hassas ve verimli hale getirilmesini sağlar.
- **Tıbbi Görüntüleme:** Derin öğrenme, tıbbi görüntüleme uygulamalarında hastalıkların teşhisi ve tedavisi için kullanılır. Örneğin, MR veya CT

taramalarının analizi ve patoloji resimlerinin incelenmesi gibi görevlerde faydalıdır.

- **Otomatik Sürüş:** Otomobil endüstrisinde, sürücüsüz araçların geliştirilmesinde derin öğrenme kullanılır. Bu, araçların çevrelerini algılamalarına yardımcı olur.

Derin öğrenmenin, karmaşık görsel verileri işleme yeteneği, görüntü işleme alanında büyük bir dönüşüm yaratmıştır. Bu teknikler, daha iyi sonuçlar, otomasyon olanakları ve yeni uygulama alanları sunar [75].

4.5.2. Convolutional Neural Networks (CNN) ile Görüntü İşleme

Convolutional Neural Networks (CNN), özellikle ızgara şeklinde matris verileri işlemek için özel olarak tasarlanmış bir yapay sinir ağı modelidir. Matris temsili, zaman serilerini veya görsel verileri içerebilecek şekilde çok yönlüdür. CNN'ler, gerçek dünya uygulamalarında büyük başarılar elde etmiştir ve 'evrişim' adını aldığı işlem matematiksel bir dizi işlemle verilere uygulandığını ifade eder. Bu ağlar, matris çarpımı yerine evrişim işlemi kullanan sinir ağı katmanlarına sahiptir [75].

CNN'lerin görüntü işleme alanındaki temel unsurları [78]:

- **Evrişim Katmanları (Convolutional Layers):** CNN'lerin temel ögesi, görüntüler üzerinde evrişim işlemleri gerçekleştiren katmanlardır. Bu katmanlar, görüntü üzerinde çeşitli filtrelerle kaydırma işlemi yapar. Bu sayede, farklı özelliklerin, örneğin kenarlar veya köşeler, çıkarılması sağlanır.
- **Havuzlama Katmanları (Pooling Layers):** Havuzlama katmanları, evrişim sonuçlarını küçültmek ve işlemi basitleştirmek için kullanılır. En yaygın havuzlama işlemi, maksimum havuzlamadır. Bu, bir bölgenin en büyük değerini alarak görüntüyü küçültür.
- **Tam Bağlantılı Katmanlar (Fully Connected Layers):** CNN'nin sonunda tam bağlantılı katmanlar bulunur. Bu katmanlar, evrişim ve havuzlama işlemlerinin sonuçlarını kullanarak sınıflandırma veya çeşitli görevler için

sonuçları üretir. Bu katmanlar, genellikle sinir ağı tarafından tahminlerin yapıldığı yerdir.

CNN'ler, görüntü sınıflandırma, nesne tanıma, yüz tanıma, otomotiv endüstrisindeki otonom araçlar için algılama, tıbbi görüntü işleme ve daha birçok uygulama alanında kullanılır. Özellikle büyük veri miktarları ile çalıştıklarında, CNN'ler oldukça yüksek doğruluk oranlarına ulaşabilirler [79].

4.6. GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNOLOJİSİNİN MODERN UYGULAMALARI

Görüntü işleme, bilgisayarların görsel bilgileri anlamalarını sağlayan bir disiplindir ve günümüzde birçok alanda çeşitli uygulamalara sahiptir.

4.6.1. Tıp Alanında Görüntü İşleme Uygulamaları

Tıp alanında görüntü işleme uygulamaları, tıbbi görüntüleme tekniklerinin kullanılmasıyla hastalıkların tanısından tedavisine kadar pek çok farklı alanda büyük bir etkiye sahiptir. Görüntü işleme teknolojisinin modern tıp uygulamaları üzerindeki etkisi, tıp dünyasında devrim niteliğindedir [80].

- **Radyoloji:** Radyoloji, tıbbi görüntüleme alanındaki öncü uygulamalardan biridir. Röntgen, MR, CT ve ultrason gibi tıbbi görüntüleme teknikleri, hastalıkların tanısında ve tedavisinde kullanılır. Görüntü işleme, bu tıbbi görüntülerin analizinde kullanılarak doktorlara ve uzmanlara daha iyi teşhisler ve tedavi planları oluşturma imkânı sunar.
- **Hasta İzlemi ve Cerrahi Planlama:** Tıbbi görüntüleme, ameliyat öncesi planlama ve ameliyat sırasında gerçek zamanlı navigasyon için kullanılır. Örneğin, bir cerrah, ameliyat sırasında görüntü rehberliği ile daha hassas ve güvenli bir şekilde işlem yapabilir.
- **Radyoterapi ve Radyasyon Tedavisi:** Kanser tedavisinde görüntü işleme, tümörlerin yerini belirlemek ve radyoterapiyi hassaslaştırmak için kullanılır. Bu, kanser hücrelerini hedef alırken sağlıklı dokuları koruma olanağı sağlar.
- **Nöroloji ve Beyin Araştırmaları:** Görüntü işleme, nöroloji alanında beyin görüntülerinin analizinde kullanılır. Alzheimer hastalığının tanısı, inme sonrası

rehabilitasyon ve nörolojik bozuklukların araştırılması gibi pek çok uygulama bu kapsamdadır.

- **Dijital Histopatoloji:** Dijital görüntü işleme, doku örneklerinin incelemesi için histopatolojide kullanılır. Bu, doktorların doku örneklerini daha hızlı ve hassas bir şekilde analiz etmelerine yardımcı olur [81].

Tıp alanında görüntü işleme, hastaların daha iyi teşhis edilmesi, tedavi edilmesi ve izlenmesine olanak sağlar. Ayrıca, araştırmacılara yeni tedavi yöntemleri ve hastalıkların anlaşılması için değerli veriler sunar. Bu nedenle, tıp alanındaki görüntü işleme uygulamaları, sağlık hizmetlerinin kalitesini artıran önemli bir araçtır [82].

4.6.2. Otomotiv ve Ulaşım Sektöründeki Görüntü İşleme Uygulamaları

Otomotiv ve ulaşım sektörü, görüntü işleme teknolojilerini hızla benimseyen ve uygulayan önemli endüstrilerden biridir. Bu teknolojiler, sürücü güvenliği, otomasyon, çevresel izleme ve daha pek çok alanda kullanılır. Otomotiv ve ulaşım sektöründeki görüntü işleme uygulamalarının birkaç özeti [83]:

- **Sürücü Destek Sistemleri:** Görüntü işleme, sürücü güvenliği ve konforunu artırmak amacıyla kullanılır. Örneğin, şerit takip asistanları ve otomatik frenleme sistemleri, araçların önündeki diğer araçları ve yol işaretlerini görüntü işleme teknolojileriyle izler. Bu, sürücülere uyarılar göndererek kazaları önler.
- **Otonom Sürüş ve Robotik Araçlar:** Otonom araçlar, görüntü işleme ile çevrelerini algılar. Radar, lidar ve kamera sistemleri, araçların yolun durumunu ve etrafındaki nesnelere anlamalarına yardımcı olur. Bu, sürücüsüz araçların güvenli bir şekilde hareket etmesini sağlar.
- **Trafik ve Yol Güvenliği:** Trafik kameraları ve görüntü işleme algoritmaları, trafik sıkışıklığı izlemek, hız ihlallerini tespit etmek ve trafik ışıklarını düzenlemek gibi uygulamalarda kullanılır. Bu, trafik güvenliğini artırır ve trafik akışını iyileştirir.

- **Yol İşareti Tanıma:** Görüntü işleme, yol işaretlerini tanımak ve okumak için kullanılır. Bu, sürücülerin hız sınırlarına uymalarını ve doğru yolu takip etmelerini sağlar.
- **Araç Park Sistemleri:** Görüntü işleme, araçların park etmesini kolaylaştırmak için kullanılır. Otomobiller park yeri bulma, park ederken engelleri algılama ve park ederken sürücüye yardımcı olma yeteneklerine sahiptir.
- **Yolcu ve Araç Takibi:** Görüntü işleme, yolculardan ve araçlardan gelen verileri analiz etmek için kullanılır. Bu, yolculuk sürelerini optimize etmek ve güvenliği artırmak için önemlidir.
- **Taşımacılık ve Lojistik:** Kamera sistemleri ve görüntü işleme, kargo takibi, taşımacılık yönetimi ve lojistik alanlarında kullanılır. Bu, malların izlenmesini ve taşınmasını optimize etmeye yardımcı olur.
- **Çevresel İzleme:** Görüntü işleme, hava kirliliği, trafik yoğunluğu ve çevresel değişikliklerin izlenmesine yardımcı olur. Bu bilgiler, şehir planlaması ve çevre koruma stratejileri için kullanılır [84].

Otomotiv ve ulaşım sektörü, görüntü işleme teknolojilerinin hızlı bir şekilde gelişmesiyle önemli bir dönüşüm yaşamıştır. Bu uygulamalar, sürücü güvenliği, otomasyon ve ulaşım verimliliğini artırmak için kritik bir rol oynamaktadır [85].

4.6.3. Endüstri 4.0 ve Akıllı Üretimde Görüntü İşleme

Endüstri 4.0, endüstriyel üretimde dijitalleşmenin ve otomasyonun yeni bir aşamasını temsil eder. Akıllı fabrikalar, sensörler, yapay zeka ve görüntü işleme teknolojileri gibi yenilikçi araçları bir araya getirerek üretim süreçlerini daha verimli ve rekabetçi hale getirir. Görüntü işleme, bu dönüşümün önemli bir bileşenidir [86].

4.6.3.1. Kalite Kontrolü

Kalite kontrolü, üretim süreçlerinde ürünlerin veya bileşenlerin belirli kalite standartlarına uygunluğunun izlenmesi ve değerlendirilmesi için kritik bir işlemdir. Endüstri 4.0'ın gelişimi ve görüntü işleme teknolojilerinin evrimi, bu süreci daha

verimli hale getirme ve kalite kontrolünü daha hassas hale getirme olanağı sağlamıştır [85].

Görüntü işleme, bu kontrollerin bir parçası olarak görsel verilerin analizi için kullanılır. Özellikle, ürünlerin dış görünümünün ve bileşenlerinin doğru boyutlarının kontrol edilmesi konusunda etkili bir araçtır. Bu süreçle ilgili bazı önemli yönler:

- **Otomasyon:** Görüntü işleme, otomasyon süreçlerine entegre edilerek ürünlerin otomatik olarak gözden geçirilmesini sağlar. Ürünler üretim hattından geçerken kameralar tarafından yakalanır ve hemen incelenir. Bu, insan hatalarını azaltır ve hızlı yanıtlar sağlar [87].
- **Hız ve Hassasiyet:** Görüntü işleme teknolojileri, ürünlerin yüzlerce hatta binlerce detayını çok kısa süreler içinde inceleyebilir. Bu, daha yüksek hızlarda çalışma ve daha fazla hassasiyet anlamına gelir [88].
- **Defo Tespiti:** Ürünlerin yüzeylerindeki kusurların veya hataların tespiti için görüntü işleme kullanılır. Örneğin, bir malzeme üzerindeki çizikler, renk uyumsuzlukları veya şekil bozuklukları gibi hatalar algılanabilir [56].
- **Veri Kaydı:** Görüntü işleme sistemleri, ürünlerin görsel denetim verilerini kaydedebilir. Bu veriler, belirli bir ürün veya işlemle ilgili belgelendirme ve raporlama için kullanılabilir [74].
- **Tüketici Güveni:** Kalite kontrolünün artırılması, ürünlerin güvenilirliğini ve kalitesini artırır. Bu da tüketiciler için daha iyi ürünler ve güvenilirlik anlamına gelir [87].

4.6.3.2. Ürün İzleme

Ürün izleme, görüntü işleme tekniklerini kullanarak gerçekleştirilir. Üretim hattında bulunan kameralar veya sensörler, ürünlerin görüntülerini yakalar. Bu görüntüler daha sonra bilgisayar tabanlı görüntü işleme yazılımları ile analiz edilir. İzleme süreci aşağıdaki adımları içerebilir [72]:

- **Ürün Tanıma:** Kameralar, ürünlerin kimliklerini tanır. Bu, ürünün modelini, seri numarasını veya diğer kimlik bilgilerini içerir [89].

- **Üretim İlerlemesi İzleme:** Ürünlerin üretim aşamaları ve konumları izlenir. Bu, her ürünün üretim sürecinde nerede olduğunu belirlemeyi sağlar [58].
- **Veri Toplama ve Analiz:** İzlenen veriler, üretim hattındaki verimliliği artırmak ve üretim süreçlerini optimize etmek için kullanılır. Ayrıca, kalite kontrolü ve hata azaltma stratejilerini geliştirmek için kullanışlıdır [90].
- **Takip ve Ürün Güvenliği:** Ürünlerin nerede olduğunu takip etmek, ürün güvenliği açısından önemlidir. Özellikle gıda ve ilaç endüstrisinde ürünlerin tüketiciye güvenli bir şekilde ulaşmasını sağlar [89].

4.6.3.3. Hızlı Tepki

Görüntü işleme, anormallikleri hızlı bir şekilde algılar ve sorunların hemen çözülmesine olanak tanır. Bu, süreçlerin kesintisiz devam etmesini sağlar [85].

4.6.3.4. İnsansız Araçlar ve Robotlar

Akıllı üretimde görüntü işleme, insansız araçlar ve robotlar için rehberlik sağlar. Örneğin, otomatik taşıma araçları ürünleri güvenli bir şekilde taşıırken görüntü işleme ile çevresini algılar [87].

4.6.3.5. Veri Toplama ve Analiz:

Üretim süreçlerinin iyileştirilmesi için büyük miktarda veri toplamak ve analiz etmek önemlidir. Görüntü işleme verileri sağlamaktadır ve bu verilerin analizi, süreçlerin optimize edilmesine yardımcı olmaktadır. Bu nedenle, Endüstri 4.0 ve akıllı üretimde görüntü işleme teknolojileri, üreticilerin verimliliği artırmak, hata oranlarını düşürmek ve rekabet avantajı elde etmek için başvurduğu önemli bir araçtır. Bu teknolojiler, üretim süreçlerini daha verimli ve esnek hale getirerek geleceğin üretim alanında büyük bir rol oynamaktadır [91].

4.7. GÖRÜNTÜ İŞLEMENİN GELECEĞİ

Görüntü işleme teknolojisinin geleceği, hızla gelişen dijital dünya ve yapay zekâ entegrasyonu ile büyük bir dönüşüm geçirmektedir. Bu alandaki ilerlemeler, artırılmış ve sanal gerçeklik uygulamalarında derinleşerek, makine görüşü uygulamalarının yaygınlaşmasına öncülük etmektedir. Hız ve veri işleme kapasitesindeki artış, gerçek zamanlı uygulamalarda daha etkili çözümler sağlamaktadır. Üretim ve kalite kontrolünde görüntü işlemenin kullanımı, endüstri 4.0'un temelini oluşturmaktadır. Görüntü işleme, çevresel uygulamalarda ve sürdürülebilirlik alanında da önemli bir rol oynayacaktır. Ancak, bu teknolojinin yaygınlaşması, etik ve gizlilik konularını da gündeme getirmektedir [56].

4.7.1. Görüntü İşleme Teknolojilerinin Gelecekteki Yönelimleri

Görüntü işleme teknolojileri, hızla gelişen ve evrilen bir alandır ve gelecekteki yönelimleri oldukça heyecan vericidir. Derin öğrenme ve yapay zekâ tekniklerinin giderek daha yaygın hale gelmesiyle birlikte, görüntü işleme sistemleri daha akıllı ve özerk hale gelmektedir. Artırılmış gerçeklik (AR- Augmented Reality) ve sanal gerçeklik (VR- Virtual Reality) gibi teknolojilerin yükselişi, kullanıcı deneyimini zenginleştirmek ve endüstriyel uygulamalarda daha fazla benimsenmeyi sağlamak adına görüntü işleme ile entegrasyonunu artırmaktadır. Ayrıca, tıp alanında özellikle hastalıkların erken teşhisi ve tedavisi konusunda daha etkili görüntüleme yöntemleri geliştirmek için görüntü işleme teknikleri önemli bir rol oynamaktadır. Gelecekte, daha hızlı ve daha güçlü bilgi işleme sistemleri, nesnelerin daha karmaşık bağlamlarda anlaşılmasını ve yorumlanmasını sağlayarak bir dizi sektörde inovasyonu tetikleyebilir [92].

4.7.1.1. Artırılmış ve Sanal Gerçeklik

Artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) teknolojileri, görüntü işlemeyle birleşerek daha fazla uygulama alanı bulacak:

- **Artırılmış Gerçeklik (AR) Uygulamaları:** AR, gerçek dünya ile sanal bilgilerin birleştirildiği bir teknoloji türüdür. Gelecekte, AR, kullanıcıların

çevrelerini daha fazla zenginleştirmek için görüntü işleme tekniklerini kullanacaktır. Örneğin, AR ile tıbbi eğitimde canlandırılmış anatomik modeller, eğitim materyali olarak kullanılabilir [56].

- **Sanal Gerçeklik (VR) Uygulamaları:** VR, kullanıcıları tamamen farklı sanal dünyalara taşıyan bir teknolojidir. Görüntü işleme, VR içeriklerinin daha gerçekçi ve etkileyici hale gelmesine yardımcı olacaktır. Özellikle eğlence sektöründe VR oyunlarının ve simülasyonlarının daha fazla benimsenmesi beklenmektedir [58].
- **Eğitim ve Eğlence:** Hem AR hem de VR, eğitim ve eğlence alanında büyük etki yaratacaktır. Eğitimde, öğrencilere interaktif ve görsel öğrenme deneyimleri sunmak için kullanılacaklar. Eğlence sektöründe ise VR oyunları, filmleri ve diğer deneyimleri daha çarpıcı hale getirecektir [75].
- **Sağlık Hizmetleri:** Tıbbi eğitimden hasta tedavisine kadar birçok sağlık hizmeti, AR ve VR ile geliştirilmiş görüntü işleme teknikleri kullanarak daha etkili hale gelecektir. Örneğin, cerrahi ekipler cerrahi prosedürleri simüle edebilir [93].
- **Görsel Deneyimlerin Kişiselleştirilmesi:** Görüntü işleme, AR ve VR deneyimlerini kişiselleştirmek ve kullanıcılara özel içerikler sunmak için kullanılacaktır. Örneğin, bir kişinin göz rengini veya çevresini daha iyi yansıtan AR filtreler [94].
- **Endüstriyel Kullanım:** Sanal gerçeklik, endüstriyel tasarım ve eğitimde, AR ise bakım ve onarım süreçlerinde yaygın olarak kullanılacaktır. Örneğin, endüstriyel makinelerin bakımı, AR gözlükler kullanılarak yapılabilir [72].

Görüntü işleme teknolojilerinin, AR ve VR ile birleşmesi, kullanıcıların daha etkileyici ve kişiselleştirilmiş deneyimlere ulaşmasını sağlayacak. Bu teknolojilerin daha fazla endüstride benimsenmesi ve kullanılmasıyla, gelecekte AR ve VR uygulamalarının yaygınlaşması ve gelişmesi beklenmektedir [56].

4.7.1.2. Makine Görüşü Uygulamaları

İnsan gözünün yeteneklerine benzeyen makineler, görüntü işleme ile daha fazla nesneyi tanıma, takip etme ve anlama yeteneğine sahip olacaktır.

- **Otonom Araçlar ve Sürücüsüz Araçlar:** Makine görüşü, sürücüsüz araçlar ve otonom araçlar için temel bir rol oynar. Araçlar, çevrelerindeki nesnelere tanımlamak, yolları izlemek ve güvenli sürüş yapmak için kameralar ve görüntü işleme kullanır. Gelecekte, bu teknoloji, trafik güvenliğini artırarak ve trafik kazalarını azaltarak daha fazla benimsenecektir [95].
- **Endüstriyel Otomasyon:** Endüstriyel alanlarda makine görüşü, üretim hattında otomasyonu geliştirmek için kullanılacaktır. Ürün kalitesinin kontrolü, ürünlerin montajı ve paketlenmesi gibi işlemlerde görüntü işleme teknolojileri daha fazla benimsenecektir [72].
- **Gözetim ve Güvenlik:** Kameralar ve makine görüşü, güvenlik ve gözetim alanında büyük bir etkiye sahiptir. Gelecekte, yüz tanıma, nesne tanıma ve olay tespiti gibi özellikler daha yaygın ve gelişmiş olacak [72].
- **Sağlık Hizmetleri:** Tıbbi görüntülerin analizi ve teşhisi için makine görüşü teknolojileri giderek daha fazla kullanılacaktır. Radyolojik görüntülerin analizi, patoloji taramaları ve ameliyat yardımı gibi alanlarda etkili bir şekilde kullanılacaktır [93].
- **Tarım ve Çevre:** Tarım ve çevre izleme alanlarında, makine görüşü sensörleri bitki sağlığını izlemek, ürün verimliliğini artırmak ve çevre değişikliklerini takip etmek için kullanılacaktır [58].
- **Perakende ve Ticaret:** Müşteri deneyimini kişiselleştirmek, envanter yönetimini optimize etmek ve ürünlerin raf düzenlemesini iyileştirmek için mağazalarda ve e-ticarette makine görüşü teknolojileri kullanılacaktır [96].

Makine görüşü uygulamaları, görüntü işleme teknolojileri ile birleştirilerek daha fazla endüstri ve alanda benimsenerek gelecekte önemli bir rol oynayacaktır. Bu teknolojiler, nesnelere tanıma, analiz etme ve daha akıllı ve otomatik kararlar alma yeteneği sağlayarak birçok sektörde inovasyona öncülük edecektir [75].

4.7.1.3. Hız ve Veri İşleme

Görüntü işleme teknolojilerinin geleceğini belirleyen önemli bir etken hız ve veri işleme kapasitesidir.

- **Hızlı Veri İşleme:** Görüntü işleme algoritmaları giderek daha karmaşık hale gelmektedir ve yüksek çözünürlüklü görüntülerle çalışmaktadır. Bu, büyük miktarlarda verinin hızlı bir şekilde işlenmesini gerektirmektedir. Gelecekte, daha hızlı veri işleme altyapıları, GPU'lar, FPGA'lar ve özelleşmiş işlemcilerin benimsenmesiyle birlikte görüntü işleme uygulamalarında hız artışı beklenmektedir [58].
- **Veri Miktarının Artışı:** Görüntü işleme uygulamaları, daha fazla veri kullanımını gerektirmektedir. Özellikle yapay zekâ ve derin öğrenme uygulamaları büyük miktarda eğitim verisine ihtiyaç duymaktadır. Bu, veri toplama ve saklama süreçlerinin geliştirilmesini ve genişletilmesini gerektirmektedir [97].
- **Kenar Bilişim (Edge Computing):** Görüntü işleme işlemleri artık sadece bulut tabanlı sistemlerde değil, aynı zamanda cihazların kenarında (örneğin, kameralar, drone'lar, otomobiller) gerçekleştirilecek. Bu, düşük gecikme süreleri gerektiren uygulamalar için önemlidir, özellikle otonom araçlar ve endüstriyel otomasyon gibi alanlarda [98].
- **Optimize Edilmiş Algoritmalar:** Görüntü işleme algoritmaları, işleme hızını artırmak ve daha verimli hale getirmek amacıyla sürekli olarak optimize edilmektedir. Bu, daha az kaynak kullanımı ve daha hızlı sonuçlar sağlamaktadır [58].
- **Dağıtık Veri İşleme:** Büyük veri ve görüntü işleme uygulamaları için dağıtık veri işleme çözümleri büyük önem taşır. Bu, birden fazla cihazın veya işlemcinin eş zamanlı olarak büyük veri kümeleri üzerinde çalışmasını sağlamaktadır [97].
- **Hızlı Sensör Teknolojileri:** Yüksek hızlı kameralar ve sensörler, hızlı nesne izleme, hızlı nesne tespiti ve hızlı görüntü işleme uygulamalarında yaygınlaşacaktır. Bu, otomobil güvenliği, üretim izleme ve tıbbi görüntüleme gibi birçok alanda kullanışlı olacaktır [62].

4.7.1.4. Üretim ve Kalite Kontrolü

Üretim ve kalite kontrolü, görüntü işlemenin geleceğinde büyük öneme sahip bir konu olmaya devam edecektir.

- **Akıllı Üretim:** Görüntü işleme, üretim hatlarını daha akıllı hale getirmesi beklenmektedir. Otomasyon, robotik sistemler ve görüntü işleme entegrasyonu sayesinde ürünlerin üretimi daha verimli ve hatasız olması beklenmektedir [99].
- **Veri Analitiği ve İzleme:** Görüntü işleme, üretim süreçlerindeki verilerin analizinde önemli bir rol oynaması beklenmektedir. Kalite kontrolü, ürün izleme ve üretim izleme için büyük miktarlarda verinin hızlı bir şekilde işlenmesine olanak tanınması beklenmektedir. [58].
- **Kalite Kontrolü ve Hata Tespiti:** Görüntü işleme, üretim hattındaki hataları otomatik olarak tespit etmek için kullanılması beklenmektedir. Ürünlerin kalitesi daha hassas bir şekilde izlenecek ve hatalı ürünlerin erken tespiti sağlanması beklenmektedir [58].
- **Güvenlik:** Görüntü işleme, üretim alanlarının güvenliği için kullanılması beklenmektedir. Güvenlik kameraları ve görüntü işleme yazılımı, güvenlik tehditlerini tespit etmekte ve işçi güvenliğini artırmakta kullanılması beklenmektedir [99].
- **Sürdürülebilirlik:** Üretim süreçlerinin sürdürülebilirliği için görüntü işleme teknikleri kullanılması beklenmektedir. Atık azaltma, enerji verimliliği ve kaynak kullanımının optimize edilmesi bu alanlarda önemli olması beklenmektedir [93].

4.7.1.5. Güvenlik ve Gözetim

Görüntü İşleme Teknolojilerinin Gelecekteki Yönelimleri başlığı altında "Güvenlik ve Gözetim" konusu, güvenlik uygulamalarının nasıl geliştirildiğini ve gelecekte nasıl değişebileceğini ele almaktadır [58].

- **Güvenlik ve Gözetim Gelişimi:** Görüntü işleme, güvenlik ve gözetim uygulamalarında önemli bir rol oynamaktadır. İlk kameralar ve gözetim sistemleri basit görüntü yakalama ve kaydetme işlevlerine sahipti. Ancak görüntü işleme teknolojileri sayesinde bu sistemler daha akıllı hale gelmektedir. Örneğin, yüz tanıma ve nesne tespiti gibi özellikler eklenerek, güvenlik ve gözetim sistemleri daha etkili hale gelmektedir [100].
- **Yüz Tanıma ve Tanıma Sistemleri:** Güvenlik kameraları ve görüntü işleme yazılımları, yüz tanıma ve kişi tanıma konularında büyük bir gelişme göstermektedir. Bu, havaalanları, kamu alanları ve özel tesisler gibi birçok alanda kimlik doğrulama ve güvenlik uygulamalarında kullanılmaktadır [101].
- **Davranış Analizi:** Görüntü işleme sistemleri, belirli davranışları tanımak ve izlemek için kullanılmaktadır. Örneğin, bir güvenlik kamerası şüpheli bir davranış algırsa, otomatik olarak alarm verebilmektedir [88].
- **Büyük Veri ve Analitik:** Görüntü işleme, büyük miktarda veriyi analiz etme kapasitesine sahiptir. Bu, olayların izlenmesi ve analiz edilmesi açısından önemlidir [75].
- **Drone ve İnsansız Araçlar:** Görüntü işleme teknolojileri, dronlar ve insansız araçlar tarafından kullanılır. Bu, kritik alanların izlenmesi ve erişilmesini kolaylaştırmaktadır [102].

4.7.1.6. Çevresel Uygulamalar

Çevresel uygulamalar, görüntü işlemenin gelecekteki yönelimlerinden biridir ve çevresel izleme, doğal kaynak yönetimi ve çevresel sürdürülebilirlik konularını kapsar.

- **Uzaktan Algılama Teknolojilerinin Yaygınlaşması:** Uzaktan algılama, çevresel uygulamalar için önemlidir. Uydu görüntüleri, insansız hava araçları (drone) ve hava/su altı sensörleri gibi teknolojilerin daha fazla kullanılması beklenmektedir. Bu sayede dünya çapında çevresel değişiklikler daha etkili bir şekilde izlenebilir [103].
- **Büyük Veri ve Veri Analitiği:** Çevresel izleme uygulamaları büyük miktarda veri üretir. Bu nedenle, bu verilerin etkili bir şekilde toplanması, işlenmesi ve analiz edilmesi, gelecekte büyük bir öneme sahip olacaktır. Makine öğrenimi

ve yapay zeka, bu büyük veri kümesinden anlamlı bilgiler çıkarmak için kullanılacaktır [72].

- **Bitki Sağlığı ve Tarım İzleme:** Tarım sektörü, bitki hastalıkları, verimlilik ve su kullanımı gibi konularda görüntü işleme teknolojilerini yaygın bir şekilde kullanmaktadır. Gelecekte, bitki hastalıklarının hızlı tespiti ve ürün izleme için daha fazla otomasyon beklenmektedir [58].
- **İklim Değişikliği ve Doğal Afet İzleme:** Çevresel uygulamalar, iklim değişikliği ile mücadele ve doğal afetlerin yönetimi için kritik öneme sahiptir. Görüntü işleme, iklim değişikliği izleme, orman yangınlarının tespiti ve sel tahminleri gibi konularda etkili bir şekilde kullanılacaktır [104].
- **Su ve Deniz Biyolojisi İzleme:** Okyanuslar ve tatlı su kaynaklarının izlenmesi ve sürdürülebilirliği, çevresel uygulamalardaki önemli bir konudur. Görüntü işleme, su kalitesi izlemesi, balıkçılık denetimi ve deniz biyolojisi araştırmaları için kullanılacaktır [105].
- **Hava Kirliliği ve Çevre Sağlığı İzleme:** Hava kirliliği izleme, şehirlerde ve endüstri bölgelerinde giderek artan bir sorundur. Görüntü işleme, hava kalitesi izleme cihazlarının verilerini işlemek ve hava kirliliği kaynaklarını belirlemek için kullanılabilir [103].

4.1.7.7. Eğitim ve Öğrenme

Görüntü işleme teknolojileri, eğitim ve öğrenme süreçlerine önemli katkılarda bulunabilecek potansiyele sahiptir. İşte bu bağlamda bazı uygulama alanları:

- **Özelleştirilmiş Eğitim Araçları:** Görüntü işleme, öğrencilere kişiselleştirilmiş eğitim araçları sunma yeteneği ile eğitimde devrim yaratabilir. Öğrencilerin öğrenme stillerini ve ihtiyaçlarını dikkate alarak özelleştirilmiş eğitim materyalleri oluşturmak mümkün olabilir [56].
- **Eğitimde Görsel Tanıma:** Görüntü işleme teknikleri, görsel tanıma sistemlerini geliştirmek için kullanılır. Bu, öğrencilere nesnelere veya konseptleri tanımak için görsel araçlar sağlayabilir [58].
- **Eğitimde Yüz Tanıma:** Yüz tanıma teknolojileri, öğrenci katılımını izlemek ve öğrencilerin yüz ifadelerini analiz etmek için kullanılabilir. Bu,

öğretmenlere daha iyi öğrenci geri bildirimleri sağlama ve öğrenci duygusal durumunu anlama fırsatı sunabilir [95].

- **Sanal ve Artırılmış Gerçeklik:** Görüntü işleme, sanal ve artırılmış gerçeklik uygulamalarının geliştirilmesine katkıda bulunur. Bu, öğrencilere soyut konseptleri daha iyi anlama fırsatı sunabilir [105].
- **Otomatik İçerik Değerlendirme:** Görüntü işleme, öğrenci çalışmalarını otomatik olarak değerlendirmek için kullanılabilir. Öğretmenlerin daha hızlı ve tutarlı geri bildirim sağlamalarına yardımcı olabilir [92].
- **Eğitim İçerikleri Oluşturma:** Öğretmenler ve eğitim geliştiricileri, görüntü işleme ile zenginleştirilmiş öğrenme materyalleri ve içerikleri oluşturabilirler [106].

4.7.1.8. Etiğe Duyarlılık ve Gizlilik

Görüntü işleme teknolojileri, özellikle güvenlik, tıp, endüstri, eğitim ve daha birçok alanda yaygın olarak kullanılırken, etik ve gizlilik konuları büyük önem taşır. Bu alan, bireylerin gizliliğini ve kişisel haklarını koruma sorumluluğunu içerir [56].

- **Yüz Tanıma ve Özel Hayatın İhlali:** Yüz tanıma teknolojileri, bireyleri tanıma ve izleme konusunda büyük bir etki yaratmıştır. Ancak bu teknolojinin yanlış ellerde kullanılması, bireylerin özel hayatlarının ihlaline yol açabilir [58].
- **Veri Gizliliği:** Görüntü işleme uygulamaları sıklıkla büyük miktarda veri toplar. Bu verilerin güvenli bir şekilde saklanması ve işlenmesi gerekmektedir. Veri ihlali, bireylerin hassas bilgilerinin sızmasına neden olabilir [107].
- **Ayrımcılık ve Yanlılık:** Görüntü işleme algoritmaları, verilere dayalı kararlar alırken ayrımcılığa veya yanlılığa yol açabilir. Bu, cinsiyet, etnik köken veya yaş gibi faktörlere dayalı haksızlıklara neden olabilir [75].
- **Hukuki Sorumluluk:** Görüntü işleme teknolojilerinin hukuki çerçevesi, kullanım alanlarına göre değişebilir. Yasal düzenlemeler ve hukuki sorumluluklar, bu teknolojilerin geliştiricileri ve kullanıcıları için kritik öneme sahiptir [59].
- **Eğitim ve Farkındalık:** Görüntü işleme alanında etik eğitim ve farkındalık, geliştiriciler ve kullanıcılar arasında bu önemli konuların daha iyi anlaşılmasını

teşvik eder. Eğitim, teknolojinin etik ve toplumsal etkilerini daha iyi anlamak için temel bir adımdır [108].

4.7.2. Görüntü İşleme ve Yapay Zekâ Entegrasyonu

Görüntü işleme ve yapay zeka entegrasyonu, bu iki güçlü teknolojinin birleştirilmesiyle yeni fırsatlar yaratan ve birçok sektörde büyük bir etki yaratan bir konudur [58].

- **Otomasyon ve Özerklik:** Görüntü işleme, görüntüleri analiz etme yeteneği sunar. Yapay zekâ (AI), bu analiz sonuçlarını anlamlandırma ve kararlar alma yeteneği sunar. Birleştirildiğinde, bu teknolojiler, otomasyon ve özerklik alanında büyük bir etki yaratır. Örneğin, bir üretim hattındaki kameralarla ürünlerin kalite kontrolü yapılabilir, hatalı ürünler tespit edilebilir ve bu ürünler otomatik olarak reddedilebilir [75].
- **Tıbbi Tanı ve Tedavi:** Görüntü işleme, tıbbi görüntülerin analizi için yaygın olarak kullanılır. Yapay zekâ, bu görüntülerde hastalıkları tespit etme ve hatta tedavi önerileri sunma konularında önemli bir rol oynar. Örneğin, röntgen veya MR görüntülerinin analizi yapay zeka algoritmaları ile daha hızlı ve hassas hale gelebilir [109].
- **Otonom Araçlar ve Ulaşım:** Görüntü işleme, otonom araçların (örneğin, otonom otomobiller) çevrelerini algılamak için kullanır. Yapay zekâ, bu görüntülerden yola çıkarak güvenli sürüş kararları alır. Bu sayede trafik güvenliği ve sürücü yardım sistemleri geliştirilir [110].
- **Güvenlik ve Gözetim:** Görüntü işleme ve yapay zekâ entegrasyonu, güvenlik kameraları ve video gözetim sistemlerinin daha etkili hale gelmesini sağlar. Yapay zekâ, olayları otomatik olarak tanır ve tehditleri belirler. Bu, hırsızlık önleme, yüz tanıma, ve güvenlik tehditlerini tespit etme gibi alanlarda kullanılır [75].
- **Doğal Dil İşleme ve Görüntü Entegrasyonu:** Yapay zekâ, metin tabanlı bilgiyi analiz etmek için doğal dil işleme (NLP) kullanır. Görüntü işleme ile birleştirildiğinde, metin ve görüntü bilgilerini birleştirerek daha geniş bir bağlamda anlam oluşturabilir. Örneğin, e-ticaret sitelerinde, bir ürünün

fotoğraflarını ve açıklamalarını analiz ederek daha iyi ürün önerileri sunabilir [58].

- **Sanal ve Artırılmış Gerçeklik:** Görüntü işleme ve yapay zekâ, sanal ve artırılmış gerçeklik deneyimlerini geliştirmek için kullanılır. Bu, oyunlar, eğitim, simülasyon ve daha pek çok alanda büyük potansiyele sahiptir [111].
- **Kişiselleştirilmiş Sağlık ve Pazarlama:** Görüntü işleme ve yapay zekâ, kişiselleştirilmiş sağlık hizmetleri ve pazarlama kampanyaları oluşturmak için kullanılır. Örneğin, kişinin sağlık durumunu izlemek için giyilebilir cihazlardan gelen görüntüler analiz edilebilir ve kişiye özel öneriler sunulabilir [58].

Bu alan hızla gelişmekte ve birçok sektörde dönüşümler yaratmaktadır. Görüntü işleme ve yapay zeka entegrasyonu, daha iyi hizmetler, daha güvenli ulaşım ve daha verimli üretim gibi birçok avantaj sunmaktadır [75].

BÖLÜM 5

LİTERATÜR TARAMASI

Kalite kontrol, endüstride ürün kalitesini artırmak ve hataları minimize etmek için temel bir unsurdur. Bu çalışma, kalite kontrol süreçlerini iyileştirmeye odaklanarak, özellikle Jidoka ve görüntü işleme gibi modern araçlarla nasıl optimize edilebileceğini araştırmaktadır. Literatür taraması yapılırken, öncelikle kalite kontrol kavramı ve bu alandaki temel yöntemler üzerine odaklanılmıştır.

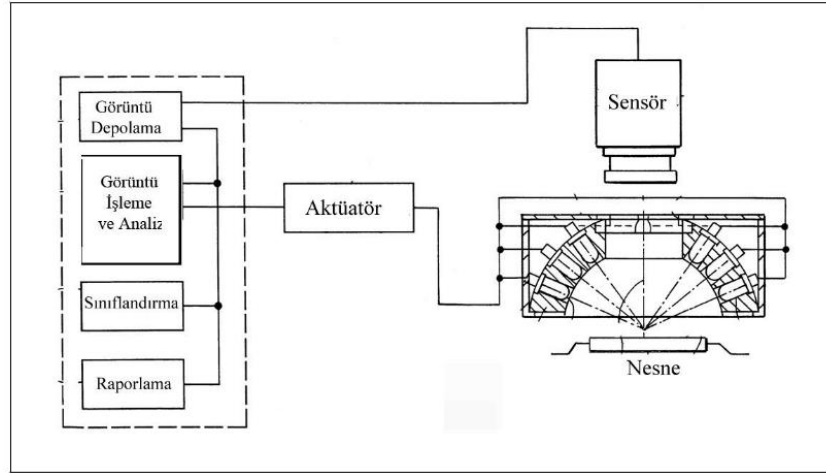
Bu bağlamda, "kalite kontrol" ve "Jidoka" gibi anahtar kelimelerle yapılan aramalarda örneğin IEEE Xplore, ScienceDirect, Springer ve DergiPark gibi önde gelen akademik veritabanlarında geniş bir bilgi yelpazesi bulunmuştur. Bu aramalar sonucunda, kalite kontrol ve Jidoka ile ilgili toplam 500'den fazla makaleye erişim sağlanmış ve bu konularla ilgili literatürün zenginliği ortaya konmuştur. Kalite kontrol çalışmalarında, özellikle Jidoka'nın otomatik hata tespiti ve işlem durdurma yetenekleri üzerinde durulmaktadır.

Ardından, görüntü işleme tekniklerinin kalite kontrol süreçlerindeki rolüne odaklanılmıştır. Endüstriyel uygulamalarda, üretim hattındaki kalite kontrolün etkinliğini artırmak için görüntü işleme tekniklerinin nasıl kullanılabileceği üzerine 200'den fazla çalışma mevcuttur. Bu literatür taraması, kalite kontrol ve görüntü işleme arasındaki ilişkiyi anlamak ve bu tekniklerin endüstriyel uygulamalardaki potansiyelini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Şeker ve Diri araştırmasında, yapay sinir ağları, makine öğrenimi uygulamalarında sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir. Ancak, bazı donanımsal kısıtlamalar ve diğer zorluklar yüzünden, bu alandaki çalışmalar belirli bir süre "Yapay Zekâ Uykusu" olarak adlandırılan bir durgunluk dönemine girmiştir. 2000'lerin başında, GPU teknolojisinin ilerlemesiyle birlikte, yapay sinir ağları tekrar gündeme gelmiş ve basit

ağlardan daha karmaşık derin ağ yapılarına geçiş gözlemlenmiştir. Bu yöntem, görüntü tanıma ve doğal dil işleme gibi alanlarda, tıp sektöründen aktivite tespitine kadar geniş bir yelpazede etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu tez kapsamında, derin öğrenme teknolojisinin tarihçesi, kullanılan stratejiler ve uygulama örnekleri detaylı bir biçimde incelenmektedir. Ayrıca, yakın zamanlarda geliştirilen derin öğrenme kütüphaneleri ve bu alana odaklanan araştırma grupları hakkında bilgiler de sunulmaktadır. Bu tezin ana hedefi, araştırmacılara derin öğrenme alanındaki yenilikleri sunmanın yanı sıra, bu alanda ele alınabilecek potansiyel konuları da tartışmaktır [112].

Karataş ve Soyaslan araştırmasında, hata analizi çalışmaları, teknolojik ilerlemelerle birlikte ivme kazanmış ve her yıl değişik metodolojiler ve yaklaşımlarla yeni sektörlerle entegre edilmiştir. Akademik kaynakların incelenmesi neticesinde, hata algılama sistemleri ve yapay görüş konusunda sürekli yenilikçi araştırmaların gerçekleştirildiği gözükmektedir. Bu tezde, gelişmiş yapay görüş teknolojilerinin kullanıldığı sektörel örnekler ve tekstil sanayisindeki uygulama alanları üzerinde durulmuştur. Yapay görüş teknolojisinin, tekstil sektöründe ne zaman ve nasıl kullanıldığına dair detaylı bilgiler sunulmuştur. Makine temelli sistemlerin, insan merkezli sistemlere göre neden daha çok tercih edildiği ve bu tercihin hangi uygulamalarda belirgin olduğu tartışılmıştır. Ayrıca, yapay görüş sistemlerinin bileşenleri ve otomasyon sistemleri üzerindeki etkisi ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Bu tezin öncelikli amacı, yapay görüş teknolojisinin sektörler arası uygulama alanlarını detaylıca incelemek ve tekstil sektörünün bu teknolojiye olan ihtiyacını vurgulamaktır [113]. Şekil 5.1'de endüstride kullanılan yapay görme otomasyonu bahsedilmiştir.



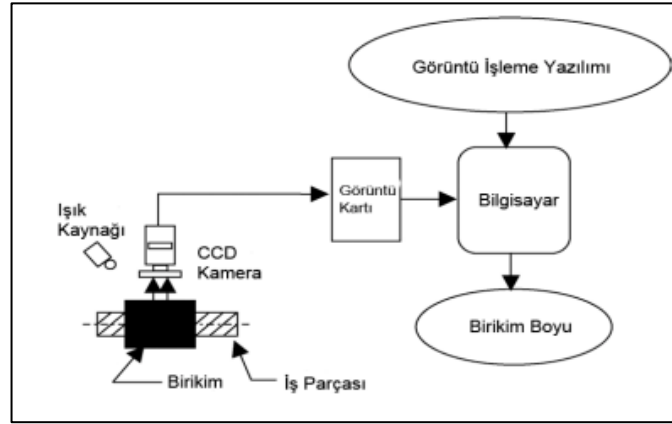
Şekil 5.1. Endüstride kullanılan yapay görme otomasyonu örneği [113].

Kısaoğlu araştırmasında, dokuma kumaşın kalitesi, iplik karakteristiklerinden başlayarak dokuma için hazırlık ve dokuma işlemi sırasında gerçekleştirilen faaliyetlerin bir araya gelmesiyle şekillenir. İplikten başlayarak dokuma aşamasına kadar olan süreçte, kumaşların hata tespiti genellikle ışıklı inceleme masalarında manuel veya otomatik olarak yapılır. Bunun yanı sıra, kumaşların kalitesini belirlemek için görüntü işleme teknikleri de uygulanabilir. Bu metotta incelenen kumaşın görüntüsü bir video kamera aracılığıyla yakalanır ve dijital ortamda saklanır. Sonrasında, bu görüntüler bilgisayar algoritmalarıyla analiz edilir ve değerlendirilir. Modern zamanlarda, otomatik kumaş kalite kontrolü için yapay sinir ağları, bulanık mantık ve dalga tabanlı yöntemler gibi teknolojik yaklaşımlar öne çıkmaktadır. Bu tezde, manuel ve otomatik kumaş kalite denetiminin avantajları ile dezavantajları detaylı bir şekilde incelenmiştir [114].

Erginel araştırmasında, Hata Türü ve Etki Analizi (HTEA), birçok hata kategorisi arasından sistemin genel verimliliğini en çok etkileyen hatalara odaklanarak önceliklendirme yapar. Ancak, bu yaklaşımın uygulanması, veri toplama ve değerlendirme aşamalarıyla oldukça zaman ve emek gerektirir. HTEA'nin verimliliğini optimize etmek adına, ilk aşamada sadece kritik olarak belirlenen unsurlar için veri toplama önerilmektedir. Bu yöntemle, ürün geliştirme ve planlama süreçlerinde HTEA'nin kapsadığı bileşen sayısını azaltarak zaman ve kaynak tasarrufu elde edilebilir. Bu tezde, mekanik termostatın bileşenleri ve müşteri talepleri göz önünde bulundurularak Analitik Hiyerarşi Prosesi ile önceliklendirilmiş ve seçilen

bileşenler için HTEA uygulanmıştır. Tüm bileşenlerin değerlendirildiği bu yaklaşımla, hata oranlarında %35'lik bir azalma kaydedilmiştir, bu da hem zaman hem de maliyet anlamında önemli bir avantaj sağlar [115].

Samtaş ve Gülesin araştırmasında, dijital görüntü işleme, birçok endüstriyel sektörde bilgisayar tabanlı bir teknoloji olarak kullanılır. Dijital görüntü verileri üzerinde işlem yaparak, orijinal görüntülerin iyileştirilmesi veya dönüştürülmesi mümkündür ve bu verilerle nesnelerin tanınması da sağlanabilir. Görüntü işleme süreci, görüntü yakalama aşamasıyla başlar ve belirlenen hedeflere yönelik çeşitli tekniklerin entegrasyonu ile devam eder. Bu sürecin içerisinde, matematiksel yöntemler ve bilgisayar teknolojileri kullanılır. Görüntü işlemenin bu yöntemleri, tasarım, üretim, sağlık, güvenlik, elektronik, makine mühendisliği, mimarlık ve jeodezi gibi birçok sektörde uygulanmaktadır. Bu tezde, farklı sektörlerde kullanılan dijital görüntü işleme yöntemleri ve bu alandaki öne çıkan çalışmalar detaylı bir şekilde incelenmiş ve analiz edilmiştir [116]. Şekil 5.2’de geliştirilen sistemin şematik görünümü gösterilmiştir.



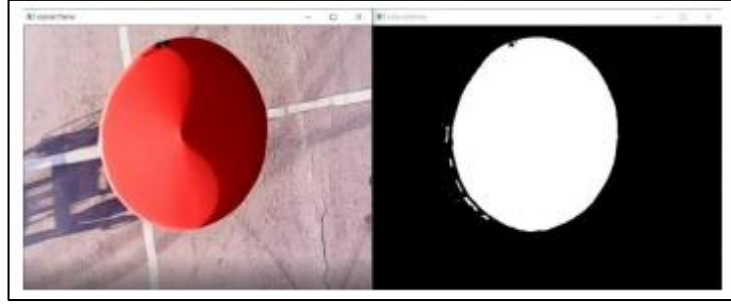
Şekil 5.2. Geliştirilen sistemin şematik görünümü örneği [116].

Kuncan ve arkadaşları araştırmasında, endüstriyel tarım sektöründe dijital görüntü işleme tekniklerinin hızla artan bir popülerliğe sahip olduğu görülmektedir. Bu alanda, renk temelli nesne sınıflandırma işlemleri oldukça kritik bir öneme sahiptir. Bu tezde, zeytin üretiminde kullanılan renkli nesnelerin ayırt edilmesi dijital görüntü işleme yöntemleriyle ele alınmıştır. Bu süreç, zeytinlerin renk özelliklerinin tespit edilmesi ve bu renklere göre sınıflandırılmasını içermektedir. Bu amaçla, bir elektromekanik sistem tasarlanmış ve bu sisteme entegre edilmek üzere geliştirilen dijital görüntü

işleme algoritmaları test edilmiş ve sonuçları detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında, görüntü işleme sürecinde kullanılan üç farklı yöntem araştırılmış ve bu yöntemlerin etkinliği sonuç bölümünde detaylı bir şekilde karşılaştırılmıştır [117].

Şin ve Kadioğlu araştırmasında, dünya nüfusunun sürekli artmasıyla birlikte, gıda ihtiyacı da hızla yükselmektedir. Bitki koruma sorunları, özellikle yabancı otların neden olduğu ürün kayıplarıyla sonuçlanabilir. Tarih boyunca farklı yöntemlerle yabancı ot mücadelesi yapılmıştır, ancak teknolojik yenilikler sayesinde İnsansız Hava Araçları (İHA) ve dron teknolojisi, görüntü işleme teknolojileriyle birleşerek yabancı ot tespiti, takibi, teşhisi ve kontrolü için yeni kapılar açmıştır. İHA'lar, sadece yabancı ot tespitine odaklanmakla kalmayıp, ilaçlama süreçlerinde de zaman ve maliyet tasarrufu sağlayarak çevresel etkileri minimize etmektedir. Bu çalışmada, İHA tabanlı görüntü işleme yöntemlerinin yabancı ot mücadelesindeki kritik rolü ele alınmıştır [118].

Soyhan ve arkadaşları yaptığı çalışmada, son dönemlerde, yapay zekâ teknolojilerinin insansız hava araçlarıyla birlikte kullanımı büyük bir ivme kazanmıştır. İnsansız hava araçlarının çeşitli sektörlerde kullanım alanlarının artması, yeni teknolojik ihtiyaçları beraberinde getirmiştir. Drone ve yapay zekâ alanındaki hızlı ilerlemeler, bu değişiklikleri daha da hızlandırmıştır. Mühendislik alanındaki yapay zekâ yenilikleri, farklı yaklaşımların ve stratejilerin oluşturulmasına yardımcı olmuştur. Bu kapsamda, görüntü işleme teknolojileri alternatif bir çözüm olarak öne çıkmıştır. Görüntü işleme süreci; görüntünün yakalanması, dijital formatına dönüştürülmesi ve optimize edilmesi adımlarını içerir. Bu çalışmada, bir quadcopter üzerinde görüntü işleme algoritmalarının nasıl uygulandığı, bu algoritmaların nasıl geliştirildiği ve insansız hava aracının bu teknolojiye olan tepkisi detaylı bir şekilde ele alınmıştır [119]. Şekil 5.3'te Eşiklenmiş Frame örneği görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Eşiklenmiş Frame örneği [119].

Solak ve Altınışik araştırmasında, çevresel objelerin anlık olarak tanımlanması, kategorize edilmesi ve bu bilgilerin sunulması üzerine odaklanılmıştır. Önerilen metodun deney alanında fındık meyvesi kullanılmıştır. Çalışma alanında yer alan fındık meyvelerinin görüntüleri bir kamera ile kaydedildikten sonra görüntü işleme yöntemleriyle analiz edilmektedir. Fındık meyvelerinin görüntü üzerindeki boyutları ve yüzölçümleri belirlenir. Bu bilgiler kullanılarak, fındık meyveleri gerçek zamanlı olarak küçük (K1), orta (K2) ve büyük (K3) olarak üç kategoriye ayrılır. Bu ayırım süreci, ortalama tabanlı sınıflandırma ve K-means kümeleme metodlarıyla yürütülmektedir. Küme merkezleri tanımlandıktan sonra, sınıflandırma işlemi fındık meyvesi veri tabanı ile desteklenerek gerçekleştirilmektedir. Fındık meyvelerinin, görüntü işleme yöntemleriyle tam isabetle tanımlandığı görülmektedir. Fındık meyvelerinin sınıflandırılması için kullanılan ortalama tabanlı sınıflandırma ve K-means yöntemlerinin performansları karşılaştırılmıştır. Bu kıyaslama neticesinde, iki farklı yaklaşımın %90 ile %100 arasında benzer sonuçlar sunduğu ortaya konulmuştur [120].

Eker ve Duru araştırmasında, manyetik rezonans görüntüleme (MRG), bilgisayarlı tomografi (BT), pozitron emisyon tomografisi (PET), mamografi, ultrason ve röntgen gibi tıbbi görselleştirme teknikleri, hastalıkların teşhis, tanı ve tedavisinde uzun süredir kullanılmaktadır. Ancak, hastalıkların erken teşhisine, uzman sayısının azaltılmasına ve farklı uzman görüşlerinin entegrasyonuna yönelik makine öğrenimi teknikleri geliştirilmiştir. Veri miktarındaki artışla beraber, makine öğrenimi yöntemlerinin bazı alanlarda yetersiz kaldığı görülmüştür. Son dönemdeki matematiksel ilerlemeler ve teknolojik gelişmeler sayesinde, derin öğrenme bu alanda önemli bir konum kazanmıştır. Bu çalışmada, tıbbi görüntü işleme alanında derin öğrenme yöntemlerinin

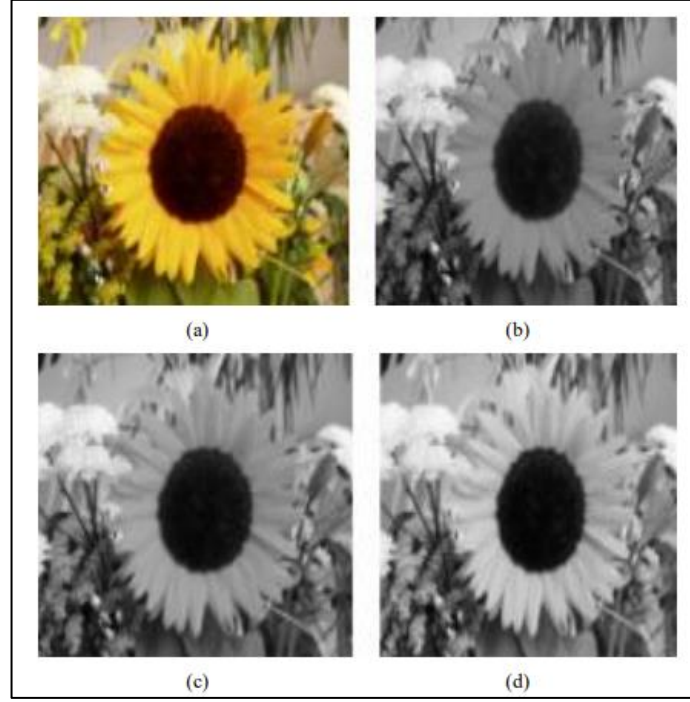
adaptasyonu ele alınmıştır. Segmentasyon, sınıflandırma, hastalık teşhisi, görüntü rekonstrüksiyonu, dönüşüm ve iyileştirme gibi konularda yapılmış çalışmalardan güncel örnekler sunulmuş ve kullanılan algoritmalar özetlenmiştir. Bunun yanı sıra, BraTS 2020 veri seti üzerinde gerçekleştirilen beyin tümörü segmentasyon deneyinde, derin öğrenme ile %86 dice benzerlik oranı ve %80 hassasiyet değerleri elde edilmiştir. Bu çalışma, tıbbi görüntülerin analizinde derin öğrenme yaklaşımlarına yönelik potansiyel uygulamaları aydınlatmayı amaçlamaktadır [121].

Akıncı ve Karakaya araştırmasında, kentlerdeki nüfus artışı ve buna paralel olarak araç sayısındaki yükselme, sürücülerin park yeri bulma sürecini zorlaştırmaktadır. Bu durum, sürücülerin trafiğe daha uzun süreler ayırmasına, trafik sıkışıklığını ve yakıt sarfiyatını artırmakta; bu da çevresel kirliliği olumsuz etkilemektedir. Sürücülere park yerlerini daha etkili bir şekilde yönlendirmek adına çeşitli teknolojik çözümler geliştirilmiştir. Bu yazıda, park alanlarının tespitinde kullanılan görüntü analiz teknikleri ele alınmıştır. Bu tekniklerin etkinlikleri incelenerek, karşılaşılan zorluklar ve sınırlamalar tartışılmıştır. Ayrıca, gelecekteki araştırma yönleri ve potansiyel geliştirme alanları üzerinde durulmuştur [122].

Aksoy ve arkadaşları araştırmasında, son yıllarda orman ve kentsel alanlardaki yangınların sıklığı artmış, global bir endişe kaynağı haline gelmiştir. Bu yangınlar, ekosistemlere ve ekonomiye zarar vererek orman ekosistemlerini ve karbon döngüsünü olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle, sürdürülebilir bir yaşam için doğanın korunması kritik bir önem taşımaktadır. Yangınların oluşumunu erken aşamada tespit etmek, büyük çaplı zararların önüne geçmede hayati bir rol oynamaktadır. Günümüzde, insansız hava araçları (İHA), yapay zekâ ve görüntü analizi teknikleri gibi teknolojiler yangınların erken teşhisinde kullanılmaktadır. Bu makalede, erken yangın teşhisine odaklanılarak, bu amaç için özel olarak tasarlanmış bir İHA'nın kullanımı incelenmiştir. Görüntü analizi ve yapay zekâ yöntemleriyle, yangının yerini belirlemek için ateşin algılandığı görüntüler üzerinde çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar, kullanılan algoritmanın karmaşıklık matrisine göre değerlendirilerek %96 doğruluk, %98 duyarlılık, %89 özgüllük ve %96 kesinlik oranlarına ulaşılmıştır. Bu çalışma ile yangınların erken teşhisi mümkün kılınarak, hızlı müdahale olanaklarına katkı sağlanması hedeflenmektedir [123].

Sarıyıldız ve Demirhan araştırmasında, dördüncü sanayi devrimiyle birlikte otomasyonun sürekli bir artış gösterdiği ve insan-makine etkileşiminin minimize edildiği gözlemlenmektedir. Yenilikçi endüstriyel teknolojiler sayesinde, maksimum verimlilikle ürünler üretilmektedir. Robotik kolların ve entegre sistemlerin kullanımı, teknolojinin bu ileri seviyelere erişmesinde kritik bir faktördür. Bu makalede, konveyör bant üzerinde hareket eden objeler bir kamera aracılığıyla tanımlanmaktadır. Tanımlanan objeler, özelleştirilmiş bir entegre yazılım, robotik kol ve görüntü işleme algoritması ile renklerine göre belirlenen hedef noktalara yerleştirilerek kategorize edilmektedir. Geliştirilen bu sistem, farklı renklerdeki objeleri renk kodlamalarına göre ilgili hedeflere yerleştirme görevini %100 oranında başarıyla gerçekleştirmiştir [124].

Çelik ve Tekin araştırmasında, yaşamın devamlılığı dünya çapında meyve, sebze ve tahıl tohumlarının korunmasına ve etkili bir şekilde kullanılmasına bağlıdır. Tohumların uygun şekilde yerleştirilmesi kritiktir. Sınırlı miktarda tohum kullanımı, beklenen verimi azaltırken, fazla tohum kullanımı da yüzeyin veya ortamın verimliliğini olumsuz etkileyebilir. Bu sebeple, tohum ekiminde birim alan başına düşen tohum sayısını belirlemek için tarım makinelerinin laboratuvar koşullarında optimize edilmesi gereklidir. Görüntü işleme, geniş bir uygulama alanına sahip olmasına rağmen, tarım sektöründe yeterince benimsenmemiştir. Özellikle tohum ekim makinelerinde, birim alana düşen tohum veya gübre miktarını ölçmek için standartlar bulunmaktadır. Bu standartların doğruluğu kritik öneme sahiptir. Şimdiye kadar, tarım makinelerinde tohum ve gübre ayarlamaları için yaygın olarak kullanılan yöntem, ekim makinesinin tekerleğinin dönüş hızına dayanmaktadır. Bu yöntem yavaş ve tohum türüne bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bu makalede, tohum ekim makinelerinin optimize edilmesi için kamera destekli görüntü işleme teknikleri kullanılarak yüzeydeki tohum sayısının belirlenmesi üzerinde durulmuştur [125]. Şekil 5.4'te görüntü farkları arasındaki durum incelenmiştir.



Şekil 5.4. Görüntü farkları örneği [126].

Çankaya ve arkadaşları yaptığı araştırmasında, yapay zeka tekniklerinin mühendislik alanında kullanım alanı genişlemekte ve mevcut metotlara alternatif çözüm yolları sunarak mühendislik sorunlarına yeni bakış açıları getirmektedir. Bu yapay zeka yöntemlerinden biri de görüntü işleme teknolojisidir. Görüntü işleme, görüntünün yakalanması, dijitalleştirilmesi ve iyileştirilmesi gibi pek çok adımı içermektedir. İnşaat mühendisliği alanında, özellikle beton teknolojisi ve malzeme bilimi üzerinde görüntü işleme teknolojisinin etkisi derinlemesine incelenmiştir. Bu makalede, betonun basınç dayanımını ölçmek için kullanılan geleneksel yöntemler detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Bu kapsamda, betonun basınç dayanımını tahmin etmek için görüntü işleme teknolojisinin alternatif bir yaklaşım olarak nasıl kullanılabileceğini analiz etmek amacıyla dijitalleştirme uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Görüntü işleme yöntemleri ve yapay sinir ağları bir araya getirilerek dijitalleştirilen görüntü üzerinde bir analitik model oluşturulmuştur. Bu analitik modelin performansı, gerçek deneysel verilerle kıyaslanarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar, yüksek bir doğruluk seviyesi elde edildiğini göstermektedir. Görüntü işlemenin yapı ve malzeme mühendisliğindeki kullanımındaki sınırlamalar ve bu yöntemin sunduğu faydalar detaylı bir şekilde tartışılmıştır [127].

Kaymak ve arkadaşları yaptığı araştırmasında, geleneksel tarım tekniklerinde, çiftçiler ürünlerin büyüme ve olgunlaşma dönemlerini elle ve gözle izleyerek bilgi edinirler. Ancak görüntü işleme teknikleri sayesinde bir resimden çeşitli veriler ve anlamlar çıkarılabilmektedir. Bu makale, tarımsal sektörde önemli bir yere sahip olan elma yetiştiriciliğine odaklanmaktadır. Çalışmanın ana hedefi, bir elma bahçesinde yer alan kırmızı elmaların tespit edilmesi ve sayılmasıdır. Bu kapsamda, bilgisayar tabanlı bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılım, dijital platformlardan alınan elma ağacı görüntülerini analiz ederek görüntü işleme yöntemleriyle elmaları belirlemektedir. Tespit edilen elma ögelerinin merkezleri işaretlenerek sayım işlemi yapılmıştır. Yazılım hem fotoğraf hem de canlı video formatlarından görüntü alabilecek şekilde hazırlanmıştır. Kırmızı renkteki elmalar, renk özelliklerine dayalı olarak %78,47 başarı oranıyla tespit edilebilmiştir. Bu bulgu, renk analizine dayalı elma tespiti için görüntü işleme yöntemlerinin etkili bir araç olduğunu göstermektedir [128].

Eldem ve Palalı yaptığı araştırmasında, görüntü işleme, bilgisayar bilimlerinde önemli bir alan olup, görüntüden anlamlı bilgilerin çıkarılması ve yorumlanmasında kullanılan yöntemler bütünüdür. Görüntüler, kameralar, tarayıcılar ve dijital fotoğraf makineleri gibi cihazlarla elde edilir. Bu dijital görüntülerin sayısallaştırılması ve çeşitli işlemlere tabi tutulmasıyla bilgilendirici yorumlar yapılabilir. Görüntü işleme yöntemleri, sağlık, askeri teknoloji, endüstri ve jeoinformatik gibi birçok sektörde kullanılmaktadır ve güvenlik sistemlerinde de önemli bir rol oynamaktadır. Parmak izi, iris ve yüz tanıma gibi güvenlik uygulamaları, görüntü işleme teknolojileriyle geliştirilir. Tarayıcılar, kameralar veya fotoğraf makineleriyle elde edilen görüntülerin analiz edilebilmesi için özel ön işlemler yapılması gerekmektedir. Bu işlemler için çeşitli programlama dilleriyle yazılmış birçok yazılım kitaplığı mevcuttur. Bu çalışmada, popüler bir görüntü işleme kitaplığı olan OpenCV (Open Source Computer Vision Library) tercih edilmiştir. Geliştirilen uygulamada, OpenCVSharp bileşeniyle kamera aracılığıyla bireylerin fotoğrafları çekilmiş ve yüz bölgeleri belirlenmiştir. Bu veriler daha sonra bir veritabanındaki kayıtlarla karşılaştırılarak bireylerin kimlere benzeyebileceği bir yazılım yardımıyla gösterilmiştir. Bu çalışma kapsamında yüz tanıma işlemi %79 oranında başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir [129].

Ekmen ve Aydoğdu araştırmasında, İnsansız Hava Araçları (İHA) için otomatik iniş kapasitesini ele almaktadır. İHA'lar günümüzde gözetleme, keşif, askeri operasyonlar, taşımacılık, tarım ilaçlama, video kaydı ve yangın söndürme gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. İHA sistemlerinin bileşenleri arasında kalkış, seyir, navigasyon ve iniş kontrolü öne çıkmaktadır. İHA'nın uçuş sırasında dengesi, çevresel güvenlik ve uçuş kararlılığı kritik öneme sahiptir. Kalkış ve iniş süreçleri, uçuş güvenliği ve stabilitesi açısından kritiktir. Bu çalışmada, İHA'nın belirlenen bir renkli alana otomatik olarak inmesi, görüntü işleme teknikleriyle gerçekleştirilmiştir. Bu alana bir dairesel nesne konumlandırılmıştır. Kamera ile nesnenin koordinatları ölçülerek iniş rotası belirlenmiştir. Elde edilen görüntü 512 piksele ayrılmış ve orta nokta olarak 256x256 piksel olarak ayarlanmıştır. İHA, kendi konumunu sürekli denetleyerek stabil kalmaya odaklanmıştır. Otomatik iniş için gerekli kontrol parametreleri, kamera görüntüsü üzerinden analiz edilmiştir. Ayrıca, İHA'nın dinamiklerini anlamak ve uygun bir kontrol stratejisi oluşturmak için giriş ve çıkış sinyalleri değerlendirilmiştir. System identification yöntemi kullanılarak eşdeğer bir lineer transfer fonksiyonu elde edilmiştir. Bu transfer fonksiyonu, denetleyici tasarım sürecinde kullanılmıştır [130].

Yeşil ve arkadaşları yaptığı araştırmasında, kritik altyapı sistemleri, iletişim, enerji, ulaşım ve sağlık gibi sektörlerde hayati bir rol oynamaktadır. Bu sistemlerin yönetiminde görev alan operatörlerin zihinsel ve fiziksel durumları son derece kritiktir. Özellikle SCADA sistem operatörlerinin kısa süreli dikkat dağımlıklıkları veya hataları, önemli olayların veya uyarıların göz ardı edilmesine yol açabilir. Ancak, bu tür kritik sistemler genellikle anında müdahaleyi gerektirir. Bu bağlamda, operatörün uyku, yorgunluk veya dikkat eksikliği gösterdiğinde etkili bir alarmla uyarı sistemi bu çalışmada tasarlanmıştır. Operatörün hareketlerini gerçek zamanlı olarak izleyen bir kamera kullanılarak görüntü işleme yöntemleri uygulanmıştır. Bu işlemler için, OpenCV gibi popüler bir görüntü işleme kütüphanesi tercih edilmiştir. Önerilen bu yöntem, operatör kaynaklı hataları minimize etmek amacıyla basit ve etkili bir yaklaşım sunmaktadır. Ayrıca, bu yöntemler ve fikirler farklı sektörlere ve altyapı sistemlerine kolaylıkla uygulanabilir [131].

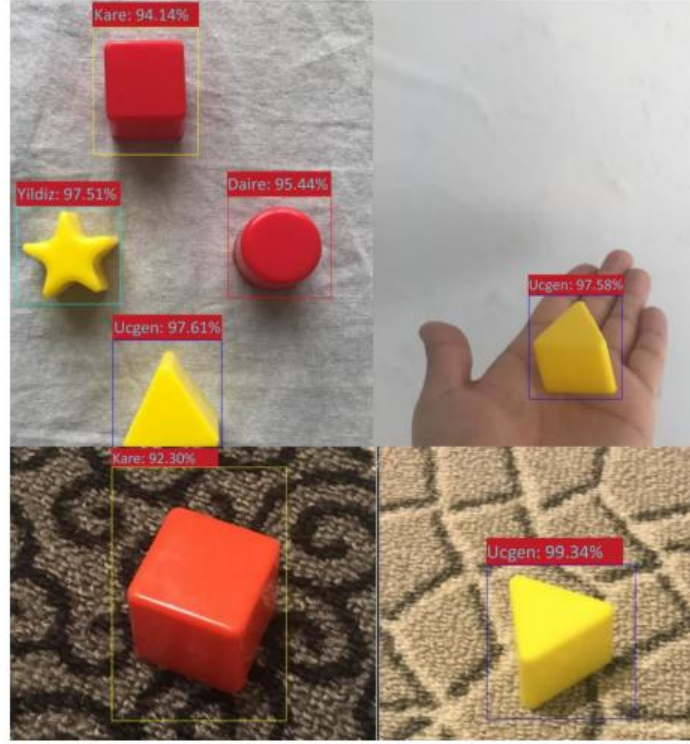
Başaran ve Çağıl yaptığı araştırmasında, koruyucu gözlüklerin tespiti için görüntü işleme teknikleri benimsenmiştir. Gözlüklerin görüntüleri bir kamera yardımıyla yakalanmış ve bu görüntüler, görüntü işleme ve derin öğrenme yöntemleriyle analiz edilmiştir. Bu çalışmada, Python programlama dili, Google Colab platformu ve OpenCV kütüphanesi kullanılmıştır; bu çerçevede nesne tanıma algoritmaları geliştirilmiştir. İlk aşamada, koruyucu gözlük fotoğrafları toplanarak MakeSense.AI platformunda etiketlenmiştir. Her bir fotoğraftan alınan tespit koordinatları, test ve eğitim verileri olarak ayrılmış ve bu veriler Google Colab üzerinde Darknet aracılığıyla işlenmiştir. İşlenen veriler, YOLOv4 algoritmasıyla eğitilmiş ve tüm sonuçlar Python ve OpenCV ile analiz edilmiştir. Bu çalışma, görüntü işleme ve derin öğrenme yöntemleriyle elde edilen başarılı sonuçlarla işletmelerde İş Sağlığı ve Güvenlik (İSG) denetimlerini etkinleştirmeyi amaçlayan yenilikçi bir yaklaşımı ortaya koymaktadır [132].

Sabancı ve Aydın yaptığı araştırmasında, şeker pancarı tarımında yabancı ot mücadelesi için etkili yöntemler, mekanik çapalama ve kimyasal herbisit kullanımınıdır. Ancak, kimyasal ilaçların aşırı kullanımı, çevresel sorunlara ve sağlık risklerine yol açmasıyla eleştirilmektedir. Bu çalışmada, hassas ilaçlama robotuyla şeker pancarı tarlasında yabancı otların tespiti ve herbisit uygulaması yapılmıştır. Robotun 30 cm'lik nozulu ve 8.928 cm/s hızla hareket ederek 1,6 m²'lik bir alanda gerçekleştirdiği ilaçlama, geleneksel yöntemlere göre %55,22 ilaç tasarrufu sağlamıştır. Ek olarak, robotun farklı hızlarda yabancı otlara uyguladığı ilaçlama miktarları ölçülmüştür. Hızın artmasıyla birlikte, ilaçlama miktarının azaldığı gözlemlenmiştir. Bu çalışma, şeker pancarı tarımında hassas ilaçlama robotunun kullanımının, hem verimliliği artırıp hem de çevresel etkileri azaltarak çevre dostu bir mücadele yöntemi sunabileceğini ortaya koymaktadır [133].

Aktaş ve arkadaşları yaptığı araştırmasında, gerçek zamanlı sistemler için görüntü işleme uygulamaları giderek daha önemli hale gelmektedir. Bu uygulamalar, derin öğrenme teknikleri ve görüntü işleme algoritmalarının kombinasyonu ile otonom taşıtlar, drone'lar, robotik sistemler ve yardımcı teknolojiler gibi birçok alanda ilerlemelere öncülük etmektedir. Bu çalışmada, görme engelli bireyler, otonom araçlar ve robotlar için özel olarak tasarlanan bir yardımcı teknoloji sistemi için

dokunsal parke yüzeylerinin derin öğrenme yöntemleriyle tespiti yapılmıştır. Geleneksel yöntemlerin aksine, derin öğrenme teknikleri ve görüntü işleme algoritmaları entegre edilmiştir. YOLO-V3 ve DenseNet mimarileri birleştirilerek YOLOV3-Dense modeli oluşturulmuştur. Bu model, Marmara Dokunsal Parke Yüzeyi (MDPY) veri seti üzerinde eğitilmiş ve performansı bir test veri seti ile değerlendirilmiştir. YOLOV3-Dense modeli, diğer modellere kıyasla %89 F1-skor, %92 ortalama hassasiyet ve %81 IoU değerleriyle dokunsal parke yüzeylerini daha etkili bir şekilde tespit edebilmektedir. Ek olarak, saniyede 60 kare işleme hızıyla YOLOV3-Dense modeli gerçek zamanlı uygulamalar için uygun bir performans sergilemektedir [134].

Dersuneli ve arkadaşları yaptığı araştırmasında, bilgisayarlı görüş algoritmaları, teknolojik ilerlemelerle birlikte daha geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Ancak, gürültü, beklenmedik ortam değişiklikleri gibi faktörler, klasik görüntü işleme ve makine öğrenimi tabanlı bilgisayarlı görüş uygulamalarında önemli bir etkiye sahiptir. Bu çalışmada, bir robotun tepki hızını değerlendirmek amacıyla basit bir senaryoda bilgisayarlı görüşün performansı analiz edilmiştir. Bu kapsamda, nesne tespitine yönelik iki ayrı yaklaşım, 3D geometrik şekiller içeren bir bul-tak oyuncağı üzerinde test edilmiştir. Klasik yöntemde, görüntüden elde edilen özellikler k-NN algoritmasıyla sınıflandırılırken, derin öğrenme yönteminde Yolov4 algoritması tercih edilmiştir. Deneyler neticesinde, klasik görüntü işleme yöntemi siyah fonlu veri setinde %100 başarı oranı gösterirken, farklı renk ve desende bir fon üzerinde bu başarı %86,25'e düşmüştür. Yolov4 derin öğrenme yaklaşımı ise her iki senaryoda da %100 başarı sağlamıştır. Gerçek zamanlı kamera görüntüleri üzerinde yapılan deneylerde, klasik yöntem siyah fonlu bir kare görüntüde 0,06 sn'de, farklı renk ve desende bir kare görüntüde ise 0,04 sn'de nesne tespiti yapmışken, Yolov4 yöntemi 1,06 sn'de nesne tespiti gerçekleştirmiştir [135]. Şekil 5.6'da Yolov4 ile yapılan nesne tespiti algoritmasının gerçek zamanlı sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Yolov4 ile yapılan nesne tespiti algoritmasının gerçek zamanlı sonuçları [135].

Yang ve arkadaşları yaptığı çalışmada, kömür parçalarının boyut dağılımının dijital görüntü analizi ile tespit edilmesine odaklanmaktadır. Önceki çalışmalar, kömür parçalarının hızlı ve kesin bir şekilde ölçülmesini sağlayamamıştır. Ancak bu ölçüm, kömürün çatlak ilerlemesi ve enerji iletimi mekanizmalarını anlamak için kritiktir. Bu yazıda, kömür parçalarının boyut dağılımlarını ölçmek için MATLAB tabanlı bir görüntü analiz stratejisi sunulmaktadır. Ölçüm süreci için kullanılan dijital görüntüleme sistemi, analiz adımları ve programlama süreci detaylı bir şekilde tanıtılmaktadır. Dijital görüntü işleme ile belirlenen kömür parçalarının boyut dağılımı, teorik boyut fonksiyonları ve manuel ayıklama sonuçlarıyla kıyaslanmaktadır. Bu çalışma, kömürün yapısal özelliklerini anlamak için boyut dağılımı tespiti için etkili ve yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır [136].

Wang ve arkadaşları yaptığı çalışmada, kızılötesi termal kameralarla elde edilen kızılötesi videoların görüntü işleme yöntemleriyle analiz edilmesini önermektedir. Yenilikçi bir süper yeşil algoritma geliştirme önerisi sunulmuş ve mevcut algoritmaların literatürdeki çalışmaları esas alınarak öznetelik değerlendirmesi

yapılmıştır. Çalışmada, sıkça karşılaşılan arıza türleri için etkili bir teşhis modeli oluşturulmuş, elektrikli ekipmanın bileşenleri toplanarak algoritmanın performansı test edilmiştir. İlgili veriler ve görüntüler belgelenmiştir. Bu araştırma, önerilen algoritmanın uygulanabilirliğini ve ilerleyen çalışmalar için teorik bir temel oluşturabileceğini ortaya koymaktadır [137].

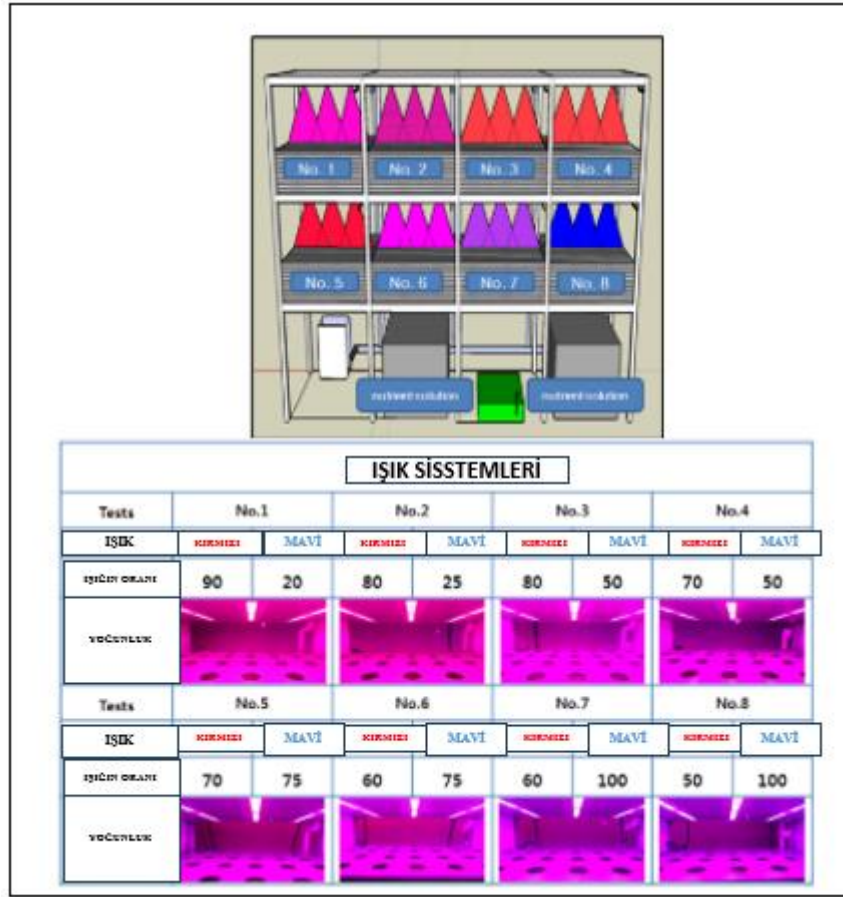
Zhu ve arkadaşları yaptığı çalışmada, metalik malzemelerdeki korozyon hasarlarını tanımlamak için taramalı akustik mikroskopi (SAM) yöntemini ve tomografik akustik mikro görüntüleme (TAMI) tekniklerini incelemektedir. Alüminyum alaşımı 7050 üzerinde yapılan çalışmada, korozyon çukurlarının şekli ve derinliği SAM ile tespit edilmiş ve elde edilen sonuçlar optik mikroskop kullanılarak doğrulanmıştır. Çoklu tarama stratejisi ile 204 µm ve 80 µm'lik en büyük ve ortalama çukurluk derinlikleri belirlenmiştir. Ayrıca, ikili görüntü işleme yöntemiyle korozyonlu alanın yaklaşık %30 ile %40'ı hesaplanmıştır. Bu çalışma, TAMI ve SAM tekniklerinin korozyon hasarlarının belirlenmesinde etkili birer araç olarak kullanılabilirliğini göstermektedir [138].

Cañero-Nieto ve arkadaşları yaptığı çalışmada, mamul olmayan bir dekapaj işlemi sonrasında paslanmaz çelik ruloların yüzeyinde oluşan oksit tabakasının belirlenmesi ve kategorize edilmesi için görüntü işleme yöntemlerini kullanmayı hedeflemektedir. Daha önce yapılan detaylı bir incelemenin verileri temel alınarak, farklı eşikleme tabanlı görüntü bölümlenme algoritmalarının karşılaştırmalı bir analizini sunulmaktadır. Özellikle, çoklu doğrusal regresyon ve sinir ağı tabanlı iki farklı hesaplama modeli önerilmektedir. Geleneksel bir alan kamera sistemine sahip özel bir aydınlatma ile bir sistem oluşturulmuş ve bu sistem, tavlama ve dekapaj hattına entegre edilerek test edilmiştir. Nihayetinde, önerilen model yaklaşımları arasında bir karşılaştırma yapılacak ve bu modellerin performansları değerlendirilecektir. Bu çalışma, oksit tabakasının belirlenmesi ve kategorize edilmesi için görüntü işleme yöntemlerinin etkili bir şekilde kullanılabilirliğini ortaya koymayı amaçlamaktadır [139].

Imai ve arkadaşları yaptığı çalışmada, endüstriyel ölçekte hücre üretimi, rejeneratif tıp alanında terapötik ürünlerin çeşitli uygulamalarında kullanılmaktadır. Ancak, bu

süreçte kaliteli ve istikrarlı hücre üretimi sağlamak için kalite kontrolünün önemi büyüktür. Mevcut ölçüm teknolojilerinin eksikliği sebebiyle, hücre kültür sürecinin karmaşıklığı ve zaman alıcılığı nedeniyle kalite kontrol genellikle manuel mikroskopik gözlemlerle sınırlıdır. Araştırma grubumuz, hücre kültürü sırasında kalite kontrolüne destek olan tahmin modelleri geliştirmek amacıyla gelişmiş görüntü işleme ve makine öğrenimi tekniklerini benimsemektedir. Bu çalışmada, hücre kültür sürecindeki hataları modellemek için tasarlanan kasıtlı hatalar standart kültürle karşılaştırılmış ve analiz, sadece hücrelerin zaman-morfolojik özelliklerine dayanarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, hücre kültür sürecindeki kalite kontrolünü artırmak için kullanılan ileri görüntü işleme ve makine öğrenimi tekniklerinin potansiyelini göstermeyi hedeflemektedir [140].

Kim ve arkadaşları yaptığı çalışmada, görüntü işleme teknolojisi, bitkilerin büyüme aşamalarının takip edilmesi, zararlı böceklerin hasarlarının tespiti ve bitki fabrikalarında hasat zamanının belirlenmesi gibi birçok alanda etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Bu araştırma, derin akış teknikleri ve püskürtmeli su kültürü sistemleriyle yetiştirilen marul bitkisinin büyüme sürecini izleyerek ve bu sürece ait görüntüleri analiz ederek marul büyümesini değerlendirmeyi ve öngörmeyi hedeflemektedir. Toplam sekiz yatak kapasiteli bir bitki fabrikası, çeşitli aydınlatma koşullarında çalışmaktadır. Deneyler için gerekli ekipmanlar, görüntü yakalama işlevini üstlenen bir kamera ve görüntü analizi için kullanılan bir bilgisayar olmak üzere iki ana bölümde organize edilmiştir. Marul görüntüleri bir CCD kamera ile elde edilmiş ve bu görüntüler Microsoft Visual C++ 6.0 yazılımı kullanılarak işlenmiştir; böylece arka plan maruldan ayrıştırılmıştır. Marulun büyümesi, elde edilen görüntüler üzerinden analiz edilmiş ve bu veriler büyüme verileriyle kıyaslanmıştır. Sonuç olarak, bitki fabrikasında kullanılan görüntü işleme yöntemleriyle marul büyümesinin tahmin edilebileceği sonucuna varılmıştır. Bu yöntem sayesinde daha kaliteli marulun, büyüme tahminleriyle daha verimli bir şekilde yetiştirilmesi mümkündür [141]. Şekil 5.7'de bitki fabrikası sisteminin bileşimi ve ışık durumu hakkında görsel verilmiştir.



Şekil 5.6. Bitki fabrikası sisteminin bileşimi ve ışık durumu örneği [141].

Jiang ve arkadaşları yaptığı çalışmada, bitki fabrikalarında, mahsul büyüme dinamiklerinin gerçek zamanlı olarak takip edilmesi, mahsul yönetiminin hassasiyetini artırmak için kritik öneme sahiptir. Bu araştırma, geleneksel bitki ağırlığı ölçüm yöntemlerinin hem zaman alıcı hem de yıkıcı olmasından yola çıkarak, hidroponik ortamlarda yetiştirilen bitkilerin taze ağırlık dağılımını gösteren bir hareketli görüntü işleme sistemi geliştirmeyi hedeflemektedir. Bu sistem, gerçek zamanlı görüntü analizi ve mekansal veri haritalama tekniklerine dayanmaktadır. Düşük maliyetli bir web kamera ve MYRIO tabanlı bir kontrol ünitesi ile görüntüler otomatik olarak yakalanıp analiz edilmiştir. Görüntü ön işleme aşaması, görüntü segmentasyonu ve bitki tespitini içerir. HSV renk modelinin S bileşeni ve Otsu eşikleme yöntemi, bitkileri arka plandan ayırmak için kullanılmıştır. Hedef bitkiler, yetiştirme yatağındaki deliklerin konumlarına göre tanımlanmıştır. Bitki ağırlığı, elde edilen marul görüntülerindeki piksel yoğunlukları ile taze ağırlıklar arasındaki ilişki üzerinden tahmin edilmiştir. Geliştirilen sistem, yaklaşık 1.0 doğruluk oranı ve 0.95 belirleme katsayısı (R2) ile ve

sadece 4 saniye işlem süresiyle oldukça doğru sonuçlar vermiştir. Ayrıca, yetiştirme yatağındaki marulların taze ağırlık dağılımının mekansal bir haritasının çıkarılması, hasat öncesi mahsul verim tahminleri için kullanılabilir. Bu araştırma, bitki fabrikalarında verimli ve hassas mahsul yönetimi için önemli bir ilerleme olarak değerlendirilmektedir [142].

Wu ve arkadaşları yaptığı çalışmada, bitki fabrikaları, düzenlenebilir çevresel şartlar altında verimli bitki üretimine olanak tanıyan ve otomasyon ile akıllı çözümler için mükemmel bir tarım pratiğidir. Bu fabrikaların içinde domates yetiştiriciliği, öne çıkan ve çeşitli sektörlerde uygulanan bir pratiktir. Bununla birlikte, domates meyvelerinin otomatik olarak tanımlanması, sayılması ve sınıflandırılması gibi süreçler hala el ile yapılırken, mekanik yöntemlerin etkinliği sınırlıdır. Ayrıca, domates hasadının otomasyonu üzerine yapılan çalışmalar, kısıtlı veri setleri sebebiyle yeterli seviyede değildir. Bu eksikliği aşmak adına, "TomatoPlantfactoryDataset" adı altında bir domates meyve veri seti oluşturulmuştur. Bu set, bitki fabrikası koşullarında yetiştirilen mikro domates çeşitlerine ait çeşitli görüntüleri içerir. Görüntüler, çeşitli yapay ışıklandırma şartlarında çekilmiş olup, karmaşık aydınlatma değişimleri, farklı mesafeler, engellemeler ve bulanıklık gibi etkenleri barındırır. Bu veri seti, bitki fabrikalarında akıllı kontrol sistemleri, otomatik işletim robotları, meyve olgunlaşma seviyelerinin belirlenmesi ve ürün verimi tahminleri gibi birçok alanda kullanılabilecek kapsamlı bir kaynak sunmaktadır. Bu set, kamuya ücretsiz olarak sunulmuş olup, araştırma ve bilgi paylaşımı için herkese açıktır. Amacı, bitki fabrikalarında akıllı teknolojilerin gelişimine ve domates ekim ekipmanlarının yaygınlaşmasına katkı sağlamaktır [143].

Popper ve arkadaşları yaptığı çalışmada, derin öğrenme teknolojisinin bilgisayar görüşü ve diğer birçok alanda önemli ilerlemeler kaydettiği bilinmektedir. Bununla birlikte, imalat endüstrisinde derin öğrenmenin entegrasyonu hala sınırlıdır. Yüksek veri gereksinimleri ve sınırlı hesaplama kapasitesi, üretimde kullanılan hassas veri setleri için önemli zorluklar oluşturmaktadır. Bu engelleri aşmak için Zamana Duyarlı Ağ Oluşturma Standartları ve transfer öğrenme gibi yeni yaklaşımlar geliştirilerek derin öğrenmenin imalat sektöründe daha yaygın olarak kullanılabilir hale getirilmesi hedeflenmektedir. Bu bağlamda, gerçek bir üretim tesisi ortamında parça görsel

kontrolleri için bir pilot uygulama gerçekleştirilmiştir. Bu araştırma, derin öğrenme teknolojisinin imalat sektöründeki potansiyelini ortaya koymaktadır [144].

Louw ve arkadaşları yaptığı çalışmada, geleceğin iş gücünün ihtiyaç duyduğu becerileri kazandırmak için Öğrenme Fabrikaları, dijital üretim sistemleri ve siber-fiziksel entegrasyonlarla bağlantılı teknolojik çözümler sunma potansiyeline sahiptir. Bu yazıda, düşük maliyetli makine görüşü odaklı bir kalite denetim sisteminin tasarımı ve bu sistemin Öğrenme Fabrikasındaki öğrenci projelerinde nasıl kullanılabileceği üzerine bir inceleme sunulmaktadır. Oluşturulan prototip, ekonomik donanım ve ücretsiz açık kaynak kodlu yazılımlarla geliştirilmiştir. Bu platform, yapay görüş teknolojisi tabanlı Öğrenme Fabrikasında akıllı üretim sistemlerinin araştırılması ve yenilikçi çözümlerin geliştirilmesine katkıda bulunmayı hedeflemektedir. Bununla birlikte, öğrencilerin kendi başlarına öğrenme ve pratik yapma fırsatları sunarak yetkinliklerini artırmayı amaçlamaktadır. Bu araştırma, Öğrenme Fabrikalarının hem eğitim hem de araştırma misyonlarını birleştirerek öğrenci projeleriyle nasıl etkin bir şekilde hayata geçirilebileceğini ortaya koymaktadır [145].

Soori ve arkadaşları yaptığı çalışmada, endüstri 4.0'ın gölgesinde, Nesnelerin İnterneti (IoT) adı verilen ağlar, bağlantılı cihazlar, sensörler ve yazılımlar sayesinde geleneksel üretim birimlerinin akıllı fabrikalara evrilmesinde kritik bir rol oynar. IoT'nin akıllı fabrika sistemlerindeki entegrasyonu; tahminsel bakım, enerji tüketiminin analizi, iş güvenliği, tedarik yönetimi ve stok yönetimi gibi bir dizi alanda önemli avantajlar sunmaktadır. Bu yazıda, Endüstri 4.0'ın akıllı üretim tesislerindeki IoT uygulamaları detaylı bir şekilde incelenmekte olup, öngörücü bakım, varlık izleme, kalite yönetimi, enerji tasarrufu, üretim süreç analizi ve tedarik zinciri iyileştirmesi gibi konulara odaklanmaktadır. Bu derleme, IoT'nin akıllı fabrikalar içerisindeki potansiyelini ve kullanım alanlarını tartışarak, kalite denetimi ve üretim optimizasyonu gibi konularda yenilikçi yaklaşımlar ve stratejiler sunmayı hedeflemektedir [146]. Şekil 5.8'de Endüstri 4.0 sisteminin 6G tabanlı akıllı fabrikasında IoT sistemi verilmiştir.



Şekil 5.7. Endüstri 4.0 sisteminin 6G tabanlı akıllı fabrikasında IoT örneği [146].

Balakreshnan ve arkadaşları yaptığı çalışmada, Öğrenme fabrikalarında potansiyel güvenlik riski barındıran bölgelerde Yapay Zeka (AI) ve makine görüşü teknolojileri, Kişisel Koruyucu Ekipmanların (PPE), özellikle koruyucu gözlüklerin otomatik olarak tanımlanmasını sağlamaktadır. Hedef, çalışanların güvenliğini korumak için otomatize edilmiş bir sistem geliştirmek ve entegre etmektir. Microsoft Azure'nin Özel Görüntü AI ve Akıllı Zeka Hizmetleri, bütçe dostu görüntüleme cihazlarıyla birleştirilerek derin öğrenme tabanlı sinir ağı modelleri için bir altyapı sunar. Bulut merkezli ve yerel AI'nin bir araya getirilmesiyle, gerçek zamanlı ve görsel odaklı bir güvenlik çözümü oluşturulmaktadır. Bu platform, güvenlik ihlallerini saptama, kayıt altına alma ve engelleme kapasitesine sahiptir. Ek olarak, çeşitli kontrol mekanizmalarını tetikleme ve farklı koruyucu ekipman türlerini algılama yeteneğine sahiptir. Hibrit yapay zeka yaklaşımı, eğitim süreçlerinde ve uygulamada esnekliği artırırken, öğrenme fabrikaları ve üretim birimleri için geliştirilmiş çalışan güvenliği, düşük sigorta maliyetleri ve etkili güvenlik ihlali yönetimi gibi avantajlar sunmaktadır [147].

BÖLÜM 6

UYGULAMA

Bu bölümde, araç lastikleri üretimi yapan bir tesiste gerçekleştirilen görüntü işleme uygulaması detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Şirketin çalışma saatleri, çalışan sayısı, üretim akışı gibi operasyonel bilgiler sunulmuştur. Ayrıca, firmanın üretim hattı ve mevcut departmanları ile, üretimi yapılan ürünlerin özellikleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

6.1. ŞİRKETİN TARİHÇESİ

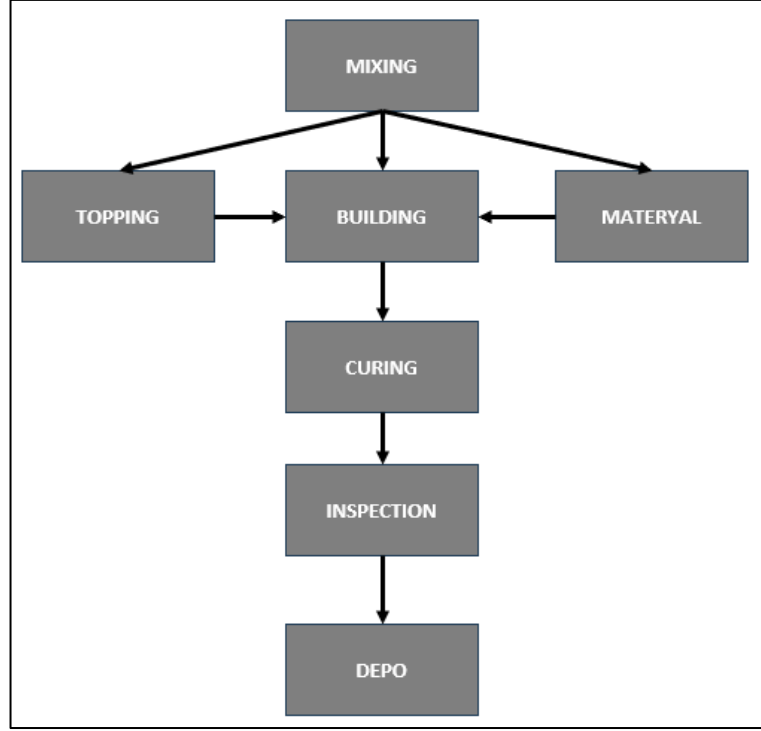
Firma, 1909 yılında Kobe şehrinde lastik fabrikasını kurarak faaliyete başladı. O günden bugüne faaliyetlerini yurtdışında sürdüren firma, 2015 yılında Türkiye'de yeni bir fabrika açarak üretim kapasitesini artırdı ve global pazardaki varlığını güçlendirdi. 10 yılı aşan deneyimi ve yüksek nitelikli ekibi ile firma, ülkemizin lastik sektöründeki önde gelen firmalarından biridir.

Yaklaşık 3000 çalışanı ile yıllık üretim kapasitesi 300.000+ adettir. Firma, binek araçlar için 13 ile 22 inç arası lastik üretimleri gerçekleştirmektedir.

Şirketin ana müşteri kitlesi Avrupa'da bulunmaktadır ve üretiminin %90'ı Avrupa ülkelerine ihraç edilmektedir, geriye kalan %10'u ise yurtiçinde kullanılmaktadır. Şirket ayrıca çevre sorumluluğu bilinciyle, iş ve çevre dostu teknolojileri geliştirme misyonunu ön planda tutmaktadır.

6.2. FABRİKADA ÜRETİM HATTI

Firmada lastik imalat süreçleri Şekil 6.1.'de görüldüğü gibi Mixing - Materyal - Topping - Building - Curing ve Inspection ana bölümlerinden oluşmaktadır.



Şekil 6.1. Genel üretim süreci örneği

6.2.1. Mixing Bölümü

Mixing veya karıştırma prosesi, lastik imalatının başlangıç aşaması olarak kabul edilir ve lastiğin ana bileşenleri olan kauçuk, karbon siyahı, kimyasal maddeler, yağlar ve diğer katkı maddelerinin homojen bir şekilde karıştırılmasını sağlar. Bu proses, son ürünün özelliklerini ve kalitesini belirleyen önemli bir adımdır.

6.2.1.1. Mixing Prosesinin Adımları

Ham Madde Hazırlığı: İmalat süreci başlamadan önce, kullanılacak olan kauçuk, karbon siyahı, kimyasal maddeler, yağlar ve diğer katkı maddeleri önceden belirlenmiş oranlarda hazırlanır.

- **Karıştırma Makinesine Yükleme:** Hazırlanan ham maddeler, özel bir karıştırma makinesine yüklenir. Bu karıştırma makinesi, maddeleri homojen bir şekilde birbirine karıştırmak için tasarlanmıştır.

- **Karıştırma Süreci:** Karıştırma makinesi, maddeleri yoğurarak ve sıkıştırarak homojen bir karışım elde edene kadar çalışır. Bu süreçte, kauçuk molekülleri ve diğer maddeler bir araya gelir ve birbiriyle kimyasal olarak etkileşime girer.
- **Doğrulama ve Ayarlama:** Karışımın homojenliği ve doğruluğu, kalite kontrol laboratuvarında test edilir ve gerekli ayarlamalar yapılır.
- **Kompaktlaştırma ve İnceleme:** Son olarak, karışım, şekil vermek için bir kalıba yerleştirilmeden önce belirli bir şekilde kompaktlaştırılır ve incelenir.

6.2.1.2. Mixing Prosesinde Kullanılan Teknolojiler

- **Banbury Karıştırıcıları:** Bu makineler, lastik karışımını yoğurmak ve karıştırmak için kullanılır. İçerisindeki rotorlar, maddeleri sıkıştırarak ve karıştırarak homojen bir karışım oluşturur.
- **Kontrol Sistemleri:** Modern Mixing makineleri genellikle otomatik kontrol sistemleri ile donatılmıştır. Bu sistemler, süreç boyunca sıcaklık, basınç ve diğer parametreleri kontrol ederek karışımın kalitesini sağlar.

6.2.1.3. Mixing Prosesinin Önemi

Mixing prosesi, lastik imalat sürecinin temelini oluşturur ve son ürünün mekanik özelliklerini, dayanıklılığını, sürüş performansını ve güvenliğini belirleyen kritik bir aşamadır. Kaliteli bir Mixing işlemi, lastiğin istenilen özelliklere sahip olmasını sağlar ve ürünün uzun ömürlü olmasına yardımcı olur.

6.2.2. Materyal Bölümü

Materyal prosesi, lastik imalat sürecinin başlangıç aşamasını oluşturur ve lastiğin temel bileşenlerinin hazırlanması, ölçülmesi ve karıştırılmasını içerir. Bu süreç, lastik imalatının kalitesi ve performansı üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir.

6.2.2.1. Materyal Prosesinde Kullanılan Teknolojiler

- **Karıştırma Makineleri:** Özellikle Banbury karıştırıcıları, steel(çelik) adı verilen çelikten yapılan malzemeyi ve ipten oluşan büyük toptanlara sarılmış kord(ip) ismi verilen malzemeleri işleyen küçük makineler ve diğer çeşitli işlem makineleri kullanılır. Bu makineler, maddeleri keserek, sıkıştırarak veya karıştırarak homojen bir karışımlar oluşturur.
- **Ölçüm ve Tartma Sistemleri:** Hassas tartım ve ölçüm sistemleri, doğru oranlarda maddelerin karışımına yardımcı olur.
- **Kontrol Sistemleri:** Modern materyal prosesi makineleri genellikle otomatik kontrol sistemleri ile donatılmıştır. Bu sistemler, süreç boyunca sıcaklık, basınç ve diğer parametreleri kontrol ederek karışımın kalitesini sağlar.

6.2.2.2. Materyal Prosesinin Önemi

Materyal prosesi, lastik imalat sürecinin temelini oluşturur ve son ürünün mekanik özelliklerini, dayanıklılığını, sürüş performansını ve güvenliğini belirleyen kritik bir aşamadır. Kaliteli bir materyal prosesi, lastiğin istenilen özelliklere sahip olmasını sağlar ve ürünün uzun ömürlü olmasına yardımcı olur.

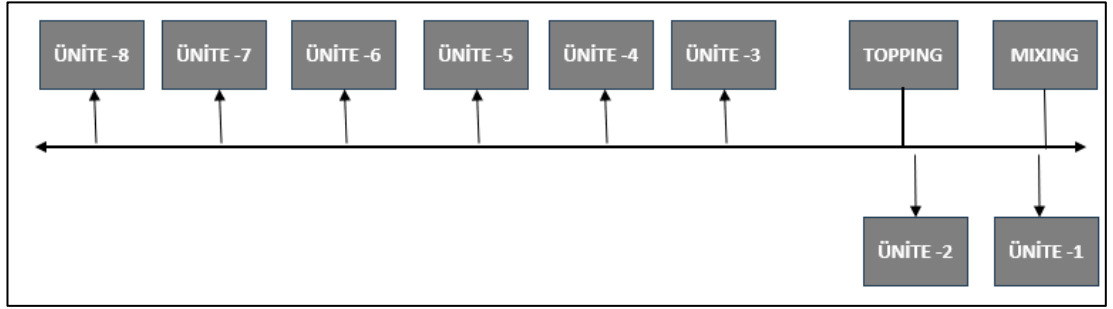
6.2.3. Topping Bölümü

Topping prosesinde, lastiğin içerisinde bulunan lastiğin dayanıklılığını artıran kord(ip) ve steel(çelik) parçaları işlenerek büyük bobinler haline getirilir. Bu büyük bobinler daha sonraki proseslerde kullanılmak üzere stok alanında bekletilir.

Aynı zamanda Topping prosesi, lastiğin dayanıklılığını, performansını ve güvenliğini belirleyen kritik bir aşamadır. Doğru bir Topping prosesi, lastiğin uzun ömürlü olmasını ve çeşitli koşullarda optimum performans göstermesini sağlar. Ayrıca, lastiğin yol tutuşu, fren mesafesi ve yakıt verimliliği gibi özellikleri de Topping prosesinin kalitesine bağlıdır.

6.2.4. Building Bölümü

Building prosesi, lastik imalatının önemli bir aşamasıdır ve lastiğin iç yapısının ve dış kauçuk tabakalarının oluşturulduğu süreci kapsar. Bu aşamada diğer tüm ana süreçlerden Şekil.6.2’de görüldüğü gibi lastiğin dayanıklılığını, performansını ve diğer özelliklerini belirleyen unsurları bir araya getirilir.



Şekil 6.2. Ünitelerin içindeki Building proselerine materyal taşıma durumu örneği

6.2.4.1. Building Prosesi Adımları

- **Karkasın Hazırlanması:** Building prosesi genellikle lastiğin karkasının (ana gövde yapısı) hazırlanmasıyla başlar. Karkas, lastiğin dayanıklılığını ve şeklini belirleyen bir çerçeve görevi görür. Karkas genellikle tekstil kord (polyester, naylon, aramid gibi malzemeler) veya çelik korddan oluşur.
- **Kaplama Eklenmesi:** Karkas, kaplama olarak da bilinen bir dış karkas tabakası ile desteklenir. Kaplama, lastiğin şeklini koruyarak dayanıklılığını artırır ve dış etkilere karşı koruma sağlar.
- **Kord ve Kaplamanın Yerleştirilmesi:** Karkas ve kaplama, lastiğin iç yapısına yerleştirilir. Bu aşamada, lastiğin belirli bir yapıda oluşturulması ve dayanıklılığının sağlanması için kordların ve kaplamanın doğru şekilde yerleştirilmesi önemlidir.
- **Diğer Bileşenlerin Eklenmesi:** Building prosesi aynı zamanda diğer lastik bileşenlerinin eklenmesini içerir. Bu bileşenler arasında yanaklar, dış kauçuk

tabakalar, içeride kullanılan kaplama, taşıyıcı kumaş veya tüy gibi ögeler yer alabilir. Bu bileşenler, lastiğin performansını, tutuşunu ve dayanıklılığını belirleyen unsurlardır.

6.2.4.2. Building Prosesinin Önemi

Building prosesi, lastiğin dayanıklılığını, performansını ve güvenliğini belirleyen kritik bir aşamadır. Doğru bir Building prosesi, lastiğin uzun ömürlü olmasını ve çeşitli koşullarda optimum performans göstermesini sağlar. Ayrıca, lastiğin yol tutuşu, fren mesafesi ve yakıt verimliliği gibi özellikleri de Building prosesinin kalitesine bağlıdır.

6.2.5. Curing Bölümü

Curing, lastik imalat sürecinin önemli bir aşamasıdır ve lastiğin şekil almasını, özelliklerini kazanmasını ve dayanıklılığını artırmasını sağlar. Bu süreç, form verme ve vulkanizasyon adımlarını içerir.

6.2.5.1. Curing Prosesinde Kullanılan Teknolojiler:

- **Isı ve Basınç Kontrolü:** Curing prosesi, belirli bir sıcaklık ve basınç altında gerçekleştirilir. Bu değerler, lastiğin mükemmel bir şekilde şekillenmesini ve dayanıklılığını kazanmasını sağlar.
- **Otomasyon ve Kontrol Sistemleri:** Modern lastik fabrikalarında, Curing prosesi genellikle otomatik kontrol sistemleriyle yönetilir. Bu sistemler, sıcaklık, basınç ve süre gibi parametreleri sürekli olarak izleyerek kaliteyi ve verimliliği artırır.

6.2.5.2. Curing Prosesinin Önemi

Curing prosesi, lastiğin dayanıklılığını, sürüş performansını ve güvenliğini belirleyen kritik bir aşamadır. Doğru bir Curing işlemi, lastiğin uzun ömürlü olmasını sağlar ve farklı yol ve hava koşullarına karşı direncini artırır.

Bu şekilde, Curing prosesi lastik imalatında hayati bir rol oynar ve modern lastiklerin performansı üzerinde büyük etkiye sahiptir.

6.2.6. Inspection Bölümü

Inspection prosesi, lastik imalat sürecinin son aşamasını oluşturur ve üretilen lastiklerin kalitesinin kontrol edilmesini sağlar. Bu aşama, ürünlerin müşteri beklentilerine ve kalite standartlarına uygun olup olmadığını belirlemek için yapılan ayrıntılı bir denetim sürecidir.

6.2.6.1. Inspection Prosesinin Adımları

- **Görsel İnceleme:** İlk adım genellikle görsel incelemedir. Her bir lastik gözden geçirilir ve dış görünümü, yüzey kalitesi, simetri ve herhangi bir görsel kusur açısından incelenir.
- **Boyut Kontrolü:** Lastiklerin boyutları ve geometrik ölçüleri ölçülerek, spesifikasyonlara uygun olup olmadığı kontrol edilir. Bu, lastiklerin standartlara uygunluğunu ve montaj için uygunluğunu belirler.
- **Fonksiyonel Testler:** Bazı durumlarda, lastiklerin fonksiyonel özellikleri de test edilir. Bu testler arasında yuvarlanma direnci, fren performansı, yol tutuşu gibi özellikler bulunabilir.
- **İç Yapının İncelemesi:** Lastiklerin iç yapısı da incelenir. Kordların ve diğer iç bileşenlerin düzgünlüğü, dağılımı ve dayanıklılığı kontrol edilir.
- **Kontaminasyon Kontrolü:** Lastiklerde herhangi bir yabancı madde veya kontaminasyon olup olmadığı kontrol edilir. Bu, lastiklerin güvenliğini ve performansını etkileyebilecek unsurları belirlemeye yöneliktir.

- **Etiketleme ve Paketleme:** Denetimden geçen ve onaylanan lastikler, uygun şekilde etiketlenir ve paketlenir. Bu adım, lastiklerin taşınabilirliğini ve depolama süreçlerini kolaylaştırır.

6.2.6.2. Inspection Prosesinin Önemi

Inspection prosesi, üretilen lastiklerin kalitesinin ve güvenliğinin sağlanmasında kritik bir rol oynar. Kaliteli bir Inspection süreci, müşteri memnuniyetini artırır, geri çağırımları ve maliyetleri azaltır, aynı zamanda marka itibarını korur. Ayrıca, lastiklerin güvenliği ve dayanıklılığı için hayati öneme sahiptir.

6.3. UYGULAMANIN AMACI VE HEDEFİ

Amaç:

- Görüntü işleme teknolojisi kullanarak proseslerin iyileştirilmesi amaçlanmıştır.
- Materyal bölümündeki proseslerin görüntü işleme yöntemleri ile incelenmesini başlatmaktır.
- Jlb, C-stw, Ply Cutter, Brk Cutter, Single bead, H/F, Ribbon gibi çeşitli prosesler arasında, JLB makinesinde görüntü işleme çalışmaları gerçekleştirmektir.

Hedef:

- Hatalı parça tespitini otomatikleştirerek, manuel gözle kontrol sürelerini azaltarak günlük yaklaşık 288 adet daha fazla lastik üretilmesi hedeflenmektedir.
- OpenCv kütüphanesi kullanılarak geliştirilen Python tabanlı PyCharm uygulaması, kaplanmış normal malzeme ve kaplanmamış hatalı malzeme resimlerini analiz ederek hatalı parçaların tespit edilmesine yardımcı olacaktır.
- HSV renk uzayı kullanılarak yapılan renk ayrımı sayesinde, program sadece hatalı alanları tespit edecek ve makinenin durmasını sağlayacaktır.

Bu bilgiler doğrultusunda, sürecin iyileştirilmesi ve maliyet tasarrufu sağlanması hedeflenmektedir.

6.4. UYGULAMA'NIN ÖNEMİ

Bu çalışma ile, fabrikada daha önce görüntü işleme uygulanmamış olmasına rağmen, aslında görüntü işlemenin uygulanabilir olduğu kanıtlanmıştır. Görüntü işlemeye geçiş süreci ve firma genelinde benimsenmesi gereken bir işlem olarak değerlendirilebilecek bu süreç, görüntü işlemenin her koşul ve sektörde etkinliğini ve sağladığı avantajları göstermektedir.

6.6. MEVCUT DURUM ANALİZİ

Firmadaki süreçler arasında görüntü işleme ile iyileştirilmek üzere prosesler incelenmiştir. Görüntü işleme için materyal bölümünden prosesler incelenerek başlanmıştır. Materyal çok çeşitli proseslerden oluşmaktadır: Jlb, C-stw, Ply Cutter, Brk Cutter, Single bead, H/F, Ribbon proseslerinden oluşmaktadır. Bu prosesler arasında Şekil 6.3'te görülen JLB makinesinde görüntü işleme çalışması yapılmıştır.



Şekil 6.3. JLB makinesi örneği [148].

Topping prosesine mixingden gelen compoundlar kord(ip) ve steel(tel) malzemelerine kaplanarak içi dolu compound malzemesi elde edilir. Kord(ip)'lu malzemeler ruloya sarılarak Şekil 6.4' de olduğu gibi bir bobin haline getirilir. Büyük bobin halinde olan malzemeler ince rulolar halinde kesilerek Şekil 6.5' de gözüktüğü gibi 7 parçalı bir

bobin haline getirilir. Bu bobinli malzeme üniteler arası Şekil 6.2’de gösterildiği gibi taşınarak Ünite5’in içerisinde yer alan JLB makinesine taşınır. JLB makinesinde bu gelen kesilmiş bobin takılarak sırayla işleme alınır. İşleme alınan ince rulolar burada bıçaklara takılarak daha ince kesilmesi için makinedeki 10 adet boş ruloya sarılır.



Şekil 6.4. Kauçuk kaplanmamış Kord (ip)’lu bobin örneği [149] .



Şekil 6.5. Kaplanmış ve 10 parçaya ayrılmış Kord’lu bobin örneği [150].

JLB prosesi incelendiği zaman; 2 tip aynı makine karşılıklı olarak ünite içine kurulmuştur. Bu makinelerle ilgilenen 1 operatör bulunmaktadır. Üretim esnasında bobinle kesilmiş halde gelen malzemeler makinedeki bıçaklara bağlanarak eni daha küçük Şekil 6.6’da görüldüğü gibi malzemeler haline getirilerek boş rulolara bağlanır. Bu esnada makineler operatör tarafında ayarlanan 30, 50, 95 (m/min) olan 3 çeşit hızla çalışmaktadır. Bu hızlar malzemenin hatalı gelme durumuna göre değişkenlik göstermektedir. Normalde makine en hızlı ayarında çalışması gerekmektedir ama makineye bağlanan parçalarda Şekil 6.6’ de görüldüğü gibi kaplanmamış alan olarak

isimlendirilen durumla karşılaşıldığı zaman makinenin hızı düşürülmekte ve manuel gözle kontrole ağırlık verilmektedir. Manuel gözle kontrol esnasında yakaladığı bu hatalı parçayı operatör makineyi durdurup kesmekte ve hatasız olan kısımlarını birleştirerek üretimde duruşa neden olmaktadır.

Duruşlar sonucu Çizelge 6.1’de görüldüğü üzere yaklaşık 288 adet lastik kaybının oluşmasını engellemektedir. Eğer ki operatör bir makine ile ilgilenirken diğer makinede hatalı parça gelir ve bıçakların olduğu sisteme kadar girerse kaplanmamış hatalı alan rulolara kadar ulaşır. Bu durumda operatör makineyi durdurup tüm makinedeki bu hatalı kısımları tek tek söküp tekrar bağladığı için yaklaşık 45 dk vakit kaybetmektedir. Bu arada bu işlem uzun sürdüğü için diğer makineyle ilgilenemeyeceğini bildiğinden onu da bir süre sonra kapatmak durumunda kalacaktır. Bu şekilde üretim esnasında Çizelge 6.2’de olduğu gibi büyük duruşlara yol açmamak için hatalı parçalı bobin gelirse üretim hızı düşürülüp manuel kontrol artmakta ve üretim hızı azaldıkça da çıkan materyal malzeme miktarı azalmaktadır. Bu da ana proseste günlük çıkan lastik miktarını azaltmaktadır. Bu durumun haricinde makinelerde sürekli gözle kontrol gerçekleştirmediği için kaçan hatalar kaynaklı günlük lastik miktarının yaklaşık %6- %7’si son kontrol aşamasında (Inspection) hatalı lastik olarak yakalanmaktadır. Bu da bir lastik için ortalama 25\$ gibi bir maliyetten hesaplandığı zaman; günlük %6-%7’ lik bir üretim kaybı olan ortalama 1440 adet lastik için yaklaşık 72000\$ dolar bir kayıp durumu oluşmaktadır.

Çizelge 6-1. Günlük Kazanılacak Lastik Adedi Örneği

| | |
|--|------------|
| Makine (adet) | 1 |
| Vardiyada gözle kontrol adedi (kez) | 8 |
| 1 kontrolün süresi(dk) | 6 |
| 1 vardiya makine başı üretimdeki toplam kayıp (sn) | 2880 |
| 1 vardiyada 2 makinede toplam kayıp (sn) | 5760 |
| 1 günde (3 vardiya) toplam kayıp (sn) | 17280 |
| 1 GÜNDE YAKLAŞIK KAYIP LASTİK ADEDİ | 288 |

Çizelge 6.2' de hesaplanan ve gözden kaçıp son kontrolde yakalanan lastik miktarları günlük ortalama 3060 lastik yapmaktadır. Bu da 25\$ gibi bir maliyetten hesaplandığı zaman günlük yaklaşık 76500\$ dolarlık bir kayıp durumu oluşmaktadır. Yapılan hesaplamalarda 1 lastik üretim süresi 60 sn olarak alınmıştır.

Çizelge 6-2. Günlük Kazanılacak Lastik Adedi Örneği-2

| | |
|--|-------------|
| Makine (adet) | 1 |
| Vardiyada makinenin hata ile bozulma adedi (kez) | 6 |
| 1 makinenin düzeltilmesi süresi(dk) | 45 |
| 1 Vardiya Makine Başı Üretimdeki Toplam Kayıp (sn) | 16200 |
| 1 vardiyada 2 Makine de Toplam Kayıp (sn) | 32400 |
| 1 Günde (3 vardiya) Toplam Kayıp (sn) | 97200 |
| 1 GÜNDE YAKLAŞIK KAZANILABİLECEK LASTİK ADEDİ | 1620 |



Şekil 6.6. Kaplanmış normal(solda) ve kaplanmamış (sağda) malzeme örneği

Normal şartlarda 2 makineye 1 operatörün ilgilenmesi kolay gibi gözükse de gelen bu hatalı malzemeler yüzünden operatörün yaptığı sürekli gözle manuel kontrol işlemi iki makinenin aynı anda kontrolünü zorlaştırmaktadır.

6.7. ÇÖZÜM YÖNTEMİ

Yapılan hesaplamalar göz önünde bulundurulduğu zaman ortalama kayıpları minimize edebilmek amacıyla görüntü işleme metodundan yararlanılmıştır. Çizelge 6.1’de gösterilen kayıp, uygulanan uygulamadan sonra 6dk’dan 1dk’ya düşürülmesi hedeflenmektedir. Çizelge 6.2’de gösterilen kayıp zamanı makinenin görüntü işleme ile algılaması sağlanarak ortadan kaldırılması hedeflenmektedir. Aynı zaman da uygulamanın hedefleri arasında gözden kaçan hatalar yüzünden ortalama %6- %7 arasında olan günlük lastik kaybını %1’ e düşürülmesi hedeflenmektedir.

Bu projeyi gerçekleştirebilmek için program olarak Python içerikli olan PyCharm uygulaması kullanılmıştır. Uygulama içerisinde OpenCv kütüphanesinden yararlanılmıştır. Kütüphane içine yerleştirilmek üzere Şekil 6.6’de gösterildiği gibi parçaların çeşitli resimleri çekilerek sisteme yüklenmiştir. Yüklenen bu resimler ile programa hatalı parçalar öğretilmeye çalışılmıştır. Öncelikle belirli renkteki bir cismi ayırt edebilmek için renk ayırımı yapılması gerekmektedir. Renk ayırımı yapılabilmesi için renk uzayları olan RGB veya HSV uzaylarından birisi kullanılır.

RGB ve HSV renk uzaylarının farkına bakıldığı zaman; RGB renk uzayı, kırmızı, yeşil ve mavi gibi üç temel rengin farklı tonlarının karışımıyla renkleri tanımlar. Öte yandan, HSV renk uzayı, renk, doygunluk ve parlaklık terimlerini kullanarak renkleri tanımlar. RGB’de renklerin karışımı esas alınırken, HSV’de renk, doygunluk ve parlaklık değerleri ön plandadır. Doymunluk, rengin canlılığını belirlerken, parlaklık ise rengin aydınlığını ifade eder. HSV uzayında, siyah renk için renk ve doymunluk değerleri 0 ile 255 arasında değişebilirken, parlaklık değeri sıfırdır. Beyaz renkte ise parlaklık değeri 255’tir [151].

Renklerin daha belirgin ayırt edilebilmesi için HSV renk uzayı kullanılması tercih edilmiştir. HSV renk uzayında renk kodlarını belirleyebilmek için PyCharm’a Şekil 6.8’de görüldüğü gibi aşağıdaki kod yazılmıştır:

```

# import opencv and numpy
import cv2
import numpy as np

# trackbar callback function to update HSV value
def callback(x):
    global H_low, H_high, S_low, S_high, V_low, V_high
    # assign trackbar position value to H,S,V High and low variable
    H_low = cv2.getTrackbarPos('low H', 'controls')
    H_high = cv2.getTrackbarPos('high H', 'controls')
    S_low = cv2.getTrackbarPos('low S', 'controls')
    S_high = cv2.getTrackbarPos('high S', 'controls')
    V_low = cv2.getTrackbarPos('low V', 'controls')
    V_high = cv2.getTrackbarPos('high V', 'controls')

# create a separate window named 'controls' for trackbar
cv2.namedWindow('controls', 2)
cv2.resizeWindow("controls", 550, 10);

# global variable
H_low = 0
H_high = 179
S_low = 0
S_high = 255
V_low = 0
V_high = 255
# create trackbars for high,low H,S,V
cv2.createTrackbar('low H', 'controls', 0, 179, callback)
cv2.createTrackbar('high H', 'controls', 179, 179, callback)

cv2.createTrackbar('low S', 'controls', 0, 255, callback)
cv2.createTrackbar('high S', 'controls', 255, 255, callback)

```

```

cv2.createTrackbar('low V', 'controls', 0, 255, callback)
cv2.createTrackbar('high V', 'controls', 255, 255, callback)

while (1):
    # read source image
    img = cv2.imread("Resim4.png")
    # convert source image to HSC color mode
    hsv = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2HSV)

    #
    hsv_low = np.array([H_low, S_low, V_low], np.uint8)
    hsv_high = np.array([H_high, S_high, V_high], np.uint8)

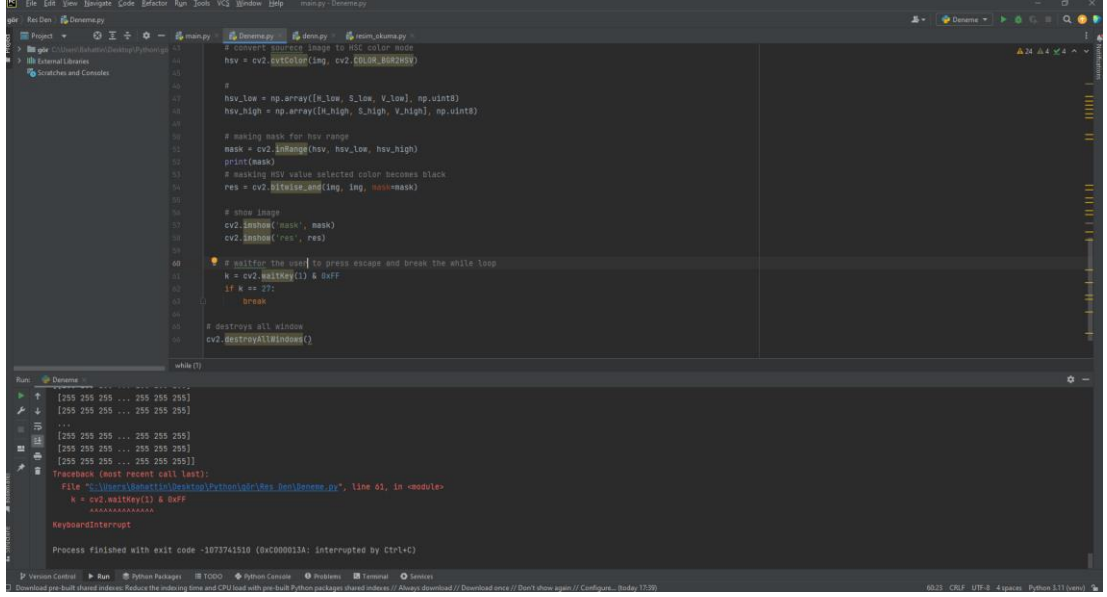
    # making mask for hsv range
    mask = cv2.inRange(hsv, hsv_low, hsv_high)
    print(mask)
    # masking HSV value selected color becomes black
    res = cv2.bitwise_and(img, img, mask=mask)

    # show image
    cv2.imshow('mask', mask)
    cv2.imshow('res', res)

    # waitfor the user to press escape and break the while loop
    k = cv2.waitKey(1) & 0xFF
    if k == 27:
        break

# destroys all window
cv2.destroyAllWindows()

```

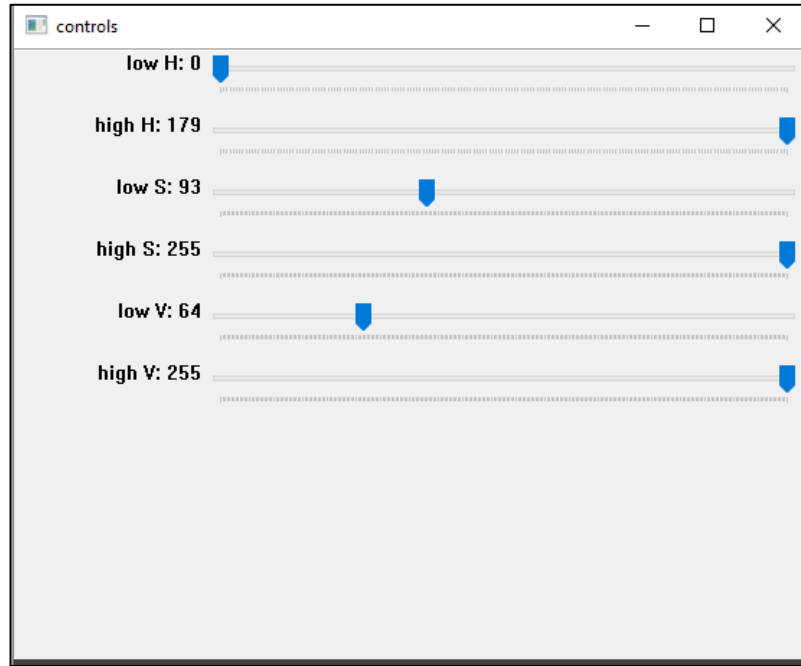


```
1 # convert source image to HSV color space
2 hsv = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2HSV)
3
4 #
5
6 hsv_low = np.array([h_low, s_low, v_low], np.uint8)
7 hsv_high = np.array([h_high, s_high, v_high], np.uint8)
8
9 # making mask for hsv range
10 mask = cv2.inRange(hsv, hsv_low, hsv_high)
11 print(mask)
12 # making HSV value selected color becomes black
13 res = cv2.bitwise_and(img, img, mask=mask)
14
15 # show image
16 cv2.imshow('mask', mask)
17 cv2.imshow('res', res)
18
19 # waitfor the user to press escape and break the while loop
20 k = cv2.waitKey(1) & 0xFF
21 if k == 27:
22     break
23
24 # destroys all window
25 cv2.destroyAllWindows()
26
27 while (1):
```

Run: Dememe

```
255 255 255 ... 255 255 255
255 255 255 ... 255 255 255
255 255 255 ... 255 255 255
...
255 255 255 ... 255 255 255
255 255 255 ... 255 255 255
255 255 255 ... 255 255 255]]
Feedback (most recent call last):
File "C:\Users\Volkan\Desktop\Python\Dememe.py", line 41, in <module>
k = cv2.waitKey(1) & 0xFF
KeyboardInterrupt
Process finished with exit code -1073741510 (0xc000013a): Interrupted by Ctrl+C
```

Şekil 6.7. PyCharm ana ekran görünümü



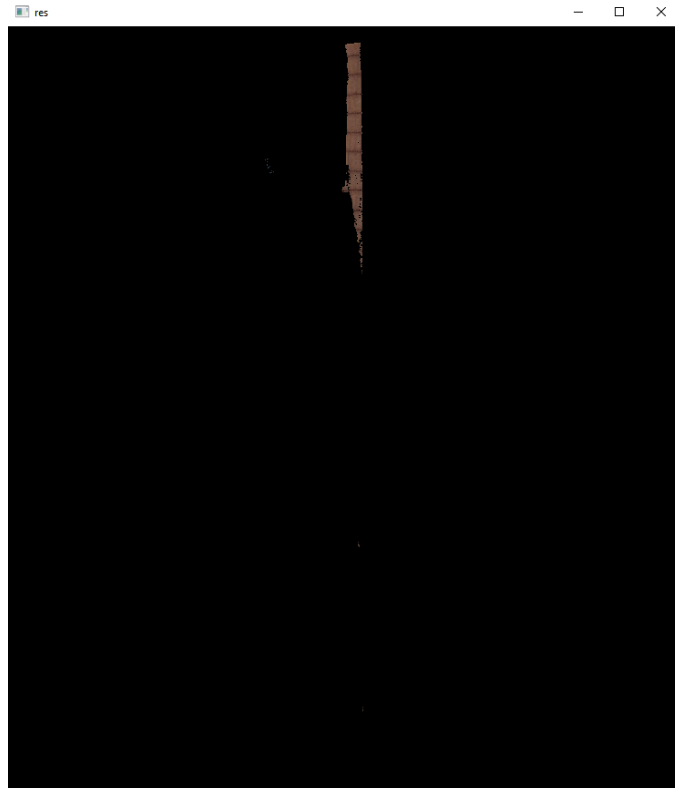
Şekil 6.8. HSV renk uzayında renk kodu ayarlama örneği

Bu renk kodları Şekil 6.9'da verildiği gibi ayarlandığı zaman gelen parça üzerindeki hatalı parçalar renkler yardımı ile ayırt edilebilmektedir.



Şekil 6.9. Kaplanmamış alan olan hatalı malzeme örneği

Şekil 6.10’da verilen kodlarla programda çalıştırdığımız zaman aşağıdaki Şekil 6.11 ve Şekil 6.12’de de gözüktüğü gibi programda sadece hatalı alanlar kalmıştır. Bu sayede makine bu hatalı parçaları tespit edebilip makineyi durdurabilecektir.



Şekil 6.10. Hatalı parça ile çıkan ilk görsel örneği



Şekil 6.11. Hatalı parça ile çıkan ikinci görsel örneği

BÖLÜM 7

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışma, Türkiye'nin önde gelen lastik fabrikalarından birindeki üretim süreçlerinin görüntü işleme teknolojisi ile iyileştirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Üretim süreçlerinin mixing, materyal, topping, building, curing ve inspection bölümlerinden oluştuğu gözlemlenmiştir. Özellikle materyal bölümündeki JLB makinesindeki üretim sürecinin görüntü işleme ile nasıl optimize edilebileceği incelenmiştir.

Görüntü işleme teknolojisi, materyal bölümündeki üretim sürecinde manuel kontrolün azaltılmasına ve hatalı parça tespitinin otomatik hale getirilmesine olanak sağlamıştır. RGB ve HSV renk uzayları arasında yapılan tercih, renklerin daha doğru ve etkili bir şekilde ayırt edilmesine katkıda bulunmuştur. Mevcut durumda 3 durum incelenmiştir. Bunlardan ilki operatörün vardiyada kaçınılmaz olarak yaptığı gözlemlerdir. Bu gözlemler sonucu yakaladığı hatalar ile yaklaşık 288 adet lastiğin hatalı oluşmasına engel olmaktadır. İkinci olarak hatayı yakalayamadığı durumlarda, hatalı parçanın makineyi bozması sonucu günlük yaklaşık 1620 adet lastiğin hatalı oluşmasına sebep olmaktadır. Üçüncü durum ise yakalanamayan ve makinede hata vermeyen lastiklerin son kontrolde yakalanması ile günlük lastik miktarının yaklaşık %6- %7'si olan 1440 adet lastiğin hatalı oluşmasına sebep olmaktadır. Uygulanan bu teknolojik iyileştirmelerle, günlük ortalama 3060 adet hatalı lastik üretiminin önüne geçilmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışmanın sonuçları, görüntü işleme teknolojisinin üretim süreçlerinde nasıl etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Özellikle JLB makinesindeki üretim sürecinde, manuel kontrol ve hatalı parça tespiti gibi sorunlar, görüntü işleme ile önemli ölçüde azaltılmıştır. Ancak, bu teknolojik iyileştirmelerin tam anlamıyla etkili olabilmesi için operatörlerin eğitimine ve sürekli olarak güncellenen bir veri setine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bununla birlikte, görüntü işleme teknolojisinin getirdiği bu iyileştirmelerin, fabrika üretkenliğini ve verimliliğini artırarak maddi kayıpları minimize etme potansiyeli

bulunmaktadır. Ayrıca, bu teknolojik yeniliklerin diğer üretim süreçlerine de uygulanabilirliği ve bu süreçlerdeki potansiyel etkileri üzerine daha geniş çaplı araştırmalar yapılması önerilmektedir.

Görüntü işleme teknolojisinin lastik üretim süreçlerindeki uygulamaları, operatörlerin iş yükünü azaltmayı ve üretim verimliliğini artırmayı amaçlayan önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir. Bu teknolojinin farklı sektörlerde ve üretim süreçlerinde nasıl kullanılabileceğini incelemek, teknolojinin potansiyelini daha geniş bir perspektiften değerlendirmek için önemlidir.

Sonuç olarak, programdan elde edilen çıktılar, seçilen JLB prosesinde başarı elde edildiğini göstermektedir; ancak süreç tam anlamıyla tamamlanmamış olup, görüntü işleme ile makine öğrenmesini birleştirerek devam etmektedir. JLB makinesinde süreç tamamlandıktan sonra, fabrika genelinde yaygınlaştırma yapılması amacıyla öncelikle bir takvim ve program hazırlanacak, ardından genel yaygınlaştırma işlemi gerçekleştirilecektir.

Gelecekteki çalışmalarda, bu teknolojinin farklı sektörlerde ve üretim süreçlerinde nasıl kullanılabileceğini incelemek, teknolojinin potansiyelini daha geniş bir perspektiften değerlendirmek için önemlidir.

KAYNAKLAR

1. Montgomery, D. C., "Introduction To Statistical Quality Control.", (1985).
2. Juran, J. and Godfrey, A. B., "Juran's Quality Handbook", 5th. Ed., **McGraw-Hill Professional**, (1998).
3. Yavuz, S., "Kalite kontrolunde istatistiksel tekniklerin yeri ve önemi", **Verimlilik Dergisi**, (1): 23–43 (2010).
4. Taner, B. and Kaya, İ., "Toplam Kalite Yönetiminin Başarıyla Uygulanma Esasları - Bir Hizmet İşletmesi Örneği", **Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 14 (1): 353–362 (2005).
5. Acar, B., "Gıda Sanayi Kalite Yönetimi Çalışmalarında Altı Sigma Sisteminin Uygulanması", **Uludağ Üniversitesi**, (2010).
6. Perinçek, S. D., Duran, D., and Kırtay, E., "Quality Control And Total Quality Control Applications In The World (Part1)", **Textile And Apparel**, 18 (2): 83–88 (2008).
7. Ishikawa, K., "Quality Control in Japan", **Pergamon**, (1984).
8. Öztürk, A. Y., "Kalite Yönetimi", **Istanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası İşletmecilik Bölümü**, (1993).
9. Internet: Özer, U., "Toplam Kalite Yönetimi", <https://web.hitit.edu.tr/dosyalar/duyurular/ugurozer@hititedutr260920172F9Q1A2C.pdf> (2023).
10. Ertuğrul, İ., "Toplam Kalite Kontrol, Toplam Kalite Yönetimine İlişkin Bir İşletme Uygulaması", **Ekin Yayın**, 7–9 (2014).
11. Barutçugil, İ., "Üretim Sistemi ve Yönetim Teknikleri", **Uludağ Üniversitesi Yayınları**, İstanbul, (2002).
12. Newbold, P., "İşletme ve İktisat İçin İstatistik", **Literatür Yayınları**, İstanbul, (2002).
13. Duncan, A. J., "Quality Control and Industrial Statistics", 5th. Ed., **Irwin**, (1986).
14. P. Ryan, T., "Statistical Methods for Quality Improvement", **Wiley**, (2011).

15. Akin, B. and Öztürk, E., "İstatistik Proses Kontrol Tekniklerini Bilgisayar Ortamında Uygulanması", *Marmara Üniversitesi*, (2005).
16. Defeo, J., "Juran's Quality Handbook: The Complete Guide to Performance Excellence, Seventh Edition", 7th. Ed., *McGraw Hill*, (2016).
17. Internet: Şener, Y., "Veri Biliminde Normal Dağılımın Python Üzerinden Görselleştirilmesi ve Yorumlanması", <https://medium.com/datarunner/veri-biliminde-normal-dağılımın-python-üzerinden-görselleştirilmesi-ve-yorumlanması-histogram-8381d12b85b9> (2023).
18. Stevenson, W. J., "Production/Operations Management", 4th. Ed., *Richard D Irwin*, (1993).
19. Internet: Genc, R., "Pareto Analizi", <https://www.bilgiustam.com/pareto-analizi-abc-analizi-nedir-nasil-uygulanir/> (2023).
20. Değerli, Z., "İstatistiksel Süreç Kontrolü ve Kalite", *Akdeniz Üniversitesi*, (2006).
21. Bergman, B. and Klefsjo, B., "Quality from Customer Needs to Customer Satisfaction", 3th. Ed., *Studentlitteratur AB*, (2010).
22. Internet: Tek, T., "Serpilme Diyagramı – Operasyonel Mükemmellik", <https://yalin-dunya.com/2019/11/19/serpilme-diyagrami/> (2023).
23. Patır, S., "İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri Ve Kontrol Grafiklerinin Malatyadaki Bir Tekstik (İplik Dokuma) İşletmesinde Bobin Sarım Kontrolüne Uygulanması", *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 9 (18): 231–250 (2009).
24. Madu, C. N., Kuei, C. -h, and Lin, C., "A Comparative Analysis of Quality Practice in Manufacturing Firms in the U.S. and Taiwan", *Decision Sciences*, 26 (5): 621–635 (1995).
25. Barutçugil, İ. S., "Uretim Sistemi ve Yönetim Teknikleri", *Uludağ Üniversitesi Yayınları*, Bursa, 4 (1988).
26. Badiru, A. B., "A systems model for global engineering education: The 15 Grand Challenges", *Engineering Education Letters*, 2015 (1): (2014).
27. Halis, M., "Toplam Kalite Yönetimi ISO 9000 Kalite Yönetim Sistemleri", 4th. Ed., *Seçkin Yayıncılık*, 227 (2020).
28. Çetin, C., Akın, B., and Erol, V., "Toplam Kalite Yönetimi ve Kalite Güvence Sistemi", *BETA*, İstanbul, (2001).
29. Early, R., "Guide to Quality Management Systems for the Food Industry", *Springer*, 227 (2012).

30. Goetsch, D. L. and Davis, S. B., "Quality Management for Organizational Excellence: Introduction to Total Quality", 7. Ed., **Pearson Education Limited**, (2012).
31. Akdağ, M., "Toplam Kalite Yönetimi ve Örgüt İçindeki Yeri", **Journal Of Selcuk Communication**, 4 (1): 159–170 (2013).
32. Özçakar, N., "Bir kamu kuruluşundaki toplam kalite yönetimi uygulamalarının değerlendirilmesi", **İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi**, 39 (1): 106–124 (2009).
33. Bengisu, D. D. M., "Yüksek Eğitimde Toplam Kalite Yönetimi", **Journal Of Yaşar University**, 2 (7): 739–749 (2007).
34. Ağin, K., "Toplam Kalite Yönetimi Bağlamında Kaizen Felsefesinin Örgütlerin Maliyet, Verimlilik ve Kalite Düzeylerine Etkileri", **Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 24: 1191–1207 (2020).
35. Ören, K., "Toplam Kalite Yönetiminde İnsan Gücü Faktörü", **Nobel Yayın Dağıtım**, (2001).
36. Çakar, M., "Toplam Kalite Yönetimi ve Deming Örneği", **The Journal Of Kesit Academy**, (13): 389–408 (2018).
37. Beasley, W. G., "The Meiji Restoration", 1st. Ed., **Stanford University Press**, (1972).
38. Togo, K., "Japan's Foreign Policy, 1945-2003: The Quest for a Proactive Policy", 2nd ed. Ed., **Brill Academic Pub**, (2005).
39. Seval, H. F., "Japon Kalkınmasının Temel Taşı: Meiji Restorasyonu Ve Iwakura Heyeti", **İş Ve Hayat**, 3 (5): 101–118 (2017).
40. "The Birth of Jidoka", https://www.toyota-global.com/company/history_of_toyota/75years/text/taking_on_the_automotive_business/chapter1/section1/item4.html (2023).
41. Shimokawa, K. and Fujimoto, T., "The Birth of Lean", Annotated. Ed., **Lean Enterprise Institute, Incorporated**, (2019).
42. Liker, J., "The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer", 1st. Ed., **McGraw Hill**, (2004).
43. Womack, J. P., "Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation", 2nd. Ed., **Free Press**, (2003).
44. Ohno, T., "Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production", 1. Ed., **Productivity Press**, (1988).

45. Womack, J. P. and Jones, D. T., "Lean Thinking: Banish Waste And Create Wealth In Your Corporation", 1. Ed., **Simon & Schuster**, (2003).
46. Paladugu, B. S. K. and Grau, D., "Toyota Production System – Monitoring Construction Work Progress With Lean Principles", **Encyclopedia Of Renewable And Sustainable Materials: Volume 1-5**, 1–5: 560–565 (2020).
47. Balle, M. and Balle, F., "The Lean Manager: A Novel of Lean Transformation", 1st. Ed., **Lean Enterprises Inst Inc**, (2009).
48. Rother, M. and Shook, J., "Learning to See Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda", Lean Enterprise Institute Brookline, **Lean Enterprise Institute**, 102 (2003).
49. Berk, E. and Toy, A. Ö., "Quality control chart design under jidoka", **Naval Research Logistics**, 56 (5): 465–477 (2009).
50. Kniberg, H. and Skarin, M., "Kanban and Scrum - Making the Most of Both (Enterprise Software Development)", **Lulu Press, Inc.**, (2009).
51. Shingo, S. and Dillon, A. P., "A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint", 1st. Ed., **Productivity Press**, (1989).
52. Pyzdek, T. and Keller, P., "The Six Sigma Handbook", 6th. Ed., **McGraw Hill**, (2023).
53. Brook, Q., "Lean Six Sigma and Minitab: The Complete Toolbox Guide for All Lean Six Sigma Practitioners", **OPEX Resources Ltd**, (2010).
54. George, M. L., Maxey, J., Rowlands, D., and Price, M., "The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to 100 Tools for Improving Quality and Speed", 1st. Ed., **McGraw-Hill**, (2004).
55. Arthur, J., "Lean Six Sigma Demystified: A Self-Teaching Guide", 1st. Ed., **McGraw-Hill**, (2006).
56. Gonzalez, R. and Woods, R., "Digital Image Processing", 4. Ed., **Pearson**, (2017).
57. H. Chang; F. Luborsky; D. Thompson, "Editorial", **IEEE Transactions On Magnetics**, 8 (1): 1 (1972).
58. Szeliski, R., "Computer Vision: Algorithms and Applications", 2. Ed., **Springer**, (2022).
59. K Pratt, W., "Digital Image Processing", 4. Ed., **John Wiley & Sons**, (2001).
60. Acharya, T. and Ray, A. K., "Image Processing: Principles and Applications",

Wiley–Blackwell, (2005).

61. Petrou, M. M. P. and Petrou, C., "Image Processing: The Fundamentals", 2. Ed., *Wiley*, (2010).
62. Burger, W. and J. Burge, M., "Digital Image Processing: An Algorithmic Introduction", 3. Ed., *Springer*, (2022).
63. C. Russ, J., "Introduction to Image Processing and Analysis", 1. Ed., *CRC Press*, (2007).
64. Ambardar, A., "Analog and Digital Signal Processing", 2. Ed., *CL Engineering*, (1999).
65. Mead, C. A., "Analog VLSI for auditory and vision signal processing", *Technical Digest - International Electron Devices Meeting*, 11–12 (1988).
66. Pallás–Areny, R., "Analog Signal Processing", *John Wiley & Sons Inc*, (1999).
67. Cox, I. C. H., "Analog Optical Links: Theory and Practice", Reissue. Ed., *Cambridge University Press*, (2008).
68. Gonzalez, R. C. and Woods, R. E., "Sayısal Görüntü İşleme", *Palme*, (2014).
69. Gonzales, R. C., Woods, R. E., and Eddins, S. L., "Digital Image Processing Using Matlab", 2. Ed., *Tata Mcgraw Hill*, (2010).
70. Üni, E., "Dijital Görüntü İşlemede Temel Kavramlar", *Erciyes Üniversitesi*, (2023).
71. Mutlu, G., "Görüntü İşleme Tabanlı Konum Denetimi", *Gazi Üniversitesi*, (2011).
72. Hlavac, V., Boyle, R., and Sonka, M., "Image Processing, Analysis, and Machine Vision", 4. Ed., *Chapman & Hall*, (1993).
73. Demant, C., Streicher-Abel, B., and Waszkewitz, P., "Industrial Image Processing: Visual Quality Control in Manufacturing", 1. Ed., *Springer*, (1999).
74. Gad, A. F., "Practical Computer Vision Applications Using Deep Learning with CNNs: With Detailed Examples in Python Using TensorFlow and Kivy", 1484241665. Ed., *Apress*, (2018).
75. Goodfellow, I., Bengio, Y., and Courville, A., "Deep Learning", *The MIT Press*, (2017).
76. Lecun, Y., Bengio, Y., and Hinton, G., "Deep learning", *Nature*, 521 (7553):

- 436–444 (2015).
77. Krizhevsky, A., Sutskever, I., and Hinton, G. E., "ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks", *Association For Computing Machinery*, 60: 93 (2017).
 78. Venkatesan, R. and Li, B., "Convolutional Neural Networks in Visual Computing: A Concise Guide", 1. Ed., *Productivity Press*, (2017).
 79. Vasilev, I., Slater, D., and Spacagna, G., "Python Deep Learning", 2. Ed., *Packt Publishing*, (2019).
 80. Smith, N. B. and Webb, A., "Introduction to Medical Imaging: Physics, Engineering and Clinical Applications", *Cambridge University Press*, (2010).
 81. Bankman, I., "Handbook of Medical Image Processing and Analysis", 2. Ed., *Academic Press*, (2008).
 82. Yves, G., "Medical Image Processing: From Pixel to Structure", *PIP*, (1997).
 83. Geiger, A., Lenz, P., and Urtasun, R., "Are we ready for Autonomous Driving? The KITTI Vision Benchmark Suite", (2012).
 84. Kisacanin, B., "Deep Learning for Autonomous Vehicles", *Institute Of Electrical And Electronics Engineers (IEEE)*, 142–142 (2017).
 85. Siciliano, B., "Springer Handbook of Robotics", 2nd. Ed., *Springer*, (2016).
 86. Ing Tay, S., Te Chuan, L., Nor Aziati, A. H., Nur Aizat Ahmad, A., Tay, S., Lee, T., Hamid, N. A., and Ahmad, A., "An Overview of Industry 4.0: Definition, Components, and Government Initiatives Microencapsulation of self-healing agent for corrosion applications View project Biomedical Technology and IR 4.0: Management, Applications & Challenges View project An Overview of Industry 4.0: Definition, Components, and Government Initiatives", *Article In Journal Of Advanced Research In Dynamical And Control Systems*, 12: (2018).
 87. Steger, C., Ulrich, M., and Wiedemann, C., "Machine Vision Algorithms and Applications", 2nd. Ed., *Wiley-VCH Verlag GmbH*, (2018).
 88. Davies, E. R., "Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities", *Academic Press*, (2014).
 89. Hornberg, A., "Handbook of Machine Vision", *Wiley-VCH Verlag GmbH*, (2006).
 90. Batchelor, B. G., "Machine Vision Handbook", *February*, (2012).
 91. Raut, R., Krit, S., and Chatterjee, P., "Machine Vision for Industry 4.0",

- Machine Vision For Industry 4.0*, (2022).
92. Prince, S. J. D., "Computer Vision", **Cambridge University Press**, (2012).
 93. Howse, J. and Minichino, J., "Learning OpenCV 4 Computer Vision with Python 3", **Packt Publishing**, (2020).
 94. Davies, E. R., "Computer Vision: Principles, Algorithms, Applications, Learning", 5. Ed., **Academic Press**, (2017).
 95. Bishop, C. M., "Pattern Recognition and Machine Learning", Newer. Ed., **Springer-Verlag New York Inc.**, (2007).
 96. Spizhevoy, A. and Rybnikov, A., "OpenCV 3 Computer Vision with Python Cookbook", **Packt Publishing**, (2018).
 97. Hsu, H.-H., Chang, C.-Y., and Hsu, C.-H., "Big Data Analytics for Sensor-Network Collected Intelligence", 1st. Ed., **Academic Press**, (2017).
 98. Liu, J. W. S., "Real-Time Systems", 1st. Ed., **Prentice Hall**, (2000).
 99. Shanmugamani, R., "Deep Learning for Computer Vision", English. Ed., **Packt Publishing**, (2018).
 100. Laganiere, R., "OpenCV 3 Computer Vision Application Programming Cookbook", 3nd. Ed., **Packt Publishing**, (2017).
 101. Chan, T. and Shen, J., "Image Processing and Analysis", First. Ed., **Society For Industrial And Applied Mathematics**, (2005).
 102. Demaagd, K., Oliver, A., and Oostendorp, N., "Practical Computer Vision with SimpleCV", 1nd. Ed., **O'Reilly Media**, (2012).
 103. Richards, J. A. and Jia, X., "Remote Sensing Digital Image Analysis", 3rd. Ed., **Springer**, (1999).
 104. Chang, C., "Hyperspectral Data Processing", **Wiley-Blackwell**, (2013).
 105. Murphy, K. P., "Machine Learning: A Probabilistic Perspective", **MIT Press**, (2012).
 106. Chityala, R. and Pudipeddi, S., "Image Processing and Acquisition Using Python", 2nd. Ed., **CRC Press**, (2022).
 107. Ponce, F., "Computer Vision: A Modern Approach", 2nd. Ed., **Pearson India**, (2011).
 108. Snyder, W. E., "Machine Vision", **Cambridge University Press**, (2006).

109. Dhawan, A. P., "Medical Image Analysis", 2nd. Ed., *Wiley-Blackwell*, (2011).
110. Lane, H., Howard, C., and Hapke, H., "Natural Language Processing in Action", First. Ed., *Manning*, (2019).
111. Schmalstieg, D. and Hollerer, T., "Augmented Reality: Principles and Practice", 1st. Ed., *Addison-Wesley Professional*, (2016).
112. Şeker, A., Diri, B., and Hüseyin Balık C, H., "Derin Öğrenme Yöntemleri Ve Uygulamaları Hakkında Bir İnceleme", *Gazi Journal Of Engineering Sciences*, 3 (3): 47–64 (2017).
113. Karataş, İ. and Soyaslan D, D., "Tekstil Endüstrisinde Yapay Görme ile Hata Tespit Uygulamaları", *The Journal Of Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of Mehmet Akif Ersoy University*, 7 (Özel (Special) 1): 51–57 (2016).
114. Kısaoglu, Ö., "Kumaş Kalite Kontrol Sistemleri", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12 (2): 233–241 (2006).
115. Erginel, N., "Tasarım hata türü ve etkileri analizinin etkinliği için bir model ve uygulaması", *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, (3): 17–26 (2004).
116. Samtaş, G. and Gülesin, M., "Sayısal Görüntü İşleme ve Farklı Alanlardaki Uygulamaları", *Ejovoc (Electronic Journal Of Vocational Colleges)*, 2 (1): 85–97 (2012).
117. Kuncan, M., Metin Ertunç, H., Küçükyıldız, G., Hızarcı, B., Ocak, H., and Öztürk, S., "Görüntü İşleme Tabanlı Zeytin Ayıklama Makinesi", *Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı*, (2013).
118. Şin, B., Kadioğlu, İ., Gaziosmanpaşa, T., Ziraat, Ü., Bitki, F., and Bölümü, K., "İnsansız Hava Aracı (İHA) ve Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Yabancı Ot Tespitinin Yapılması", *Turkish Journal Of Weed Science*, 20 (2): (2019).
119. Soyhan, İ., Gürel, S., and Alper Tekin, S., "Yapay Zeka Tabanlı Görüntü İşleme Tekniklerinin İnsansız Hava Araçları Üzerinde Uygulamaları", *European Journal Of Science And Technology Special Issue*, 24: 469–473 (2021).
120. Solak, S. and Altınışik, U., "Görüntü işleme teknikleri ve kümeleme yöntemleri kullanılarak fındık meyvesinin tespit ve sınıflandırılması", *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (2017).
121. Gül Eker, A., Duru, N., Üniversitesi, K., Fakültesi, M., Mühendisliği Bölümü, B., ve Uzay Bilimleri Fakültesi, H., Elektrik Elektronik Bölümü, H., and Gül EKER Kocaeli Üniversitesi, A., "Medikal Görüntü İşlemede Derin Öğrenme Uygulamaları Deep Learning Applications in Medical Image Processing", *Acta*

- Infologica*, 5 (2): 459–474 (2021).
122. Akıncı, F. C. and Karakaya, M., "Şehirlerin Dijital Dönüşümü: Görüntü İşleme Yöntemlerinin Boş Park Yerlerinin Tespitinde Kullanılması", *Tbd*, 34: 20–21 (2018).
 123. Aksoy, B., Korucu, K., Çalışkan, Ö., Osmanbey, Ş., and Diyar, H., "İnsansız Hava Aracı ile Görüntü İşleme ve Yapay Zekâ Teknikleri Kullanılarak Yangın Tespiti: Örnek Bir Uygulama", *Duzce University Journal Of Science And Technology*, 9 (6): 112–122 (2021).
 124. Sarıyıldız, S. Ö. and Demirhan, A., "Görüntü İşleme Teknikleri Ve Robot Kol İle Nesnelere Kategorilerine Ayırma", *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 26 (2): 547–556 (2021).
 125. Çelik, A. and Tekin, E., "Hough Transform Görüntü İşleme Yöntemiyle Ekim Makineleri için Tohum Sayma Uygulaması", *European Journal Of Science And Technology*, 260–267 (2020).
 126. Biswas, D., Nag, A., Ghosh, S., Pal, A., Biswas, S., Banerjee, S., and Pal, A., "Novel Gray Scale Conversion Techniques Based on Pixel Depth", *Journal Of Global Research In Computer Sciences*, (2011).
 127. Çankaya, G., Hakan, M., and Ceylan, M., "Görüntü İşleme Ve Yapay Sinir Ağları Yöntemleri İle Betonun Basınç Dayanımının Belirlenmesi", *Selçuk University Journal Of Engineering, Science And Technology*, 1 (1): 1–12 (2013).
 128. Kaymak, A. M., Örnek, M. N., and Kahramanlı, H., "Görüntü İşleme Teknolojilerinin Elma Bahçelerine Yönelik Kullanım Örneği", *Uluborlu Mesleki Bilimler Dergisi*, 2 (1): 17–26 (2019).
 129. Eldem, A., Eldem, H., Palali, A., and Mehmetbey, K., "Görüntü İşleme Teknikleriyle Yüz Algılama Sistemi Geliştirme", *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6 (2): 44–48 (2017).
 130. Ekmen, M. İ. and Aydoğdu, Ö., "İnsansız Hava Araçları İçin Görüntü İşleme Tabanlı Otonom İniş", *European Journal Of Science And Technology*, 297–303 (2020).
 131. Yeşil, O., Irmak, E., and Halil İbrahim BÜLBÜL, "Kritik Altyapı Operatörleri İçin Görüntü İşleme Tabanlı Bir Yorgunluk tespit ve Uyarı Sistemi", *Uluslararası Bilgi Güvenliği Mühendisliği Dergisi*, 6 (1): 35–44 (2020).
 132. Başaran, G. and Çağil, G., "Koruyucu Gözlük Kullanımının Görüntü İşleme Yöntemiyle Tespit Edilmesi", *El-Cezeri*, 9 (1): 86–95 (2022).
 133. Sabancı, K. and Aydın, C., "Görüntü İşleme Tabanlı Hassas İlaçlama Robotu", *Journal Of Agricultural Sciences*, 20 (4): 406–414 (2014).

134. Aktaş, A., Doğan, B., and Demir, Ö., "Derin öğrenme yöntemleri ile dokunsal parke yüzeyi tespiti", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35 (3): 1685–1700 (2020).
135. Dersuneli, M., Gündüz, T., and Kutlu, Y., "Bul-Tak Oyuncağı Şekillerinin Klasik Görüntü İşleme ve Derin Öğrenme Yöntemleri ile Tespiti", *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10 (4): 1290–1303 (2021).
136. Yang, X., Ren, T., and Tan, L., "Size distribution measurement of coal fragments using digital imaging processing", *Measurement*, 160: 107867 (2020).
137. Wang, Y., Liu, H., Wang, D., and Liu, D., "Image processing in fault identification for power equipment based on improved super green algorithm", *Computers & Electrical Engineering*, 87: 106753 (2020).
138. Zhu, Y., Wang, L., Behnamian, Y., Song, S., Wang, R., Gao, Z., Hu, W., and Xia, D. H., "Metal pitting corrosion characterized by scanning acoustic microscopy and binary image processing", *Corrosion Science*, 170: 108685 (2020).
139. Gupta, N., Kini, P., Gupta, S., Darbari, H., Joshi, N., and Khosravy, M., "Six Sigma based modeling of the hydraulic oil heating under low load operation", *Engineering Science And Technology, An International Journal*, 24 (1): 11–21 (2021).
140. Imai, Y., Yoshida, K., Matsumoto, M., Okada, M., Kanie, K., Shimizu, K., Honda, H., and Kato, R., "In-process evaluation of culture errors using morphology-based image analysis", *Regenerative Therapy*, 9: 15–23 (2018).
141. Kim, M. H., Choi, E. G., Baek, G. Y., Kim, C. H., Jink, B. O., Moon, B. E., Kim, D. E., and Kim, H. T., "Lettuce growth prediction in plant factory using image processing technology", *IFAC Proceedings Volumes*, 46 (4): 156–159 (2013).
142. Jiang, J. song, Kim, H. J., and Cho, W. J., "On-the-go Image Processing System for Spatial Mapping of Lettuce Fresh Weight in Plant Factory", *IFAC-PapersOnLine*, 51 (17): 130–134 (2018).
143. Wu, Z. wei, Liu, M. hao, Sun, C. xiu, and Wang, X. fa, "A dataset of tomato fruits images for object detection in the complex lighting environment of plant factories", *Data In Brief*, 48: 109291 (2023).
144. Popper, J., Harms, C., and Ruskowski, M., "Enabling reliable visual quality control in smart factories through TSN", *Procedia CIRP*, 88: 549–553 (2020).
145. Louw, L. and Droomer, M., "Development of a low cost machine vision based quality control system for a learning factory", *Procedia Manufacturing*, 31:

264–269 (2019).

146. Soori, M., Arezoo, B., and Dastres, R., "Internet of things for smart factories in industry 4.0, a review", *Internet Of Things And Cyber-Physical Systems*, 3: 192–204 (2023).
147. Balakreshnan, B., Richards, G., Nanda, G., Mao, H., Athinarayanan, R., and Zaccaria, J., "PPE Compliance Detection using Artificial Intelligence in Learning Factories", *Procedia Manufacturing*, 45: 277–282 (2020).
148. "Empire Technoengineers Private Limited, Sonipat - Manufacturer of Other Machinery and Slitter Machines", <https://m.indiamart.com/empiretechnoengineers/> (2024).
149. "Polyester Lastik Kablosu Kumaş İplik -Çin Kauçuk Kaplamalı Kumaş Ve Lastik İpliği Fiyat", https://tr.made-in-china.com/co_szkingdom/product_2000d-2-Polyester-Tire-Cord-Fabric-Yarn_uossigiwig.html (2024).
150. "Mohindra Automatic Slitting Machine at Rs 440000 in Delhi | ID: 6339840855", <https://m.indiamart.com/proddetail/slitting-machine-6339840855.html> (2024).
151. "İbrahim Delibaşoğlu: HSV Renk Uzayı, Renk Filtreleme", <https://ibrahimdelibasoglu.blogspot.com/2016/11/hsv-renk-uzay.html> (2024).

ÖZGEÇMİŞ

Akın Bahattin ŞEN, ilk ve orta öğrenimini Çorum'da tamamladı. 2013 yılında Fatsa Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. Aynı yıl başladığı Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünü 2017 yılında bitirdi. Mezun olduktan sonra Önder Plastik A.Ş. firmasında Üretim Planlama ve Kontrol Mühendisi olarak yaklaşık 1 yıl çalıştı. Askerlik görevi ile işinden ayrıldı. Askerlik dönüşü sonrası Sumitomo Rubber AKO A.Ş. firmasında Üretim Planlama ve Kontrol mühendisi olarak 5 yıldır çalışmaktadır. Aynı zamanda Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği anabilim dalında yüksek lisansa başladı ve 2024 yılında yüksek lisans eğitimini tamamladı.