



T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN NİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİYLE BİR  
ENDÜSTRİYEL KALİTE KONTROL  
UYGULAMASI**

**Mehmet Furkan BOYACIGİL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Ekim - 2022  
KONYA  
Her Hakkı Saklıdır**

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezde ki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Mehmet Furkan BOYACIGİL

Tarih: 22/10/2022

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

## GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİYLE BİR ENDÜSTRİYEL KALİTE KONTROL UYGULAMASI

Mehmet Furkan BOYACIGİL

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Yusuf UZUN

2022, 69 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Onur İNAN  
Dr. Öğr. Üyesi Yusuf UZUN  
Dr. Öğr. Üyesi Halime ERGÜN

Günümüzde maliyeti düşürmek, hız ve verimliliği artırarak en iyi noktaya getirmek adına insan faktörünü ortadan kaldırmak amacıyla bilgisayar tabanlı üretim süreçleri sıkça kullanılmaktadır. Hızlı seri üretim bantlarını kullanan işletmelerin sayısının artmasıyla bu sistemlerde kullanılması gereken algoritma ve komponentlerin gereksinimleri de artmaktadır. Gerçek zamanlı ve kameralı kontrol sistemlerinin sayesinde, yapılmak istenilen kalite kontrol işlemleri daha doğru ve güvenilir bir biçimde gerçekleştirilebilmektedir. Gelişen teknolojilerle birlikte görüntü işleme algoritmalarının kullanılmasıyla birlikte birçok sorunun önüne geçilerek sistemler daha güvenilir bir hale getirilmektedir.

Bu tez çalışmasında işletmelerin kalite kontrol süreçlerinde kullanılmak üzere görüntü işleme tabanlı bir konveyör sistemi tasarlanmıştır. Konveyör bant üzerinden geçen ürünlerin gerçek zamanlı olarak görüntüleri alınarak çeşitli görüntü işleme algoritmaları kullanılarak ürünün hatalı veya hatasız olduğunun tespiti yapılmaktadır. Tespitler yapıldıktan sonra kullanılan servo motor sayesinde ürünün ayrıştırılması yapılmaktadır. Ayrıca uygulamada iki farklı çözünürlüğe sahip kamera kullanılarak kameraların başarı oranlarına etkisi araştırılmıştır. Bu uygulama ile işletmelerde üretilen ürünlerden hatalı olanları gerçek zamanlı bir kalite kontrol aşamasında tespit ederek, daha büyük hataların, gereksiz zaman kaybının ve maliyetlerin oluşmasının önüne geçilmiştir. Ayrıca oluşturulan uygulamada ufak algoritma değişiklikleri yapılarak birçok ürünün kalite kontrolü gerçekleştirilebilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Görüntü işleme, Kalite Kontrol, Otomatik Hata Tespiti, Raspberry Pi

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

#### **AN INDUSTRIAL QUALITY CONTROL APPLICATION WITH IMAGE PROCESSING TECHNIQUES**

**Mehmet Furkan BOYACIGİL**

#### **THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE OF PHILOSOPHY IN MECHATRONIC ENGINEERING**

**Advisor: Asst. Prof. Dr. Yusuf UZUN**

**2022, 69 Pages**

#### **Jury**

**Asst. Prof. Dr. Onur İNAN  
Asst. Prof. Dr. Yusuf UZUN  
Asst. Prof. Dr. Halime ERGÜN**

Nowadays, computer-based production processes are frequently used in order to reduce the cost, to increase speed and efficiency and to eliminate the human factor in order to bring it to the best point. With the increase in the number of enterprises using fast mass production lines, the requirements of the algorithms and components that should be used in these systems are also increasing. Thanks to the real-time and camera control systems, the desired quality control operations can be performed more accurately and reliably. With the use of image processing algorithms with developing technologies, many problems are prevented and systems are made more reliable.

In this thesis study, an image processing-based conveyor system is designed to be used in the quality control processes of enterprises. Real-time images of the products passing over the conveyor belt are taken and various image processing algorithms are used to determine whether the product is a faulty or faultless product. The product is separated by the servo motor used after the determinations are made. In addition, the effect of the cameras on the success rates was investigated by using two different resolution cameras in this application. With this application, the faulty products produced in the enterprises are detected in a real-time quality control stage, and larger errors, unnecessary waste of time and costs are prevented. In addition, by making minor algorithm changes in the created application, quality control of many products can be performed.

**Keywords:** Automatic Error Detection, Image Processing, Quality Control, Raspberry Pi

## ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Yusuf UZUN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatım boyunca beni her alanda maddi ve manevi olarak destekleyen canım aileme de sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mehmet Furkan BOYACIGİL  
KONYA-2022

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
TABLO DİZİNİ.....	xi
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>12</b>
<b>2. GÖRÜNTÜ İŞLEMEYLE YAPILAN ENDÜSTRİYEL UYGULAMALAR.....</b>	<b>14</b>
2.1. Endüstri Alanında Yapılan Çalışmalar .....	14
2.2. Gıda ve Tarım Alanında Yapılan Çalışmalar .....	15
2.3. Diğer Alanlarda Yapılan Çalışmalar.....	16
<b>3. MATERYAL VE METOT.....</b>	<b>18</b>
3.1. Görüntü İşleme Teknikleriyle Yapılan Uygulamada Kullanılan Materyaller .....	18
3.1.1. Raspberry Pi 4.....	18
3.1.2. Raspberry Pi Uyumlu Kamera Modülü .....	23
3.1.3. MZ80 Kızılötesi Sensör .....	24
3.1.4. 24V Redüktörlü Motor.....	25
3.1.5. L298N Motor Sürücü Kartı.....	26
3.1.6. SG90 RC Mini Servo Motor .....	27
3.1.7. LRS-100-24, 24VDC Güç Kaynağı.....	28
3.1.8. HDR-15-12,12VDC Güç Kaynağı.....	28
3.1.9. Kullanılan Basit Modüller .....	29
3.1.10. Konveyör Sistemi ve Kullanılan Materyaller .....	30
3.1.11. Raspberry Pi'ye Raspbian İşletim Sisteminin Kurulması.....	34
3.1.12. Raspberry Pi'ye Uzaktan Bağlanması .....	34
3.1.13. Thonny IDE Programı ve Yüklenen Kütüphaneler.....	35
3.2. Görüntü İşleme Teknikleriyle Yapılan Uygulamada Kullanılan Yöntem .....	36
3.2.1. Görüntü İşleme .....	37
3.2.2. Sayısal Görüntü.....	37
3.2.2.1. RGB Görüntü.....	39
3.2.2.2. Gri Formatta Görüntü .....	39
3.2.2.3. İkili Görüntü.....	40

3.2.3. Görüntü İşleme Teknikleri .....	41
3.2.3.1. Görüntü Filtreleme.....	42
3.2.3.2. Histogram Kavramı.....	44
3.2.3.4. Eşik Değer Belirleme (Eşikleme) .....	46
3.2.4. Matematiksel Morfolojik İşlemler .....	47
3.2.4.1. Aşınma (Erozyon).....	47
3.2.4.2. Genleşme (Dilasyon) .....	48
3.2.4.3. Açma .....	49
3.2.4.4. Kapama .....	49
3.2.5. Görüntü Bölütleme.....	50
3.2.6. Kenar Bulma Algoritmaları .....	50
3.2.7. Hough Dönüşümü .....	53
3.2.7.1. Dairesel Hough Dönüşümü.....	53
3.2.8. Ürüne Kalite Kontrol Yapılmasının Aşamaları .....	55
<b>4. SONUÇLAR .....</b>	<b>62</b>
<b>5. KAYNAKLAR .....</b>	<b>65</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

$N_f$  : Tesis Sayısı

### Kısaltmalar

Wi-Fi	: Kablosuz Bağlantı Alanı (Wireless Fidelity)
VNC	: Sanal Ağ Sistemi (Virtual Network Computing)
SD	: Güvenli Sayısal (Secure Digital)
RGB	: Kırmızı, Yeşil ve Mavi (Red, Green, Blue)
HDMI	: Yüksek Çözünürlüklü Çokluortam Arayüzü (High Definition Multimedia Interface).
VGA	: Video Grafik Katman (Video Graphics Array)
RPI	: Rarpberry Pi
DC	: Doğru Akım (Direct Current)
PWM	: Sinyal Genişlik Modülasyonu (Pulse Width Modulation)
USB	: Evrensel Seri Veriyolu (Universal Serial Bus)
IP	: İnternet Protokol (Internet Protocol)
CCD	: Yük Paylaşımli Aygıt (Charged Coupling Device)
CMOS	: Bütünleyici Metal Oksit Yarı İletken (Complimentary Metal Oxide Semiconductor)
HSV	: Renk, Doygunluk, Değer (Hue, Saturation, Value)
SVM	: Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine)
MP	: Megapiksel (Megapixel)
HOG	: Yönlü Gradyanlar Histogramı (Histogram of Oriented Gradients)

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Raspberry Pi 4 Model B .....	21
Şekil 3.2. Raspberry Pi 4 Model B Çeşitli Pin ve Konnektör Yapıları .....	21
Şekil 3.3. Raspbian İşletim Sistemine ait Ekran Görüntüsü.....	22
Şekil 3.4. Raspberry Pi’de kullanılabilen Programlama Dilleri .....	23
Şekil 3.5. Raspberry Pi Uyumlu Kamera Modülü ve Kızılötesi Kamera Modülü .....	25
Şekil 3.6. MZ80 Kızılötesi Sensör .....	26
Şekil 3.7. 24V Redüktörlü Motor .....	26
Şekil 3.8. L298N Motor Sürücü Kartı .....	27
Şekil 3.9. SG90 RC Mini Servo Motor .....	28
Şekil 3.10. LRS-100-24, 24VDC Güç Kaynağı .....	29
Şekil 3.11. HDR-15-12, 12VDC Güç Kaynağı .....	30
Şekil 3.12. Kullanılan Basit Modüller .....	30
Şekil 3.13. Konveyör SolidWorks Çizimleri-1 .....	31
Şekil 3.14. Konveyör SolidWorks Çizimleri-2 .....	31
Şekil 3.15. Ürün Giriş Bölümü.....	32
Şekil 3.16. Ürün Yönlendirme Bölümü.....	32
Şekil 3.17. Ürün Görüntü Alma ve Pano Bölümü.....	33
Şekil 3.18. Ürün Ayrıştırma Bölümü .....	33
Şekil 3.19. Ürün Depolama Bölümü .....	34
Şekil 3.20. Mikro SD Kart ve Diğer Donanımların Takılması.....	35
Şekil 3.21. VNC Programının Etkinleştirilmesi .....	36
Şekil 3.22. Thonny IDE Program Arayüzü .....	37
Şekil 3.23. Görüntünün algılanması ve sayısallaştırılması.....	39
Şekil 3.24. N x M büyüklüğüne sahip sayısal görüntünün temel yapısı .....	39
Şekil 3.25. 16 × 16 ‘lık ızgara üzerinde 256 farklı gri seviyesinin gösterimi .....	40
Şekil 3.26. RGB renk modeli gösterimi .....	41
Şekil 3.27. Örnek bir görüntünün farklı renk uzaylarında gösterimi.....	41
Şekil 3.28. Görüntü İşleme Adımları .....	42
Şekil 3.29. Ortalama Filtresi Uygulanması .....	44
Şekil 3.30. Orta Değer Filtresi Piksel Değişimi .....	44
Şekil 3.31. Orta Değer Filtresi Uygulanması .....	44
Şekil 3.32. Gauss Düzleştirme Filtresi Uygulanması .....	45
Şekil 3.33. Orijinal Görüntü ve Histogram Grafiği .....	46
Şekil 3.34. Histogram Eşitleme Uygulanmış Görüntü ve Histogram Grafiği.....	46
Şekil 3.35. Histogram Germe Uygulanmış Görüntü ve Histogram Grafiği .....	46
Şekil 3.36. Örnek Görüntünün Eşiklenmesi .....	48

Şekil 3.37. Aşınma İşlemi .....	49
Şekil 3.38. Genleşme İşlemi.....	49
Şekil 3.39. Açma İşlemi .....	50
Şekil 3.40. Kapama İşlemi.....	50
Şekil 3.41. Canny Kenar Bulma Algoritması Maske Matrisi.....	52
Şekil 3.42. Sobel Kenar Bulma Algoritması Maske Matrisi .....	52
Şekil 3.43. Prewitt Kenar Bulma Algoritması Maske Matrisi.....	52
Şekil 3.44. Robert Cross Kenar Bulma Algoritması Maske Matrisi .....	53
Şekil 3.45. Kenar Bulma Algoritması uygulanacak gri görüntü .....	53
Şekil 3.46. Örnek gri görüntüye 4 farklı kenar bulma algoritmasının uygulanması .....	53
Şekil 3.47. Hough dönüşümünde kullanılacak parametre uzayı .....	54
Şekil 3.48. 3 nokta ve sabit bir yarıçap yardımıyla yapılan Hough dönüşümü.....	55
Şekil 3.49. Hough Dönüşümü yapılan bir uygulama .....	55
Şekil 3.50. Oluşturulan Sistem .....	56
Şekil 3.51. Sistem Devre Şeması.....	56
Şekil 3.52. Sisteminin Yazılım Akış Şeması.....	57
Şekil 3.53. Sistem Altyapısı .....	58
Şekil 3.54. Kameradan alınan hatalı ürün ve hatasız ürün görüntüsü .....	58
Şekil 3.55. Bilateral filtre uygulanılan hatalı ürün ve hatasız ürün görüntüsü .....	59
Şekil 3.56. Medyan filtre uygulanılan hatalı ürün ve hatasız ürün görüntüsü.....	59
Şekil 3.57. Canny Kenar tespit algoritması uygulanılan hatalı ürün ve hatasız ürün görüntüsü .....	60
Şekil 3.58. Dilasyon işlemi uygulanılan hatalı ürün ve hatasız ürün görüntüsü .....	60
Şekil 3.59. Kontur bul komutu uygulanılan hatalı ürün ve hatasız ürün görüntüsü .....	61
Şekil 3.60. En uzak ve en yakın kontur bulma işleminin hatalı ürün ve hatasız ürün görüntüsü .....	61
Şekil 3.61. Piksel temizleme işleminin hatalı ürün ve hatasız ürün görüntüsü .....	61
Şekil 3.62. Dış sayısı sayma işleminin hatalı ürün ve hatasız ürün görüntüsü.....	62
Şekil 3.63. Hatalı ürünün ayrıştırılması.....	62
Şekil 3.64. Hatasız ürünün ayrıştırılması .....	62
Şekil 4.1. Hatalı Ürün Dışli Sayma İşlemi .....	63
Şekil 4.2. Doğru Ürün Dışli Sayma İşlemi.....	63
Şekil 4.3. Kamera Çözünürlük- Başarı Yüzde Oranı .....	64

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 3.1.</b> 4x4 Yapısal Örnek.....	48
<b>Çizelge 3.2.</b> Sistem Sözde Kodu.....	57

## TABLO DİZİNİ

<b>Tablo 1.</b> Hata Matrisi.....	64
<b>Tablo 2.</b> 5MP Kamera Deney Sonuçları.....	64
<b>Tablo 3.</b> 8MP Kamera Deney Sonuçları.....	64

## 1. GİRİŞ

Her geçen gün endüstriyelleyen dünyada teknolojinin hızla gelişmesi otomasyon sistemlerine gereksinimi arttırmıştır. Geliştirilen otomasyon sistemlerinde temel felsefe amaçlanan hususun en kısa sürede, minimum maliyette, en yüksek verimde ve insan faktörünü ortadan kaldırılmasıyla bilgisayar tabanlı üretim süreçlerini kullanarak gerçekleştirilmesini sağlamaktır. Makineleşme ve rekabetçi üretimde birçok işletmenin üretim süreçlerinde otomasyon sistemlerinin kullanılmasına ek olarak üretilen ürünlerin kalite kontrolünde de otomasyon sistemleri kullanılır hale gelmiştir.

Üretim hızlarının artmasıyla insan gücüne dayalı geleneksel olan hata tespit sistemlerinin istemleri karşılayamamasından dolayı kalite problemleri yaşanmaya başlamıştır. Bu kalite problemlerini gidermek adına kullanılacak çözüm yollarından biri bilgisayar tabanlı görüntü işleme uygulamalarıdır. Görüntü işleme kelime anlamı olarak kamera vasıtasıyla alınan görüntünün analog formdan sayısal forma dönüştürülmesi ve ardından dönüştürülen görüntüde belirlenen amaca uygun olarak çeşitli tekniklerin uygulanmasıyla yeni bir görüntünün elde edilmesi olarak açıklanabilir. Görüntü işleme metotlarıyla hata tespit işlemlerinin çok kısa sürelerde ve çok hızlı bir biçimde gerçekleştirilmesi sonucunda ürünlerin ayrıştırma ve sınıflandırılması çok daha kapsamlı yapılabilir hale gelmiştir. İş gücü kaybını ortadan kaldıran, hata yapma ihtimalini minimuma indiren ve verimliliği yüksek tutan bu sistemlerin kullanılmasıyla ürünlerin son kullanıcıya, hatasız ve yakın ürünler olarak teslim edilmesi amaçlanmaktadır. Devamlı olarak ilerleyen bilgisayarlı kontrol, otomatik makine sistemleri ve kameralar sayesinde bu işlemler, giderek otomatik bir hale gelmekte ve bilgisayarlı kontrol sistemleri ile hızlı, güvenli ve daha doğru bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Bu sistemlerin kurulum ve bakım maliyetlerinin düşük olması, uzaktan kontrol ve müdahale imkânı sağlaması en önemli avantajları olarak gösterilebilir. Günümüzde bilgisayarlı sistemlerin kullanımının en önemli nedenlerden biri, bu alanda yapılan teknolojik imkânların sürekli olarak yenilenmesi ve geliştirilmesidir. Ayrıca görüntü işleme tabanlı otomasyon sistemlerinin kullanılmasının işletmelere birçok pozitif etkisi bulunmaktadır. Bunlardan bazıları hurda maliyetinin düşürülmesi ve müşteri memnuniyetinin artırılmasıdır. Hurda maliyetinin düşürülmesi, kalitenin artırılmasıyla birlikte üretim maliyetinin azaltılması aracılığıyla pazar imkanlarının çeşitlendirilerek genişletilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca, ürünün

kalitesinin arttırılmasıyla ürünün bulunduğu pazarda marka değerinin arttırılmasını sağlanacaktır.

Bu çalışmada görüntü işleme teknikleri kullanılarak fabrikalardaki ürünlerin kalite kontrolü için kullanılabilen otomatik olarak çalışan bir konveyör sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem üzerinde ürünlerin olası hatalı üretimlerinin tespitini daha kısa sürede ve daha doğru olarak yapabilmektedir. İş gücü kaybını ortadan kaldırmak, hata yapma ihtimalini minimuma indirmek ve verimliliği arttırmak, bu sistemlerin kullanılmasıyla ürünlerin son kullanıcıya, hatasızca yakın ürünlerin teslim edilmesi amaçlanmıştır. Sistemde günümüzde birçok makine ve motorda kullanılan dişlilerin fiziksel kusurları konveyör bant üzerinden bulunan kamera sayesinde tespit edilmiş ve ürünlerin ayrıştırılması yapılmıştır. Sistem üzerinde sistemin beyni olarak Raspberry Pi 4, Raspberry Pi Uyumlu Kamera Modülü, Raspberry Pi Kızılötesi Kamera Modülü, MZ80 Kızılötesi Sensör, Redüktörlü Motor, L298N Motor Sürücü Kartı, 24V DC güç kaynağı, SG90 Servo Motor, 12V DC güç kaynağı, elektronik modüller ve konveyör bant sistemi kullanılmıştır. Ayrıca sistemde iki farklı çözünürlüğe sahip kamera kullanılarak kameraların başarımlarına etkisi araştırılmıştır.

## **2. GÖRÜNTÜ İŞLEMEYLE YAPILAN KALİTE KONTROL UYGULAMALARI**

Günümüzde görüntü işleme birçok endüstriyel alanda ve projede sıklıkla kullanılmaktadır. Olası iş gücü kaybını ortadan kaldıran, hata yapma ihtimalini minimuma indiren ve verimliliği yüksek tutan bu sistemlerin kullanılmasıyla ürünlerin son kullanıcıya hatasız yakın ürünler olarak teslim edilmesi amaçlanmaktadır. Literatürde farklı alanlar ve metotlarda yapılmış ürün hata tespiti ve sınıflandırmayı amaçlayan renk, desen ve boyutu kontrol eden görüntü işleme tabanlı birçok çalışma bulunmaktadır. Yapılan bu çalışmalar yapılan alanlara göre sınıflandırılmış ve aşağıdaki gibi Endüstri Alanında Yapılan Çalışmalar, Gıda ve Tarım Alanında Yapılan Çalışmalar ve Diğer Alanlarda Yapılan Çalışmalar şeklinde 3 farklı grupta toplanılmıştır.

### **2.1. Endüstri Alanında Yapılan Çalışmalar**

Bayram ve Yılmaz (2019) tarafından yapılan çalışmada dairesel Hough metoduyla metal sektöründe kullanılmaya yönelik sac üzerinde bulunan dairesel boşlukların tespit çalışması yapılmıştır. Çalışmada sac levhalar üzerinde bulunan hatalı daireler tespit edilerek daireyle ilgili bilgiler çıkarılmış ve referans görüntü ile karşılaştırılarak kamera çözünürlüğünün başarıma etkisi incelenmiştir.

Baygın ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada bilgisayarlı görme tabanlı kalite kontrol için yeni bir metot önerilmiştir. Bir konveyör bant üzerinden geçirilen ürünler Gaussian karışım modeli ile arka planı çıkarılarak hareket eden nesnelere tespit edilerek, belirlenen bölgeden nesnelere geçip geçmediği sistem tarafından kontrol edilerek saydırma işlemi yapılmıştır.

Shen ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada rulman kapaklarındaki deformasyonlar, paslanmalar, çizikler vb. çeşitli kusur türlerini inceleyen, kusuru tespit eden yapay görme sistemi ve kusurlu görünümü iyileştirme ve kontrollü görüntü elde etme ortamı için yeni bir görüntü elde etme sistemi tasarlanmıştır. Deneysel sonuçlarda, yüksek doğruluk ve verimliliğe sahip olduğu görülmüştür.

Peng ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada yapay görme temelli O-ring boyut ölçüm algoritması geliştirilmiştir. Görüntü ön işleminden sonra, gürültüye dayanıklı matematiksel morfoloji yöntemi kullanılarak kenar tespiti yapılmıştır. İç ve

dış çapı elde etmek için en küçük kareler yöntemi kullanılmıştır.

Huang ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada cep telefonu paneli yüzey kusurlarının tespiti için bir yöntem geliştirilmiştir. Önerilen yöntemde ardışık görüntü işleme süreci vardır. Orijinal görüntü kesme ve standardizasyon, görüntü bloklarının bölütlenmesi, özellik çıkarma ve kusurun tespit edilmesi olarak sıralanmıştır.

Turgut (2013) tarafından yapılan tez çalışmasında elektronik baskı devre kartlarında bulunan iletim yollarının kalite kontrolü ve kusur tespiti için görüntü işleme teknikleri kullanılmıştır. Tasarlanan çalışmanın ilk aşamasında bant üzerinde yürüyen baskı devre kartları referans bir şablon ile karşılaştırılmaktadır. Sonraki aşamada ürünlerin hangi kısımlarında kusur olduğunu göstermek için ürünler üzerinde hata analizi yapılmış ve hata analizi sonucundaki ürün bilgileri kaydedilmiştir.

Karaköse ve ark. (2016) tarafından yapılan başka bir çalışmada hareketli nesnelerin tespitinin yapılması ve hareketli ürünlerin sayısının sayılmasını hedefleyen bir yaklaşım önerilmiştir. Bu yaklaşımda morfolojik işlemlerle görüntüler üzerinden nesnelerin detayları alınmış, Gaussian karışım modeli metodu kullanılarak arka plan çıkartılmış ve nesneler tespit edilerek sayıları sayılmıştır. Birbiri arkasına binmiş ve bitişik parçaların ayrımı dışbükey örtü ile gerçekleştirilmiştir.

Wenju Zhou (2014) tarafından yapılan çalışmada şişe kapaklarının üzerinde bulunan şekilsel hataların çok hızlı şekilde tespit edilebilmesi için yöntemler önermişlerdir. Oluşturulan sistemde bant hızı dakikada 2600 kapak üretimi yapabilmekte ve sistem üzerinde ilk başta resim üzerindeki kapağın kontrol edilecek ilgili alanını çıkarmaktadır. Diğer aşamada ise eşleştirme yapabilmek için silindirik bir histogram alma tekniği kullanılmaktadır. Sistemde %96 doğruluk oranıyla ve yüksek hızda üretim hatlarında kullanılabilecek bir algoritma oluşturulmuştur. Önerilen yöntem parlaklık ve baskı kalitesine duyarlılığının yüksek olduğu belirtilmiş ve bu duyarlılığı azaltılması için çalışmalarına devam ettikleri belirtilmiştir.

Güntürkün ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada elektro-pnömatik olarak kontrol edilebilen renk seçici robot kolu tasarımı yapılmıştır. Konveyör Bant üzerinde hareket eden kırmızı ve yeşil renkli topların step motor kontrollü sonsuz mil ile taşındığı ve renklerine göre ayrı kutularda sınıflandırıldığı çalışmada, topun sahip olduğu renkleri renk sensörleri sayesinde ayırt etmeyi başarmışlardır.

## 2.2. Gıda ve Tarım Alanında Yapılan Çalışmalar

Berki ve ark. (2017) oluşturulan sistemde kiraz hasadı esnasında üreticilerin yaşadıkları sorunlara bir çözüm getirilmiştir. Çalışmada otonom bir makine tarafından, kirazın yerinin tespit edilmesi, ardından kirazın koordinatlarının belirlenmesiyle, kirazın koparılmasının ilk aşaması olan kirazın tespiti yapılmıştır. Görüntü işleme yöntemiyle tasarlanan yöntemde Raspberry Pi 3 kartı, C yazılım dili ve QT Creator derleyicisi ve OpenCV kütüphanesi kullanılmıştır. Yüksek ters ışık olmadığı durumlarda ağaçta bulunan kirazın tespitini %100 başarı ile sağlamışlardır.

Karhan ve ark. (2011) tarafından yapılan bir diğer çalışmada görüntü bölütleme algoritmaları ile kayıslarda yaprak delen (çil) hastalığı sonucu meyve üzerinde oluşan lekeler tespit edilmiş ve kayısındaki kaliteyi yorumlamaya yönelik görüntü işleme yöntemlerini kullanmışlardır. Lekelerin tespiti ve kayısı yüzeyinde lekelerin kapladığı alan sonucunda kalite sınıflandırmasını yapmışlardır.

Sofu ve ark. (2013) görüntü işleme metodlarını kullanarak elmalarda gerçek zamanlı renk, boyut ve leke ayrıştırmasını yapmışlardır. Gerçek zamanlı çalışan bant üzerinde ilerleyen elmaların görüntüleri alınmış ve Matlab programında görüntü işleme modülü kullanılarak bir yazılım ve kullanıcı arayüzü tasarlamışlardır. Bant üzerinden geçen ürünlerin sınıf, renk, boyut ve ağırlık tespiti %95,5 başarıyla sağlamışlardır.

Beyaz ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada İspanyol zeytin çeşitlerini tanımlamak amacıyla görüntü işleme metodlarını ve yapay sinir ağlarını(YSA) kullanmışlardır. 100 farklı zeytin çekirdeği örneğinin 300dpi boyutunda 4 farklı yöndeki kamera görüntüleri elde edilmiştir. Ardından görüntüler Imaje J ve Lab VIEW Vision Assistant programları kullanılarak işlenmiştir. Bu görüntülerin %90'ı yapay sinir ağlarının eğitiminde kullanılmak için, %10'u ise test için kullanılmış ve sonuç olarak %90 başarı elde edilmiştir.

Shrestha ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada buğday taneleri için oldukça zararlı olan filizlenme problemine sebep olan alfa-amilaz üzerinde çalışmışlardır. 555 buğday tanesinden yapılan bu çalışmada 2 kameralı makine görmesi kullanılmıştır. Elde edilen fotoğraflar Matlab programında suda yüzdürme yöntemi uygulanarak bölütlenmiş ve görüntü işleme yöntemleri uygulanmıştır.

Hamuda ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada tarladaki mahsülleri yabancı ot ve topraktan ayırt edecek mahsulün konumunu ve kütle değeri hesaplayacak bir yöntemde bulunmuşlardır. Çalışmalarını doğal ışık altında alınan görüntülerin HSV renk uzayı değerlerine filtre uygulayıp ardından morfolojik işlemlerle aşındırma ve genişletme yaparak yüksek başarı oranı elde etmişler.

Yıldız ve ark. (2021) bir çikolata üretim hattının çıkışında bulunan paketlenmiş çikolataların yani çıktığı hattaki ambalajı bozuk ürünlerin tespit edilmesi ve bu ürünlerin robot kol ile toplanılmasına ait bir çalışma yapmışlardır. Tespit ettikleri ürünlerin konumlarını Python içerisinde depolamışlardır. Konumları panelin data transfer fonksiyonunu kullanarak robot kontrolcüsüne göndermişlerdir

### **2.3. Diğer Alanlarda Yapılan Çalışmalar**

Boyraz ve Yıldız (2016) tarafından yapılan çalışmada damar görüntüleme için kızıl ötesi kamera kullanılmış ve Raspberry Pi tabanlı bir sistem tasarlanmıştır. Uygulamada 72 farklı insanın sağ ve sol ellerinden elde edilen görüntüler üzerinde filtreleme, eşikleme ve morfolojik işlemler gibi görüntü işleme metodları kullanılarak damar tespit işlemi gerçekleştirilmiştir.

Küçükmanisa ve Urhan (2017) tarafından yapılan gömülü sistem tabanlı ve gerçek zamanlı bir sürücü uyarı sistemi yapılmıştır. Görüntü işleme metodları yardımı ile araç durumunun ve şerit çizgilerinin konum bilgilerinin karşılaştırılması sonucunda aracın şeritten ayrılması durumu tespit edilerek sistemin sürücüyü uyarması sağlanmıştır.

Nasira ve Banamuthi tarafından yapılan çalışmada dijital kamera kullanarak tekstil endüstrisinde yer alan 30 farklı kumaş görüntüsü elde edilmiştir. Veri tabanında 10 tane hatasız kumaş görüntüsü de yer almaktadır. Geri kalan 20 resim ise tekstil endüstrisinde sıklıkla görülen kumaş hatalarını içermektedir. Veri tabanında yer alan kumaş görüntüleri çoğunlukla düz dokuma kumaş aittir ancak diğer kumaş türlerinden örneklerde yer almaktadır. 4 tip hata seçilerek ki bunlar delik hata, leke hatası, çift atkı ve çift çözgü hatası bunlara ait geri yayımlı yapay sinir ağı kullanarak sınıflama ve hata tespiti yapılmıştır. 4 hata içeren çalışmaya ait sonuçlara bakıldığında her bir hataya ait ortalama olarak %60 ile %80 arasında doğruluk bulunmuştur.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

Bu tez çalışmasında fabrikalarda ve işletmelerde üretilen mamul veya yarı mamul ürünlerin kalite kontrollerinin yapılması sırasında yaşadıkları sorunları gidermek ve yapılan insan hatalarını minimize etmek için endüstride kullanılabilecek bir uygulama geliştirilmiştir.

#### **3.1. Görüntü İşleme Teknikleriyle Yapılan Uygulamada Kullanılan Materyaller**

Görüntü İşleme Teknikleriyle Endüstriyel Kalite Kontrol Uygulamasında Raspberry Pi 4 geliştirme kartı ile kontrol edilen bir konveyör sistemi tasarlanmıştır. Thonny Python IDE programı yardımıyla Python programlama dilinde Raspbian işletim sistemlerinde çalışabilen bir yazılım geliştirilmiştir.

##### **3.1.1. Raspberry Pi 4 Model B**

Raspberry Pi ebat olarak genellikle kredi kartı büyüklüğünde olup eğitim, hobi ve birçok amaç için tasarlanmış, maliyeti düşük ve tercihe bağlı olarak değişen ama genellikle Linux işletim sistemi ile kullanılan The Raspberry Foundaiton (Raspberry Pi Vakfı) tarafından üretilmiş mini bir bilgisayardır (Learn Raspberry Pi, 2022). İlk olarak 2012 yılında satışa sunulmuş olan Raspberry mini bilgisayar, düşük maliyeti, taşınabilirliği, kullanışlı olması ve desteklediği niteliklerle birlikte yüksek satış rakamlarına ulaşmıştır. Raspberry Pi mini bir bilgisayar olmasıyla beraber aynı zamanda fiziksel dünyayı algılayabilen ve kontrol edebilmek için kullanılabilecek basit bir mikroişlemcidir (Kaya, 2017). Raspberry Pi'nin üzerindeki 40 pin sayesinde birçok kontrol uygulaması aynı anda gerçekleştirilebilir. Bluetooth ve Wi-Fi özelliği ile haberleşmesi kolay, hızlı ve etkilidir. Dokunmatik ekran ve kamera modülü portları sayesinde kodlaması ve kontrol edilecek sistemlere müdahalesi rahatlıkla yapılabilir (Charleston, 2017). Raspberry Pi kartı ile sıcaklık ve nem kontrolü, motor kontrolü, ev otomasyonu gibi çeşitli birçok kontrol uygulaması gerçekleştirilebilir. Raspberry Pi kartı üreticileri tarafından ilk üretildiği yıldan itibaren sürekli olarak geliştirilerek yeni çıkan modeline kıyasla hep bir önceki modele ek olarak yeni donanım ve özellikler eklemiştir. Raspberry Pi kartlarının bugüne kadar çıkarttığı birçok model olup bu modellerden biri de Raspberry Pi 4 Model B'dir. Yapılacak uygulamada kullanılacak modüller ve gereksinimlere göre uygun model seçilebilir. Modellerin 2GB, 4GB veya

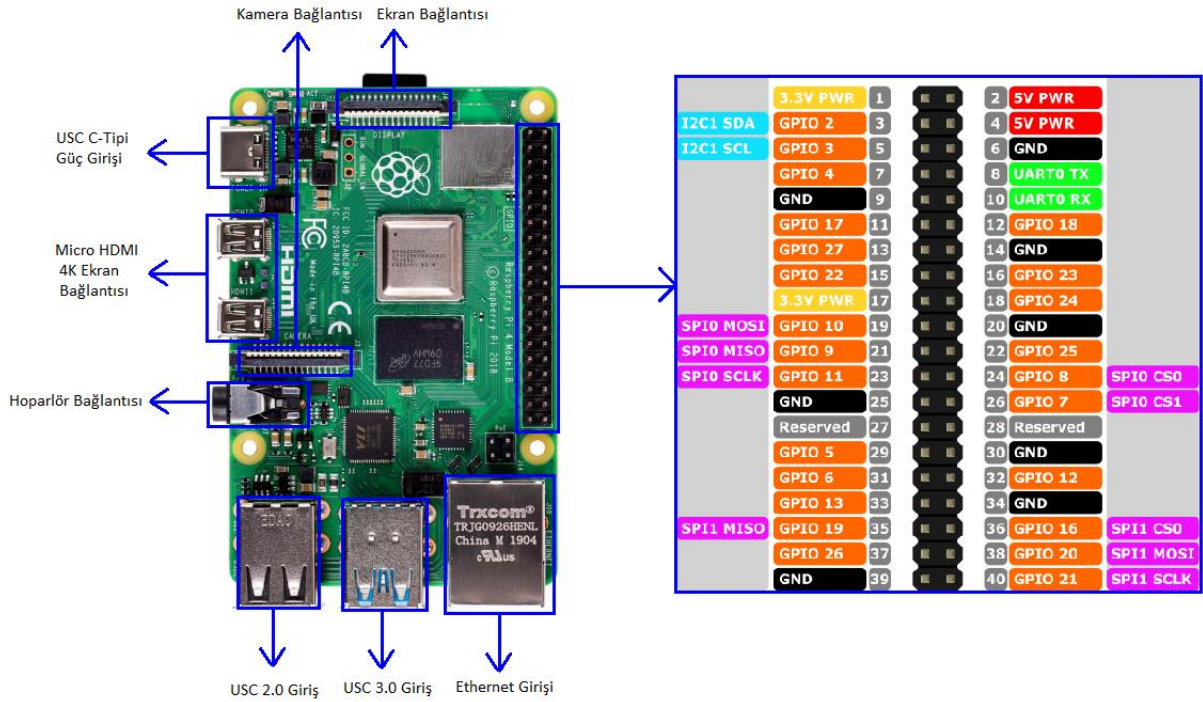
8GB işlemci seçenekleri mevcuttur.

Bu tez çalışmasında projenin gereksinimleri doğrultusunda Raspberry Pi 4 Model B 2GB modelinin kullanılması tercih edilmiştir. Ayrıca ücretsiz ve açık kaynak olarak kullanılabilmesinden dolayı Raspberry Pi'ye Raspbian işletim sistemi yüklenmiştir. Çizelge 3.1.' de Raspberry Pi 4 Model B geliştirme kartına ait teknik özelliklere, Şekil 3.1.'de Raspberry Pi 4 Model B geliştirme kartına, Şekil 3.2.'de Raspberry Pi 4 Model B geliştirme kartındaki çeşitli pin ve konektör yapılarına ve Şekil 3.3.'te Raspbian İşletim Sistemine ait ekran görüntüsüne yer verilmiştir.

- **İşlemci:** Broadcom 2711  
Dört Çekirdekli Cortex-A72  
64-bit destekli @1.5GHz
- **Ram:** 2GB  
LPDDR4-3200
- **Bağlantı:** 2.4GHz/5.0GHz 802.11 b/g/n/ac destekli kablosuz ağ  
Bluetooth 5.0, BLE destekli  
2x USB 2.0 +2x USB 3.0 portu  
Gerçek Gigabit Ethernet
- **Video ve Ses:** 2x Mikro-HDMI, 4K 60FPS destekli  
1x MIPI DSI ekran portu  
1x MIPI CSI kamera portu  
4 kutuplu 3.5mm bağlantı üzerinden ses + kompozit video çıkışı
- **Multimedya:** H265 decode (4kp60)  
H264 decode (1080p60)  
H264 decode (1080p60)  
OpenGL ES 1.1, 2.0, 3.0 destekli grafik işlemci
- **Güç:** USB-C tipi adaptör girişi, 5V/3A, PoE desteği (ek shield ile)

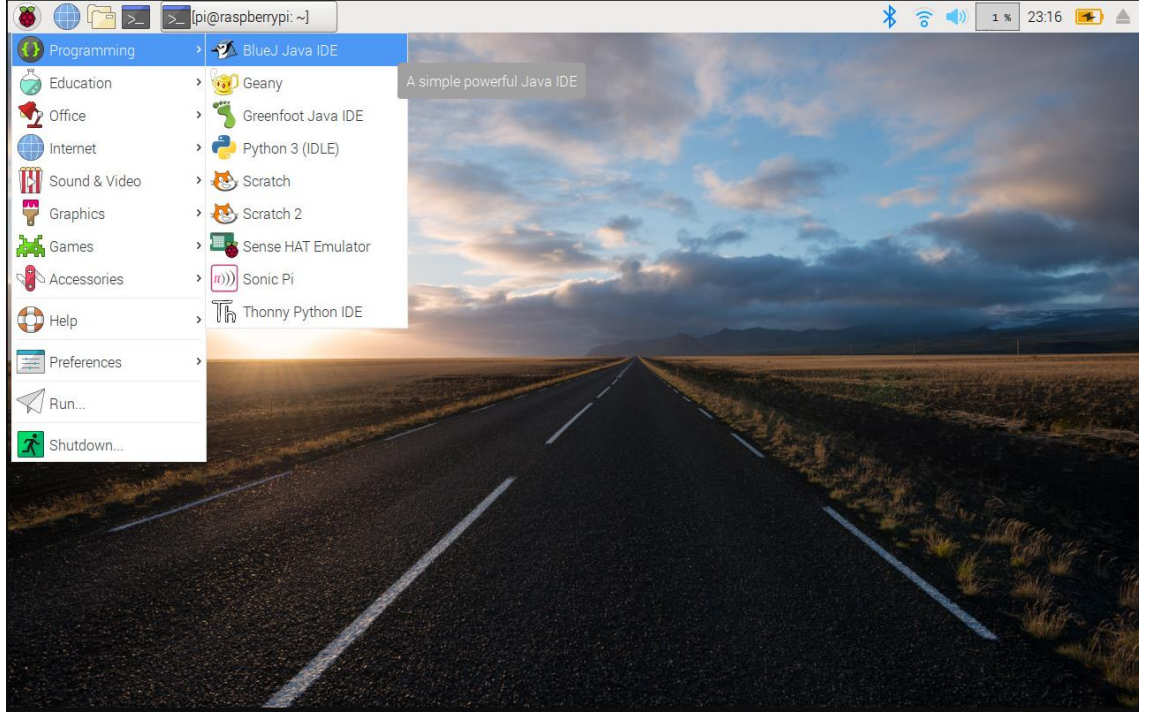


Şekil 3.1. Raspberry Pi Model 4 B (Raspberry Pi 4 4 Gb Model B, 2022)



Şekil 3.2. Raspberry Pi 4 Model B Çeşitli Pin ve Konnektör Yapıları (Raspberry Pi 2&3 Pin Mappings, 2022)

RPI 4'ün birçok bağlantı portu olup bu portlar 40 adet GPIO pinleri, kamera ve ekran portu, 2 tane USB 2.0 portu, 2 tane USB 3.0 port, 100 Mbit hızında ethernet portu, 2 adet HDMI çıkışı ve güç bağlantısı için mikro USB çıkışı bulunmaktadır. Ayrıca RPI 4 modellerine yeni olarak eklenen Wi-Fi ve Bluetooth özelliği sayesinde kablosuz olarak cihazlarla haberleşebilir, internete bağlanıp gezinilebilir ve HD videolar oynatılabilmektedir (Demir ve Güneş, 2017).



Şekil 3.3. Raspbian İşletim Sistemine ait Ekran Görüntüsü (Raspberry Pi İlk Kurulumu, 2022)

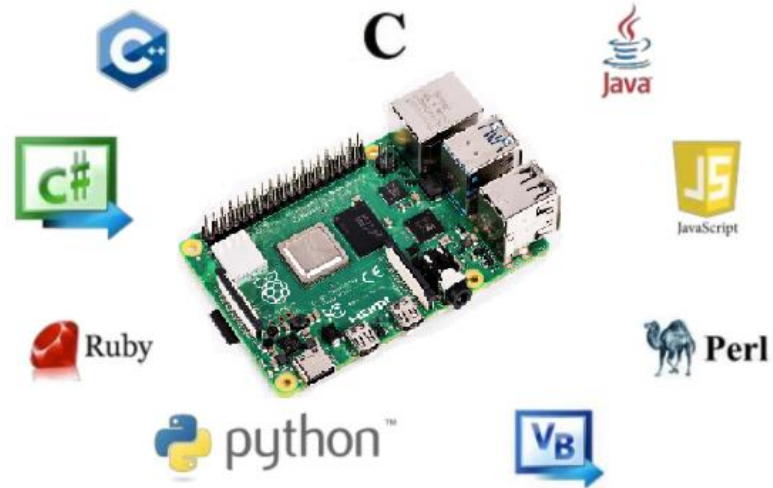
Raspberry Pi'nin tercih edilme sebebi olan birçok avantajı bulunmaktadır. Bu avantajlar aşağıda sıralanmıştır.

- Kendine ait bir işletim sistemi bulunması
- Düşük maliyet
- Arttırılabilir hafıza
- USB çıkış
- HDMI ve VGA çıkış
- İşlemcisinin olması
- Farklı elektronik kartlar ile birlikte çalışabilmeyi desteklemesi
- Taşınabilmesinin kolay olması
- Bluetooth, Wi-Fi bağlantı tiplerine uyumlu
- Açık kaynaklı yazılımları desteklemesi
- Dokunmatik ekran bağlanabilmesi
- Kurulumun ve kullanımının basit olması
- Düşük voltajla çalışabilmesi
- Mouse ve klavye bağlantısı

Birçok sayıda avantajının olmasının yanında dezavantajlı durumları da bulunmaktadır. Bunlar:

- Raspberry Pi’de havalandırma için fan mevcut olmayıp ve ağır programlarda ısınma problemi yaşanabilmektedir. RPI’nin ısınmasını önleyebilmek için ayrıca bir soğutucu fanın kullanılması gerekmektedir.
- Ağır programlarda yavaş çalışması
- Alternatiflerinin çok sayıda olması
- Elektronik çalışmalar için geliştirilmiş olan daha nitelikli cihazların bulunması
- Gücün kesilmesi durumunda RPI’nin kapanarak ve baştan başlaması bu dezavantajlarının arasında sayılabilir.

RPI’de birçok programlama dili kullanılabilir. Bu dillerin bir bölümü Şekil 3.4.’de gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Raspberry Pi’de kullanılabilen Programlama Dilleri

Bu tez çalışmasında yukarıda bulunan programlama dillerinden Python programlama dilinin kullanılması tercih edilmiştir. Tercih edilmesinin başlıca sebepleri aşağıda sıralanmıştır.

- Açık kaynaklıdır. Öğretici kaynaklara ulaşılabilmesi kolay olup herhangi bir firmaya bağlı kalmadan özgürce çalışılabilmektedir. Ayrıca ticari uygulamalarda da ücretsizdir (Malkoç, 2014).
- Yapısı sade, okuması ve yazması kolay olup kullanıcıların hızlı bir şekilde kavrayabilmeleri için özlü ve basit bir sözdizimine sahiptir bu da Python’ un

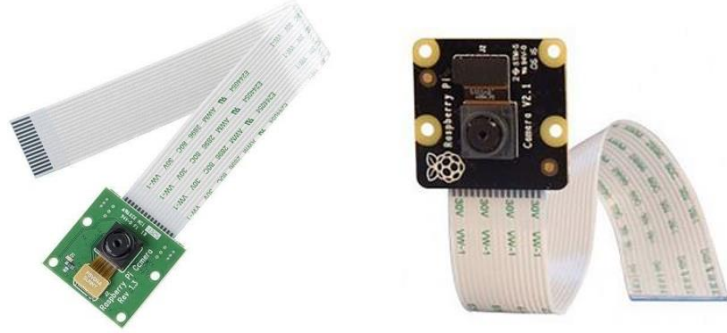
diğer programlama dillerine kıyasla daha yüksek bir geliştirme verimine sahip olmasını sağlamaktadır.

- Dinamik bir dil olup, çok karmaşık işlemler basit komutlarla yapılabilmektedir.
- Genel kullanım alanı geniştir. Farklı işletim sistemi üzerinde çalışmakta olup yazılım sektöründe çok tercih edilmektedir. Bu sebepten dolayı sürekli geliştirilmektedir (Parmaksız, 2017).
- Bilimsel araştırmalarda ve üniversitelerde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Çeşitli bilimsel alanlar için özel olarak hazırlanan kütüphaneler mevcuttur. Hazırlanan bu kütüphaneler profesyonel yazılımcılar tarafından yapılmakta olup sürekli olarak test edilmekte ve geliştirilmektedir.

### 3.1.2. Raspberry Pi Uyumlu Kamera

Bu tez çalışmasında hata kontrolü yapılacak olan mamul veya yarı mamul parçaların görsellerini en iyi ve doğru bir biçimde dijital ortama aktarılmasıyla görüntü üzerinde gerekli işlemleri uygulayabilmektir. Bu amaca yönelik olarak Raspberry Pi uyumlu 1.3 versiyonunda Şekil 3.5.'de gösterilen kamera modülü kullanılmıştır. Kameranın teknik özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

- **Boyut:** 25x20x9mm
- **Çözünürlük:** 5 MP (2592x1944 piksel)
- **Video Çekimi:** 1080p, 720p ve 640x480p
- **Sensör Tipi:** OmniVision OV5647 (5 megapiksel)
- **Sensör Boyutu:** 3.67 x 2.74 mmI
- **Piksel Sayısı:** 2592 x 1944
- **Piksel Boyutu:** 1.4 x 1.4 um
- **Lens:**  $f = 3,6$  mm,  $f / 2,9$
- **Görüş Açısı:** 54 x 41 derece
- **Görüş Alanı:** 2 m'de 2.0 x 1.3 m
- **Tam kare SLR lens eşdeğeri:** 35 mm
- **Video:** Codec H.264 (AVC) özellikli 30 fps'de 1080p
- **Pano boyutu:** 25 x 24 x 9mm (Raspberry Pi 3 ve 4 Uyumlu Kamera Modülü, 2022)



Şekil 3.5. Raspberry Pi Uyumlu Kamera Modülü ve Kızılötesi Kamera Modülü (Raspberry Pi 3 ve 4 Uyumlu Kamera Modülü, 2022)

Bu tez çalışmasında hata kontrolü yapılacak olan mamul veya yarı mamul parçaların görsellerini dijital ortama aktarılması için kullanılan diğer bir kamera çeşidi Şekil 3.5.'de bulunan Raspberry Pi Kızılötesi Kamera'dır.

- Kızılötesi filtre barındırmama (NoIR)
- Yüksek kaliteli görüntü algılama
- Büyük veri işleme kapasitesi
- **Çözünürlük:** 8 MP sabit odak noktalı
- 1080p, 720p60 ve VGA90 destekli
- Sony IMX219PQ CMOS görüntü algılayıcı
- 15-pin şerit kablo

### 3.1.3. MZ80 Kızılötesi Sensör

Kullanım kolaylığı ve geniş mesafe ölçüm aralığına sahip olmasından dolayı birçok robotik ve otomasyon sistemlerinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada konveyör sistemi üzerinden geçen ürünlerin varlığının tespitini yapabilmek adına, sensör önünde ürün varken 1 değeri, sensör önünde ürün yokken 0 değeri veren MZ80 Kızılötesi Sensör kullanılmıştır. Sensöre ait teknik özellikler aşağıda sıralanmıştır.

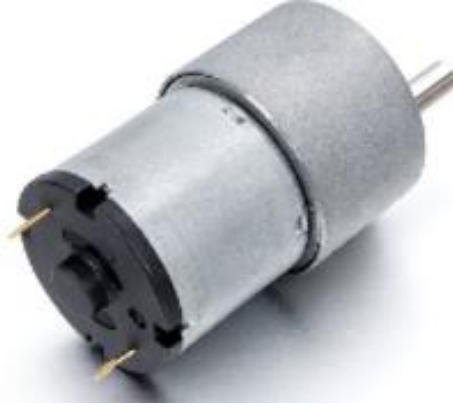
- **Besleme Voltajı:** 5V
- **Çekilen Akım:** 25mA-100mA
- **Boyut:** 1.7cm x 4.5cm
- **Kablo Uzunluğu:** 45cm
- **Ölçüm Aralığı:** 3cm – 80cm
- **Çalışma Sıcaklık Aralığı:** -25°C ~ 55°C (80cm Menzilli Kızılötesi Sensor, 2022)



Şekil 3.6. MZ80 Kızılötesi Sensör (80cm Menzilli Kızılötesi Sensor, 2022)

### 3.1.4. 24V Redüktörlü Motor

Redüktörlü motorlar genellikle ağır cisimleri hareket ettirmek için çok fazla güce ihtiyaç duyabilen uygulamalarda kullanılmaktadır. Son yıllarda tork ve hız gerektiren uygulamalarda hafif ve küçük boyutlarda olması sebebiyle birçok sektörde tercih edilmektedir (Redüktörlü Motor Nedir, 2022). Bu çalışmada konveyörün hareketini sağlaması için Şekil 3.7.'de gösterilen motor seçilmiştir. Motora ait teknik özellikler aşağıda bulunmaktadır.



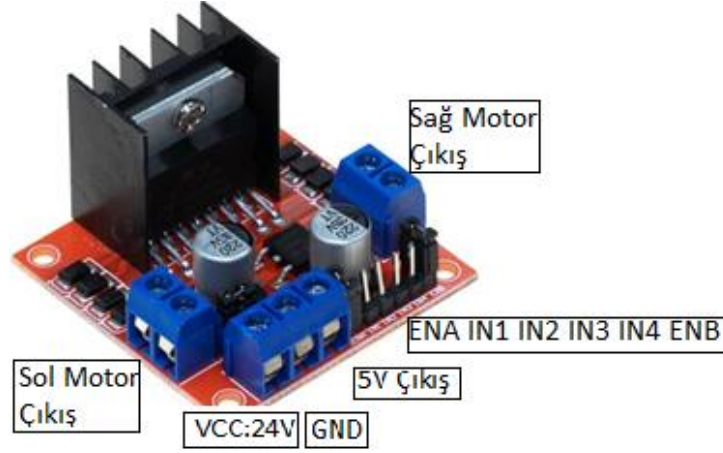
Şekil 3.7. 24V Redüktörlü Motor (24V 80 RPM Redüktörlü DC Motor, 2022)

- **Besleme Voltajı:** 24V
- **Motor Boyutu:** 86mm x 37 mm
- **Mil Çapı:** 6mm
- **Ağırlık:** 175gr
- **Hız:** 80 RPM
- **Çalışma Akımı:** 340 mA
- **Tork/Kuvvet:** 23kg-cm (24V 80 RPM Redüktörlü DC Motor, 2022)

### 3.1.5. L298N Motor Sürücü Kartı

L298N Motor Sürücü Kartı besleme voltajı 24V'a kadar olan DC ve Step motorları sürebilmek için birçok robotik ve orta ölçekli projelerde kullanılmaktadır. Mikroişlemciler ve geliştirme kartlarıyla kullanıma uygundur. Aynı anda iki farklı motoru, farklı yönlerde sürebilmektedir. Bu çalışmada kullanılan 24V redüktörlü motorun kontrolü bu motor sürücü kartıyla gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.8.'de gösterilen motora ait özellikler ve motor pin bağlantıları aşağıda bulunmaktadır.

- Üzerinde dahili regülatör ve soğutucu bulunmaktadır.
- **Motor Boyutu:** 86mm x 37 mm
- **Ağırlık:** 37gr
- **Boyutu:** 68x55x30mm



Şekil 3.8. L298N Motor Sürücü Kartı (L298N Motor Sürücü Devresi, 2022)

- **ENA:** Sol motor kanalını aktif etme pini
- **IN1:** Sol motor 1. girişi
- **IN2:** Sol motor 2. girişi
- **IN3:** Sağ motor 1. girişi
- **IN4:** Sağ motor 2. girişi
- **ENB:** Sağ motor kanalını aktif etme pini
- **MotorA:** Sol motor çıkışı
- **MotorB:** Sağ motor çıkışı
- **VCC:** Besleme voltaj girişi (4.8V-24V)
- **GND:** Toprak bağlantısı
- **5V:** 5V çıkışı (L298N Motor Sürücü Devresi, 2022)

### 3.1.6. SG90 RC Mini Servo Motor

Servo motorlar kapalı devre bir motor sistemine sahiptir. DC motor, dişli mekanizması, potansiyometre ve motor sürücünden oluşmaktadır. Servo içerisindeki DC motor hareket ettikçe potansiyometre dönmekte ve kontrol devresi motorun bulunduğu mevcut pozisyon ile gitmesi istenilen pozisyonu karşılaştırarak motor sürme işlemini yapmaktadır. Servo motorlar  $0^\circ$ -  $180^\circ$  veya  $0^\circ$ -  $360^\circ$  olarak üretilebilmektedir. Bu çalışmada kullanılan servo motor Şekil 3.9.'de gösterilmiş ve motora ait özellikler aşağıda verilmiştir.

- **Boyutlar:** 23.1 x 12.2 x 29 mm
- **Ağırlık:** 9 g
- **Çalışma gerilimi:** 4.8-6.0 VDC
- **Hız @4.8V:** 0.1 sn/60°
- **Zorlanma Torku (6V):** 1.8 kg.cm
- **Dişli kutusu:** Plastik
- **Dönüş açısı:** 0-180°
- **Çalışma PWM sinyali:** 500-2400  $\mu$ s
- **Kablo Uzunluğu:** 15 cm (Servo Motor Özellikleri, 2022)



Şekil 3.9. SG90 RC Mini Servo Motor (Servo Motor Özellikleri, 2022)

Servo motorların pozisyonunu kontrol etmek için PWM sinyali kullanılmaktadır. Motorun girişine gelen PWM sinyaline göre motor pozisyon değiştirmektedir. PWM sinyaline Metot bölümünde daha fazla değinilecektir.

### 3.1.7. LRS-100-24, 24VDC Güç Kaynağı

Güç kaynakları sistemde kullanılan komponentlerin elektrik ihtiyacını karşılamak için besleme voltajı üretmektedir. LRS-100-24 modeli güç kaynağı konveyörde kullanılan 24V DC motoru beslemektedir. Şekil 3.10.'da gösterilen güç kaynağına ait teknik özellikler aşağıda verilmiştir.

- **Giriş Voltajı:** 220V
- **Çıkış Voltajı:** 24VDC
- **Çıkış Sayısı:** Tek çıkış
- **Çıkış Akımı:** 4.5 A
- **Çıkış Gücü:** 108W
- **Boyutları:** 129x97x30mm (LRS100- 24 Güç Kaynağı, 2022)



Şekil 3.10. LRS-100-24, 24VDC Güç Kaynağı (LRS100- 24 Güç Kaynağı, 2022)

### 3.1.8. HDR-15-12,12VDC Güç Kaynağı

Modeli HDR-15-12 olan bu güç kaynağı konveyör sistemi üzerinde bulunan kameranın görüş alanının aydınlatılması için kullanılan 12V led lambaları beslemek için kullanılmıştır. Güç kaynağının teknik özellikleri aşağıda bulunmaktadır.

- **Giriş Voltajı:** 220V
- **Çıkış Voltajı:** 12VDC
- **Çıkış Sayısı:** Tek çıkış
- **Çıkış Akımı:** 1.25 A
- **Çıkış Gücü:** 15W
- **Boyutları:** 17.5x90x54.5mm (HDR 15-12 Güç Kaynağı, 2022)



Şekil 3.11. HDR-15-12, 12VDC Güç Kaynağı (HDR 15-12 Güç Kaynağı, 2022)

### 3.1.9. Kullanılan Basit Modüller

- Geliştirilen sistemde ürünlerin görüntüsünün kamera tarafından düzgün ve net bir şekilde alınması için konveyörün aydınlatılmasında kullanılmak üzere 12V ile çalışan şerit led lamba kullanılmıştır. Led lamba teknolojisi diğer aydınlatma teknolojilerine göre daha verimli, ekonomik ve uzun çalışma ömrü olduğundan dolayı tercih edilmiştir.
- Ayrıca modüllerin bağlanması için dişi-dişi, erkek-dişi jumper kablolar, bileşenlerin birleştirilmesi için delikli plaket, konveyör sisteminin çalıştırılması için On-off switch buton, Raspberry Pi güç adaptörü, kamera modülü için kablo, Raspbian işletim sisteminin kurulabilmesi için 16 GB MicroSD Kart kullanılmıştır. Kullanılan basit modüller Şekil 3.12.'de gösterilmiştir.



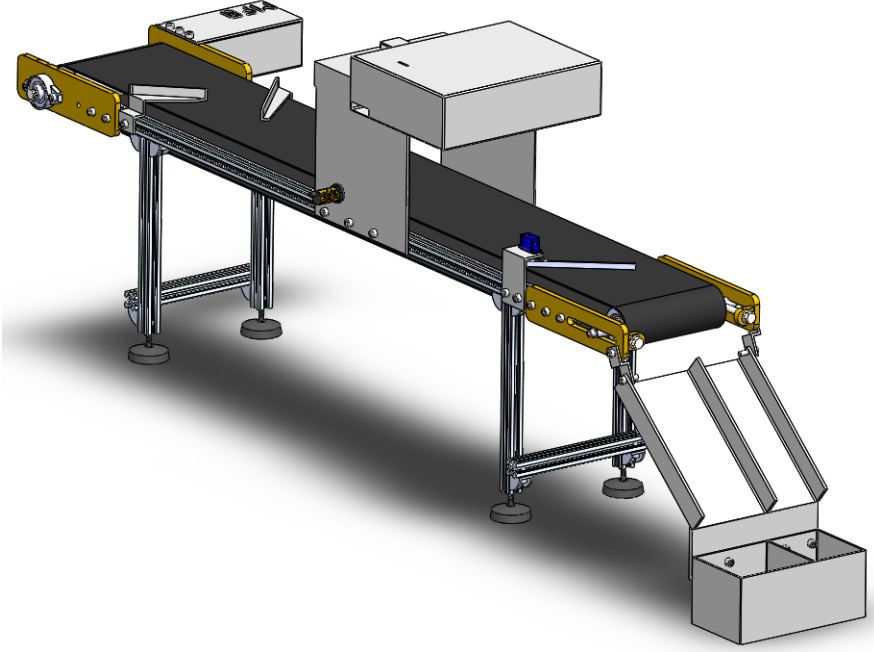
Şekil 3.12. Kullanılan Basit Modüller

### 3.1.10. Konveyör Sistemi ve Kullanılan Materyaller

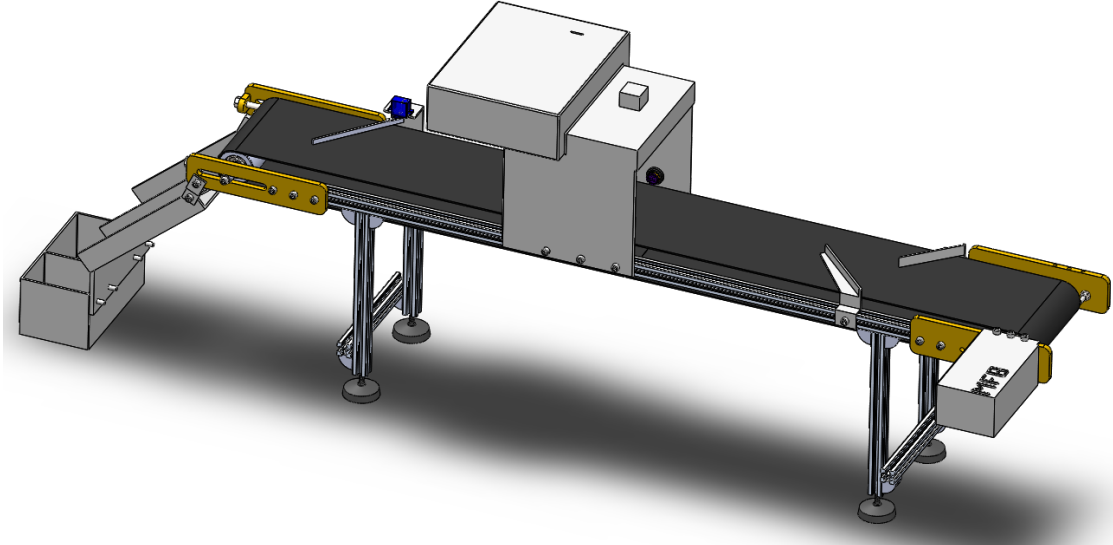
Konveyör ve diğer komponentler SolidWorks tasarım programında tasarlanmıştır. Çizimlere ait resimler aşağıda detaylıca gösterilmiştir.

#### Konveyör:

- Ürün Giriş Bölümü
- Ürün Yönlendirme Bölümü
- Ürün Görüntü Alma ve Pano Bölümü
- Ürün Ayırıştırma Bölümü
- Ürün Depolama Bölümü olmak üzere 5 farklı bölümden oluşmaktadır.

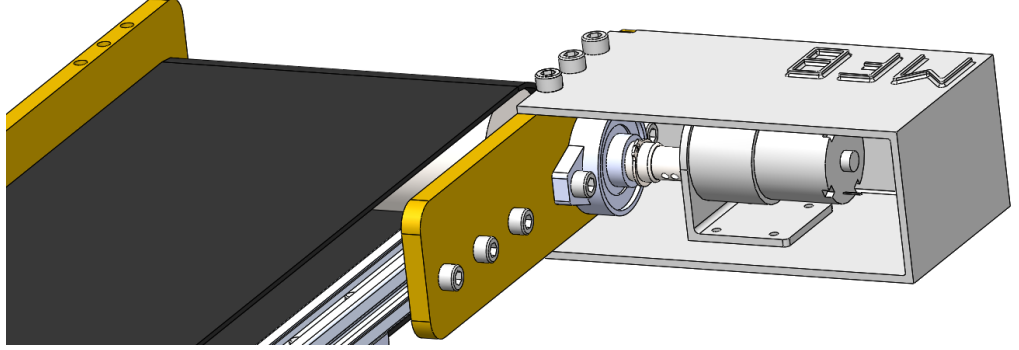


Şekil 3.13. Konveyör SolidWorks Çizimleri-1



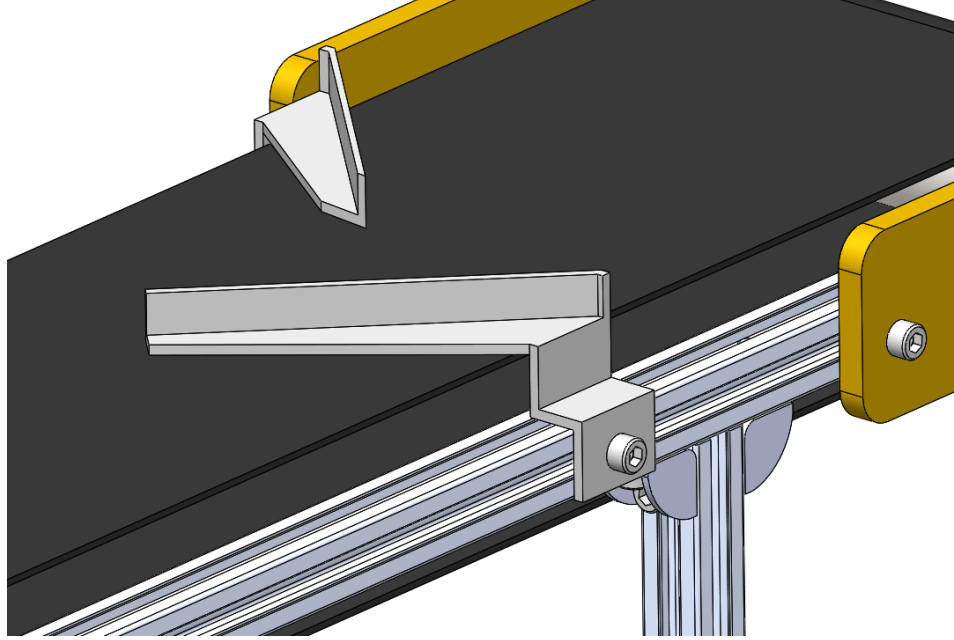
Şekil 3.14. Konveyör SolidWorks Çizimleri-2

- Konveyör şasesi olarak 20x20mm sigma profiller kullanılmıştır. Konveyör bandının iki tarafında sigma profillere sabitlenmiş motor mili ve gerdirme tamburu bulunmaktadır.



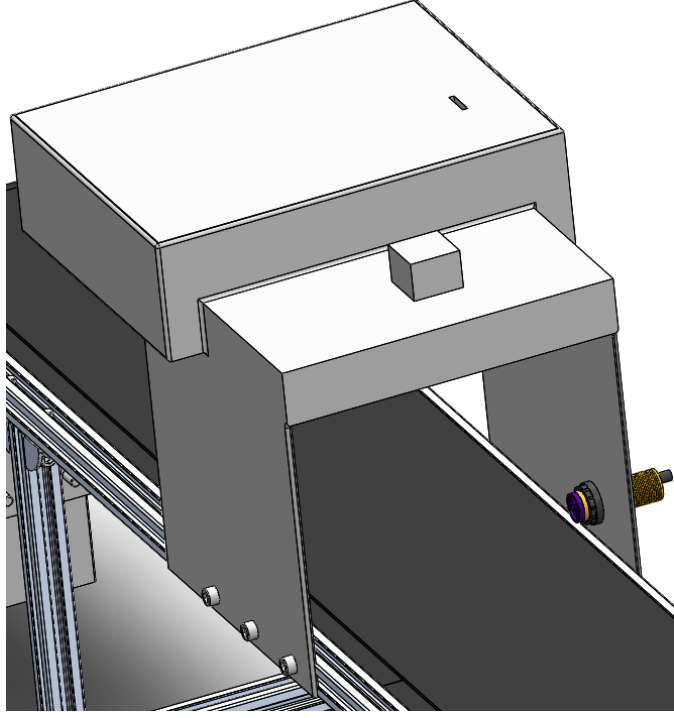
Şekil 3.15. Ürün Giriş Bölümü

Ürün giriş bölümü ürünlerin konveyör banda ilk konulduğu kısımdır. Bu kısımda motor, motor korumalığı, motor mili, tambur ve tambur tutucu levhalar bulunmaktadır. Motor mili ve motor tamburu alüminyum parçadan işlenilmiş, tambur tutucu levhalar 10mm sacdan kesilmiş ve motor korumalığı ise 3D yazıcıdan baskı alınmıştır.



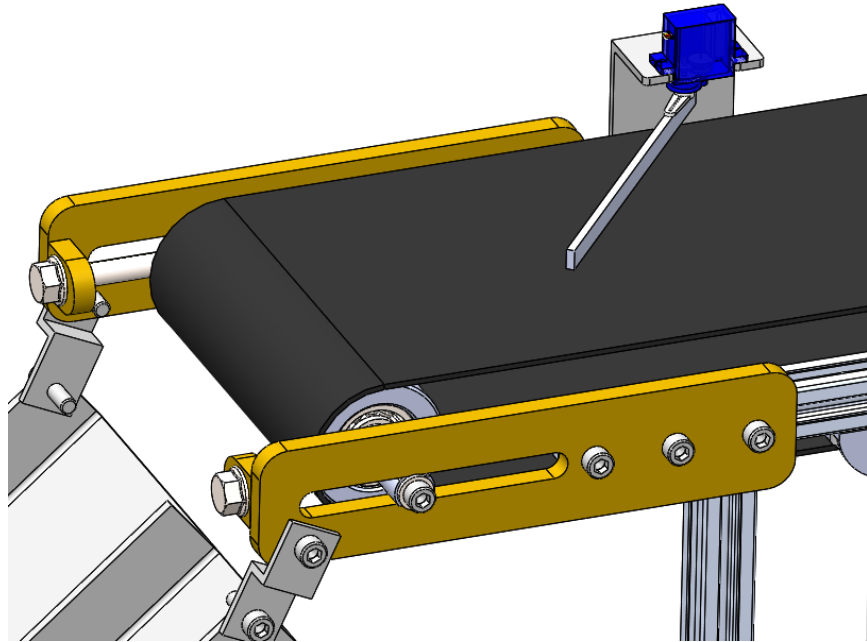
Şekil 3.16. Ürün Yönlendirme Bölümü

Ürün yönlendirme bölümünde 2 adet ürün yönlendirme aparatı bulunmaktadır. Bu aparatlar 3D yazıcıdan baskı alınmış ve sigma profillere sabitlenmiştir. Bu aparatlar banttan gelen ürünleri görüntünün alınacağı kamera bölümüne sabit bir doğrultu ve açıyla gitmesi için yerleştirilmiştir.



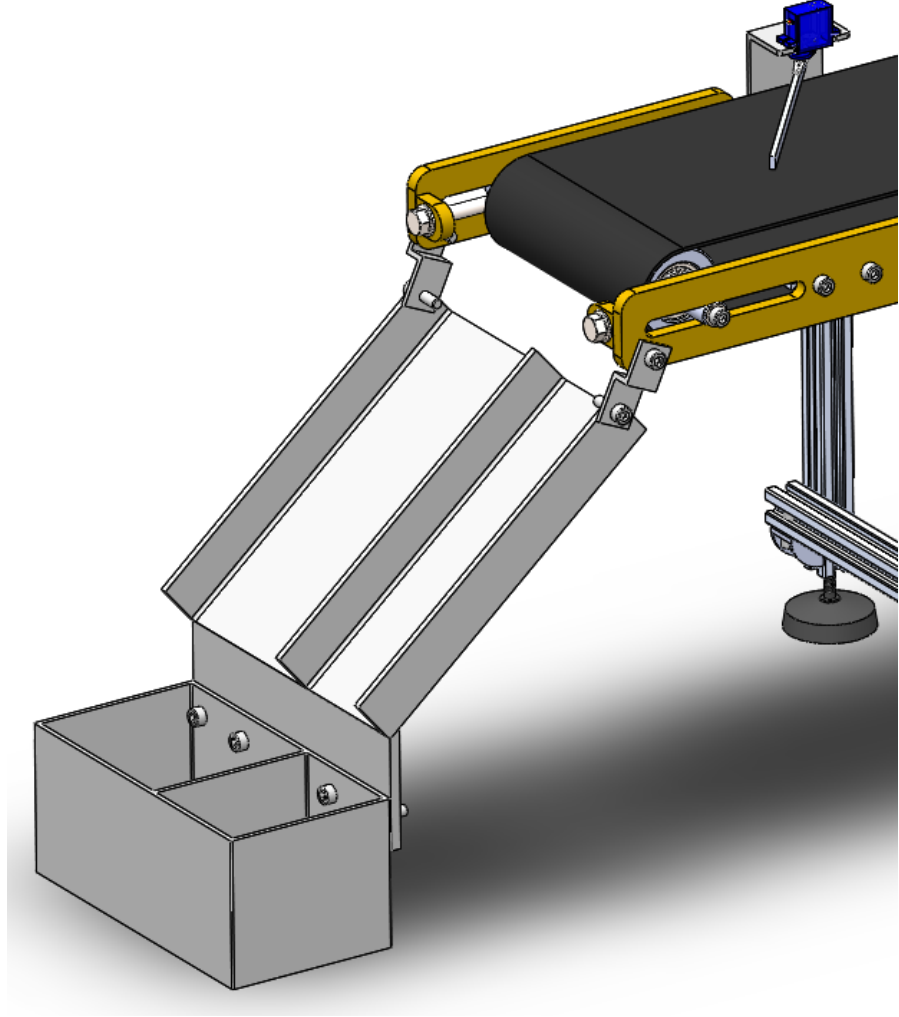
**Şekil 3.17.** Ürün Görüntü Alma ve Pano Bölümü

Ürün görüntü alma bölümünde konveyör banttın gelen ürünün MZ80 Kızılötesi Sensör tarafından tespit edildikten sonra kamerayla resmi çekilmektedir. Bu bölümde ayrıca Raspberry Pi ve diğer komponentlerin bulunduğu üzerinin kapakla kapatıldığı bir pano bulunmaktadır. Bu pano kameranın olduğu kısımla birleşik olup 3D yazıcıda baskı alınıp oluşturulmuştur.



**Şekil 3.18.** Ürün Ayırıştırma Bölümü

Ürün ayırıştırma bölümünde SG90 servo motor ve ayırıştırma aparatı bulunmaktadır. Ayırıştırma aparatı servo motorun dişli kısmına monte edilmiş ve servo motorun monte edildiği parça ise sigma profile sabitlenmiştir. Ayırıştırma aparatı servo motorla birlikte hareket etmektedir. Raspberry Pi'den ürün doğru veya yanlış bilgisi gelmektedir, gelen bilgiye göre servo motor açı değerini değiştirmekte ve ürünü yönlendirmektedir.



**Şekil 3.19.** Ürün Depolama Bölümü

Ürünün yönlendirilmesi yapıldıktan sonra konveyör bant üzerinden ürün depolama bölümüne düşecektir. Doğru ürün depolama alanı ve yanlış ürün depolama alanı olmak üzere 2 farklı depolama alanı bulunmaktadır. Konveyör banttan gelen ürünler bu bölümlerde birikmektedir. Bu depolama alanları 3D yazıcıdan baskı alınmıştır ve konveyör sistemine monte edilmiştir.

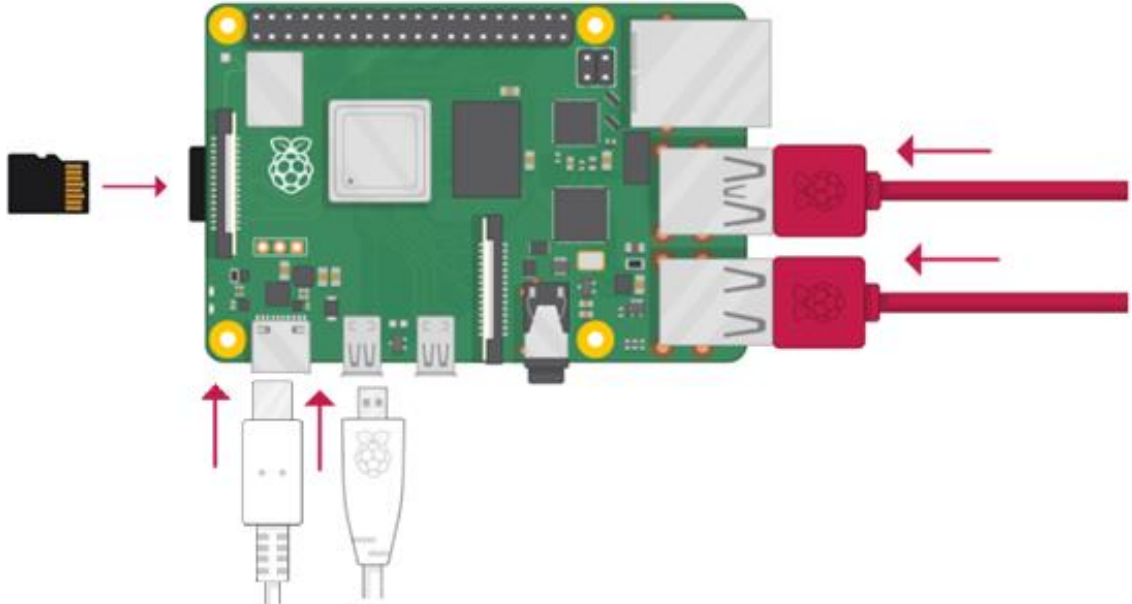
### 3.1.11. Raspberry Pi'ye Raspbian İşletim Sisteminin Kurulması

Raspberry Pi'yi kullanabilmek için içerisine bir işletim sisteminin kurulması gerekmektedir. Bu çalışmada Raspberry Pi'ye işletim sistemi olarak Raspbian işletim sistemini kurulması tercih edilmiştir. İşletim sisteminin kurulum aşamaları aşağıda sıralanmıştır.

- Raspberry Pi'nin kendi internet sitesinden Raspbian işletim sistemine ait dosya indirilir.
- İşletim sistemini Raspberry Pi'ye yüklenmesi için 16 GB Mikro SD kart kullanılması gerekmektedir. Bu Mikro SD Kart öncelikle Sd Card Formatter uygulamasıyla biçimlendirilmiştir. Biçimlendirme işlemi tamamlandıktan sonra Win32 Disk Imager uygulamasıyla Mikro SD karta Raspbian işletim sistemi yüklenmiştir (Raspberry Pi İlk Kurulumu, 2022).

### 3.1.12. Raspberry Pi'ye Uzaktan Bağlanması

- Raspbian işletim sistemi yüklenen Mikro SD Kart, USB girişli fare kablosu, USB girişli klavye kablosu, Mikro HDMI girişli monitör kablosu ve Raspberry Pi'nin güç kablosu Raspberry Pi'ye takılır Şekil.3.20.'deki gibi takılır (Raspberry Pi Kurulumu, 2022).

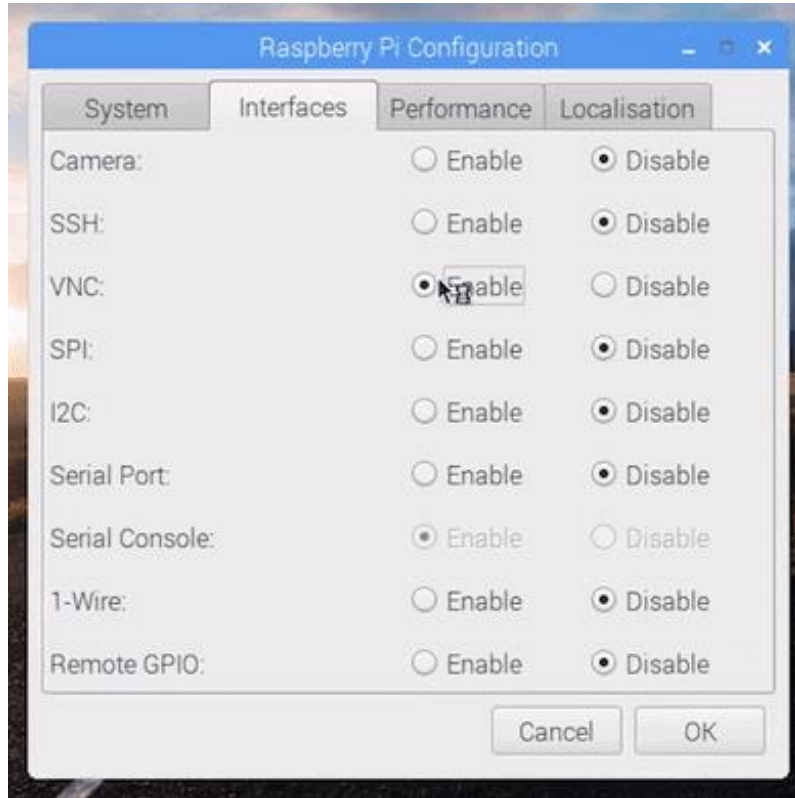


Şekil 3.20. Mikro SD Kart ve Diğer Donanımların Takılması (Raspberry Pi Kurulumu, 2022)

- Güç kablosu takıldıktan sonra Raspberry Pi başlatılacaktır. Raspberry Pi ilk başlatıldığında ülke, dil, bölge ayarları, şifre ayarları ve Wi-Fi bağlantısının şifresinin girilmesi gerekmektedir. Tüm bu ayarlar yapıldıktan sonra kurulum

bitirilmiş ve cihaz kullanıma hazır duruma gelmektedir.

- Raspberry Pi kendi üzerine takılan klavye, fare ve monitör ile kullanılabilir. Fakat çalışmalarda ve projelerde cihaz sabitlendikten sonra çevre birimleri takıp çıkarılması sorun yaratabilmektedir. Bu sorunun önüne geçmek için Raspberry Pi'ye uzaktan bağlantı yapılmıştır. Raspberry Pi üzerinde yüklü olarak gelen VNC Viewer adındaki uygulamayla kolaylıkla uzaktan bağlantı yapılabilmektedir. Öncelikle Raspberry Pi Configuration segmesinde bulunan VNC seçeneği Şekil 3.21.'deki gibi etkinleştirilmesi edilmesi gerekmektedir.

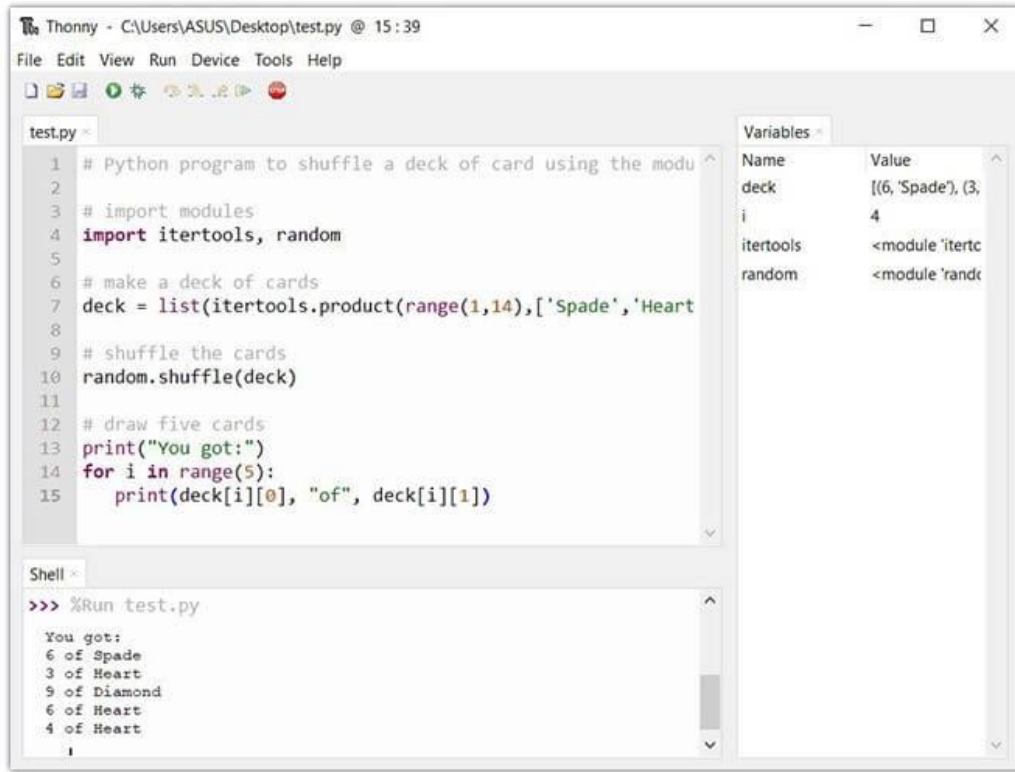


Şekil 3.21. VNC Programının Etkinleştirilmesi

- VNC etkinleştirildikten sonra, Raspberry Pi'ye bağlanılacak bilgisayarda VNC programı çalıştırılır. IP adresi, kullanıcı adı ve şifre girilir ve Raspberry Pi uzaktan çalıştırılmaya hazır hale gelmiş olacaktır.

### 3.1.13. Thonny IDE Programı ve Yüklenen Kütüphaneler

Geliştirilen sistemde, Raspberry Pi'nin üzerinde hazır olarak gelen ve python yazılım diliyle programlama yapılabilen Thonny Ide programı kullanılmıştır. Basit bir arayüzü ve program hızının diğer programlardan daha fazla olması sebebiyle bu programın kullanılması tercih edilmiştir. Programın arayüzü Şekil 3.22.'deki gibidir.



Şekil 3.22. Thonny IDE Program Arayüzü

Bu tez çalışmasında konveyör bandın üzerinden gelen ürünleri tanınması ve hata tespitinin yapılabilmesi için kullanılacak kütüphanelerden biri görüntü işleme uygulamalarında çokça kullanılan OpenCV kütüphanesidir. OpenCV kütüphanesi, bir resim ya da video içindeki anlamlı bilgileri çıkarıp işleyebilmek için INTEL tarafından C ve C++ dilleri kullanılarak geliştirilmiş, açık kaynak kodlu bir “Görüntü İşleme” kütüphanesidir (OpenCV Nedir, 2022).

### 3.2. Görüntü İşleme Teknikleriyle Yapılan Uygulamada Kullanılan Yöntem

Bir önceki bölümde tez çalışması sürecinde gerekli olan ve kullanılan donanımlara ait komponentlerin teknik özelliklerinden bahsedilmiştir. Bu bölümde ise görüntü işleme, görüntü işleme teknikleri, görüntü model çeşitleriyle ilgili genel bilgiler verildikten sonra görüntü işleme teknikleriyle kalite kontrolleri yapılacak ürünlerin görüntü alma süreci, görüntü alındıktan sonra görüntüye uygulanan işlemlere ait yöntemler ve konveyör üzerinde yapılan ayrıştırma aşaması açıklanacaktır.

### 3.2.1. Görüntü İşleme

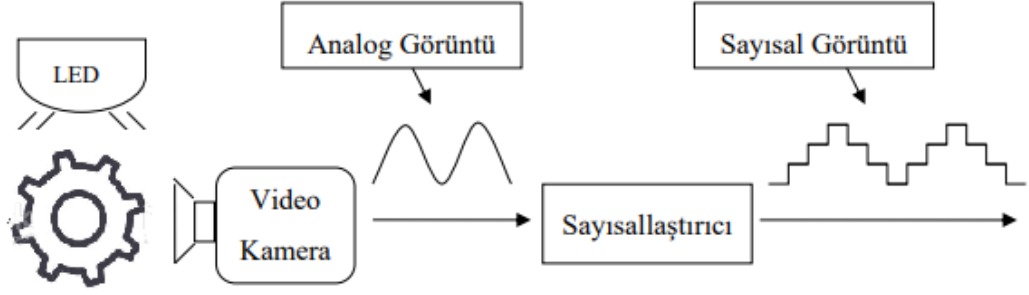
Görüntü işleme kelime anlamı olarak kameradan alınan görüntünün analog formdan sayısal forma dönüştürülmesi ve daha sonra dönüştürülen görüntüde belirlenen amaca uygun olarak çeşitli tekniklerin uygulanmasıyla yeni bir görüntünün elde edilmesi olarak açıklanabilir.

Görüntü işleme ilk olarak 1960'lı yıllarda birçok üniversite ve teknoloji enstitüsünün faaliyetleriyle geliştirilmiştir. İlk olarak uzay araştırmaları için geliştirilen görüntü işleme teknikleri günümüzde birçok alanda faaliyet göstermektedir (Dipova,2018). Bu alanlar aşağıda sıralanmıştır.

- **Tıp:** Biyomedikal, tomografi, MR ve ultrason
- **Savunma Sanayi:** Savunma sanayisinde görüntüleme teknolojileri daha çok hedef tanıma ve hedef izleme amacıyla kullanılmaktadır. Sualtı ve uydu görüntülerinin anlamlandırılması, iyileştirilmesi ve cisim tespit çalışmalarında kullanılmaktadır.
- **Trafik:** Trafik kameralarından araç takibi, plaka tespiti, hareket halindeki aracın hız tespiti gibi uygulamalarda kullanılmaktadır.
- **Hayvancılık ve Tarım Uygulamalar**
- **Güvenlik ve Kriminal Laboratuvarları**
- **Film Endüstrisi**
- **Uydu Görüntüleri** (Görüntü İşleme Teknolojisi, 2022)
- **Sanal Gerçeklik**

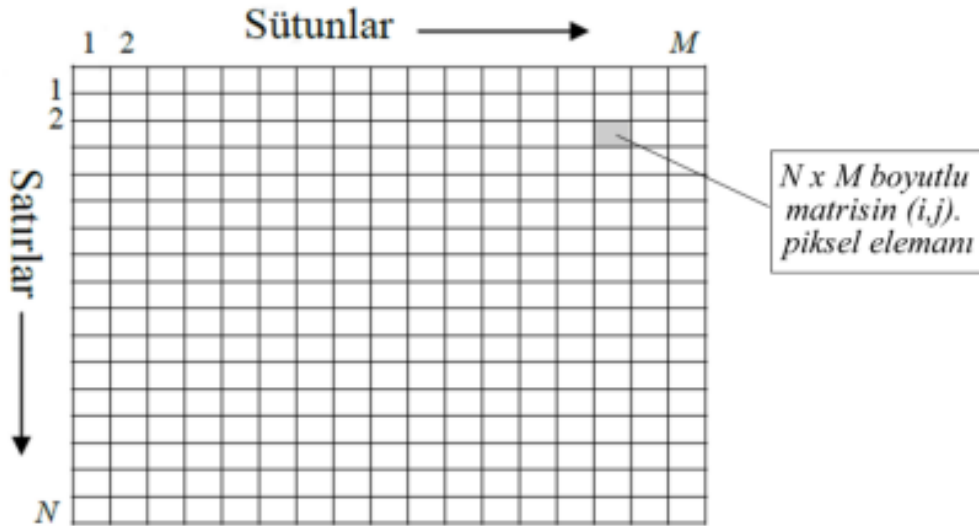
### 3.2.2. Sayısal Görüntü

Sayısal görüntüler sayılarla ifade edilen, bilgisayarların temelini oluşturan ikili sayı sistemleri kullanılarak tanımlanan veri dosyalarıdır. Sayısal görüntüler, ilk olarak ışığı elektriksel veriye, daha sonra da elektriksel verilerin sayısallaştırılmasıyla sayısal veriye dönüştüren mikroişlemciler aracılığıyla yapılmaktadır ve bilgisayarlara aktarılmaktadır (Görüntü İşleme Teknolojisi, 2022). Işığı elektronik sinyallere dönüştürmekle görevli olan CCD ve CMOS görüntü sensör çeşitleri bulunmaktadır. Bu sensörlerin kalitesi hem görüntünün kalitesini hem de kameraların fiyatlarını etkilemektedir. Kirlilik, bozunmanın daha az olması, ışığa karşı hassasiyeti sebebiyle CCD sensörler daha fazla tercih edilmektedir.



Şekil 3.23. Görüntünün algılanması ve sayısallaştırılması

Görüntüler bilgisayar ortamında matris formunda sayısal değerlerle ifade edilmektedir (John, 1999). Görüntüler iki boyutlu olarak  $F(x, y)$  ve üç boyutlu olarak  $F(x, y, z)$  fonksiyonları olarak gösterilmektedir. Görüntünün her bir bileşenine piksel veya görüntü elemanı adı verilmektedir.  $F$  fonksiyonunun  $x$  ve  $y$  noktalarındaki değeri o noktadaki yoğunluğu vermekte ve bu noktalar sonlu sayıda elemanlardan oluşmaktadır. Bu yoğunluğa sayısal görüntü adı verilmektedir (Gonzalez ve Woods, 2008). Sayısal görüntüler bilgisayarların temelini oluşturan sistemler gibi 1 ve 0'lardan oluşmaktadır. Görüntünün sütun düzleminde bulunan pikseller  $x$  koordinatını, satır düzleminde bulunan pikseller ise  $y$  koordinatlarını ifade etmektedir.



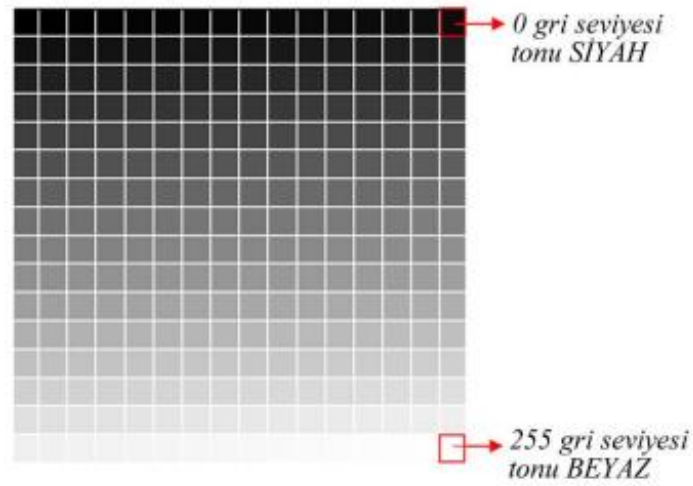
Şekil 3.24.  $N \times M$  büyüklüğüne sahip sayısal görüntünün temel yapısı

Sayısal görüntülerin gri seviyeli görüntü modeli, RGB görüntü modeli ve ikili görüntü olmak üzere 3 farklı biçimi bulunmaktadır.

### 3.2.2.1. Gri Seviyeli Görüntü Modeli

Sayısal görüntülerin her bir pikselinin sahip olduğu parlaklık değerlerine gri seviyeler adı verilmektedir. Her bir pikseldeki parlaklık değerlerinin kodlandığı bit sayısına göre gri seviye aralığı belirlenmektedir. Gri seviye sınırları siyah ve beyaz olmak üzere iki renkten oluşmaktadır. Bu iki renk arasında kodlanan görüntülere gri-ton görüntüler adı verilmektedir.

Gri seviyeli görüntüler 8 bite sahiptir. Bu tip görüntülerin her bir pikseli  $2^8$ (256) farklı gri ton karşılığı (parlaklık seviyesi) değerinden oluşmaktadır ve gri değer aralığı  $G = \{0, 1, 2, \dots, 255\}$  biçiminde ifade edilmektedir. 0 ile 255 arasında değişen renk tonlarından 0 gri seviyesi siyah renge, 255 gri seviyesi ise beyaz renge denk gelmektedir. Bu değerler arasındaki gri seviyeler ise gri tonlara karşılık gelmektedir.



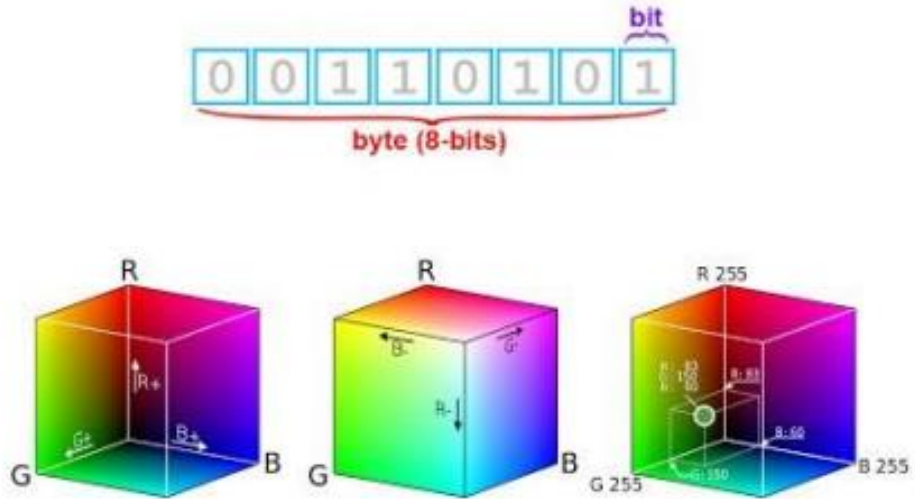
Şekil 3.25. 16 × 16 ‘lık ızgara üzerinde 256 farklı gri seviyesinin gösterimi (Gri Seviye Gösterimi, 2022)

### 3.2.2.2. İkili (Binary) Görüntü

İkili görüntü adından da anlaşılacağı üzere siyah ve beyaz renklerden oluşan görüntü çeşididir. Görüntüde bulunan beyaz piksel değerleri 1, siyah piksel değerleri ise 0 olarak sayısal ifade edilmektedir (McAndrew, 2004). İkili görüntüler temel olarak gri seviyeli görüntülerden elde edilmektedir. Gri seviyeli görüntüler ikili görüntülere dönüştürülürken orta nokta olarak 128 değeri (eşik değeri) seçilmektedir. 128 değerinden küçük değere sahip pikseller 0 değeriyle, 128 değerinden büyük değere sahip pikseller ise 255 değeriyle değiştirilerek görüntünün siyah ve beyaz renklere değişimi gerçekleştirilir.

### 3.2.2.3. RGB Görüntü Modeli

RGB görüntü modeli temel olarak kırmızı (Red), yeşil (Green) ve mavi (Blue) olmak üzere 3 adet ana renkten oluşmaktadır. Bu 3 ana rengin birleşmesiyle ise ikincil renkler meydana gelmektedir. Bu renkler 0 ile 1 arasındaki değerlerle gösterilmektedir. RGB’de bulunan her bir renk 8 bit olarak kodlanmaktadır. Kırmızı, yeşil ve mavi olmak üzere 3 farklı ana renkten oluşan RGB görüntü modeli 24 bit olarak kodlanmaktadır. 8 bit  $2^8(256)$  olan bir görüntünün 0 ile 255 arasında değişebilen Şekil 3.26.’de gösterildiği gibi 256 adet farklı renk tonu bulunmaktadır (Gonzalez ve Woods, 2008). Kartezyen koordinat sisteminde  $(255,0,0)$  sayısal renk değerinden oluşan pikseller kırmızı,  $(0,255,0)$  sayısal renk değerlerinden oluşan pikseller yeşil,  $(0,0,255)$  sayısal renk değerinden oluşan pikseller mavi rengi vermektedir.



Şekil 3.26. RGB renk modeli gösterimi (Gonzalez ve Woods, 2008)

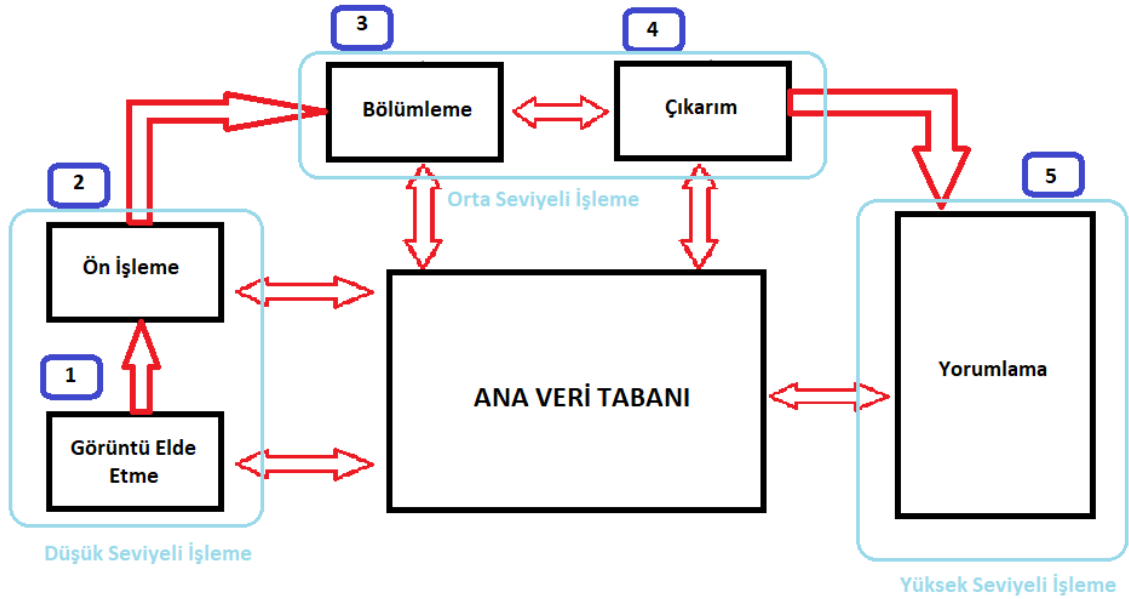
Şekil 3.27.’de örnek bir görüntünün üzerinde yazılış sırasıyla ilk olarak RGB görüntü modeli, ikinci olarak gri seviyeli görüntü modeli ve son olarak ikili görüntü gösterilmiştir.



Şekil 3.27. Örnek bir görüntünün farklı renk uzaylarında gösterimi

### 3.2.3. Görüntü İşleme Teknikleri

Görüntü işleme temel olarak düşük seviyeli işleme, orta seviyeli işleme ve yüksek seviyeli işleme olmak üzere 3 ana bölümden oluşmaktadır. Düşük seviyeli işleme adımında analog olarak elde edilen görüntü dijital yani sayısal görüntüye çevrilir ve ön işleme adımları uygulanır. Orta seviyeli işleme adımında ön işleme adımları uygulanan görüntülere bölümlenme, tanıma ve gösterim işlemleri uygulanır. Son olarak yüksek seviyeli görüntü işleme adımında ise görüntülere ait tanıma işlemleri ve yorumlama işlemleri uygulanmaktadır. Şekil 3.28.'de temel olarak bir görüntüye ait görüntü işleme adımları gösterilmiştir.



Şekil 3.28. Görüntünün İşleme Adımları

- **Görüntü Elde Etme:** Görüntü işlemede ilk olarak yapılan, sayısal görüntünün elde edildiği adımdır.
- **Ön İşleme:** Sayısal görüntü elde edildikten sonraki adım olarak kabul edilmektedir. Bu aşamada ise elde edilen sayısal görüntünün daha verimli ve doğru sonuçlar vermesi için çeşitli ön işleme adımları gerçekleştirilmektedir. Bu işlemler görüntü onarımı, görüntü iyileştirme, görüntü sıkıştırma olarak sıralanabilir.
- **Bölümlenme:** Bölümlenme temel olarak bir görüntüde bulunan nesnelere, maddelere, arka planı veya ilgilenilen kısımları ayırtmada kullanılır. Görüntüdeki nesnelere sınırlarını veya alanlarını tespit ederek görüntü üzerinden ham bilgiler elde edilir.
- **Çıkarım:** Bu aşamada görüntülerde elde edilmesi amaçlanan ham bilgiler,

nesnelere veya görüntülerde ilgilenilen ayrıntılar ön plana çıkarılır.

- **Yorumlama:** Yüksek seviyeli işlemler olarak adlandırılan bu aşamada çeşitli karar mekanizmaları bulunmaktadır. Görüntülerde bulunan nesnelere ayrımı, nesnelere arka plandan çıkarılması, nesnelere veya belirli bölgelerin etiketlenmesi ve sınıflandırılması bu aşamada yapılmaktadır.

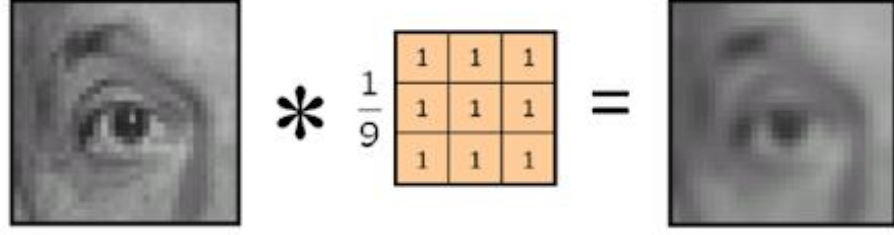
### 3.2.3.1. Görüntü Filtreleme

Görüntü işleme çalışmalarında görüntü filtreleme genellikle görüntülerin içerisinde bulunan istenmeyen durumları ortadan kaldırmak, gürültüleri gidermek, görüntünün yumuşatılması, görüntülerde bulunan nesnelere veya yapıların kenarlarının daha belirgin hale getirilmesi, istenen verinin elde edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu bölümde görüntü filtreleme çeşitlerinden ortalama filtresi (Mean), orta değer filtresi (Medyan), Gauss düzleştirme filtresinden bahsedilecektir.

Görüntü filtreleme girdi görüntüsü  $f(i,j)$  matrisi ve filtre fonksiyonuyla yani  $h(i,j)$  matrisiyle konvolüsyon yapılarak uygulanmaktadır. Konvolüsyon işleminde bir çekirdek şablonu görüntü üzerindeki piksellerde kaydırılır ve değeri görüntü üzerindeki uygun piksellerle çarpılır. Belirli uygulamalar veya özel uygulamalar için  $3 \times 3$ ,  $5 \times 5$  ve  $7 \times 7$  matrislik çekirdek şablonları kullanılabilir (Altuntaş ve Çorumluoğlu, 2011).

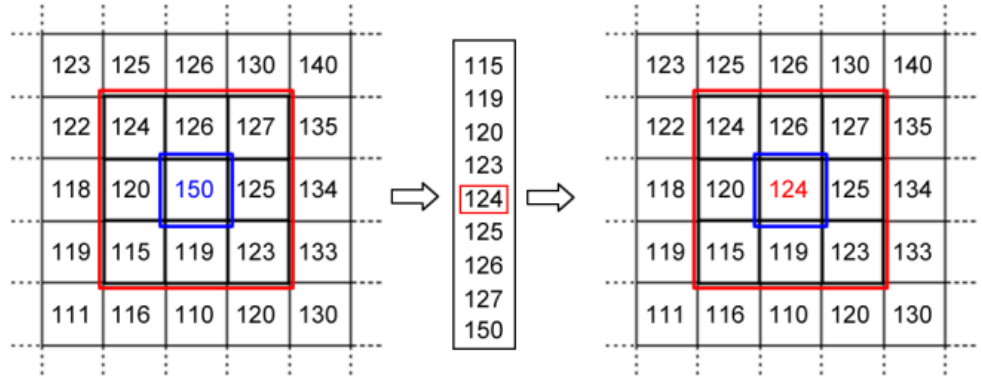
- **Ortalama Filtresi (Mean):** Bu filtre genellikle görüntüleri yumuşatma, bir piksel ile diğer pikseller arasındaki değişim miktarını azaltmak gürültüyü minimize etmek amacıyla kullanılmaktadır. Görüntüyü filtreleme yollarından uygulanması en kolay olanlardan biridir. Ortalama filtresi bir görüntünün sahip olduğu her bir piksel değerini komşularının dahil olduğu ve kendisinin dahil olduğu ortalama değer ile değiştirmektedir. Değer değişimleri bazı çalışmalarda çok güzel sonuçlar verirken bazı çalışmalarda ise görüntünün kötüleşmesine neden olmaktadır. Resmi çok iyi temsil etmeyen bir değere sahip piksel, yakınında bulunan komşu piksellerin ortalama değerlerinin değiştirip, görüntünün değişmesine neden olabilmektedir.

Şekil 3.29.'da tüm piksellere eşit ağırlıkların verildiği  $3 \times 3$  şablon matrisi kullanılmıştır. Filtreleme işleminden sonra görüntünün bulanıklaştığı görülmektedir.



Şekil 3.29. Ortalama Filtresi Uygulanması (Digital Image Processing, 2022)

- **Orta Değer Filtresi (Medyan):** Medyan filtresi olarak da isimlendirilebilen bu filtre görüntülerde bulunan gürültüyü azaltmak için kullanılmaktadır. Ortalama değer filtresinde olduğu gibi bu filtrede de komşu piksel değerleri kullanılmaktadır. Komşu piksel değerlerinin sıralanıp sıranın ortasında bulunan değeri almaktadır. Eğer incelenen bölgede çift sayıda piksel olduğu durumda, orta değer olarak ortadaki iki pikselin ortalamasını almaktadır. Şablon büyüklüğü arttıkça pürüzsüzleştirme yani yumuşatma etkisi de artmaktadır.



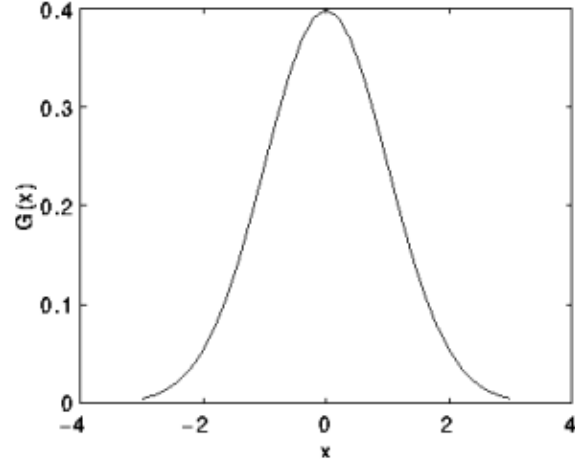
Şekil 3.30. Orta Değer Filtresi Piksel Değişimi (Görüntü İşleme Ders Notları 5.Hafta, 2022)



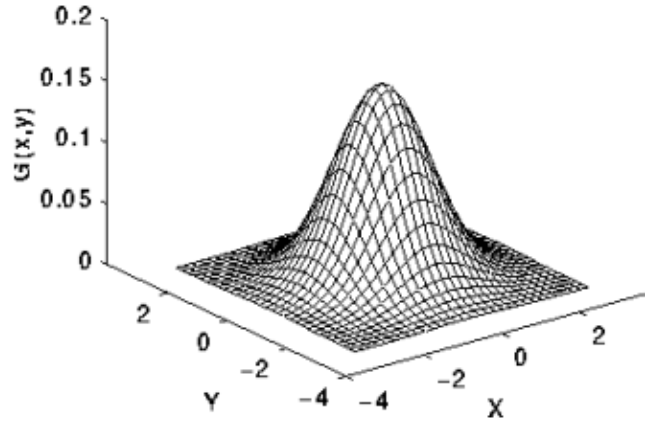
Şekil 3.31. Orta Değer Filtresi Uygulanması (Digital Image Processing, 2022)

- **Gauss Düzleştirme Filtresi:** Gauss düzleştirme filtresi görüntüleri yumuşatma, bulanıklaştırma, ayrıntıları ve gürültüleri ortadan kaldırmak için kullanılmaktadır. 2 boyutlu düzlem ve 3 boyutlu uzay için formülasyonu ve çan eğrisi şeklinde grafiği Şekil 3.32.'de bulunmaktadır. Formülde  $\sigma$  (sigma) değeri dağılımın standart sapmasını, x ve ye değerleri ise satır ve sütunları ifade etmektedir.

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$



$$G(x,y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

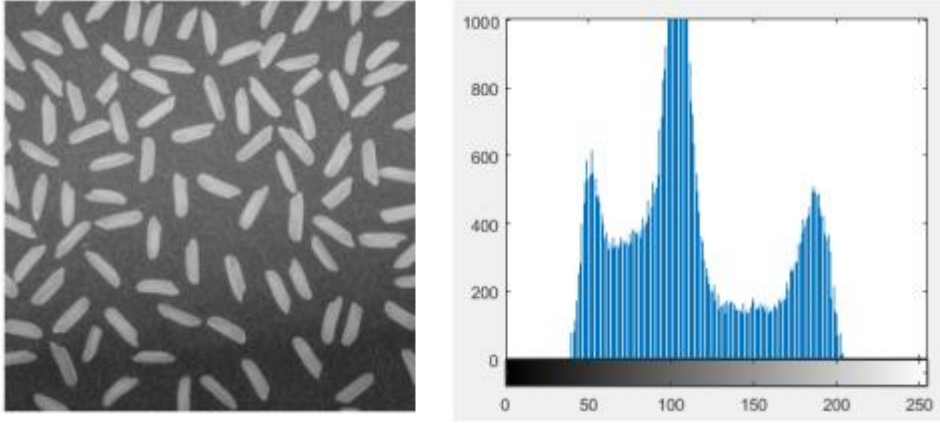


Şekil 3.32. Gauss Düzleştirme Filtresi Uygulanması (Görüntü İşleme Ders Notları 5.Hafta, 2022)

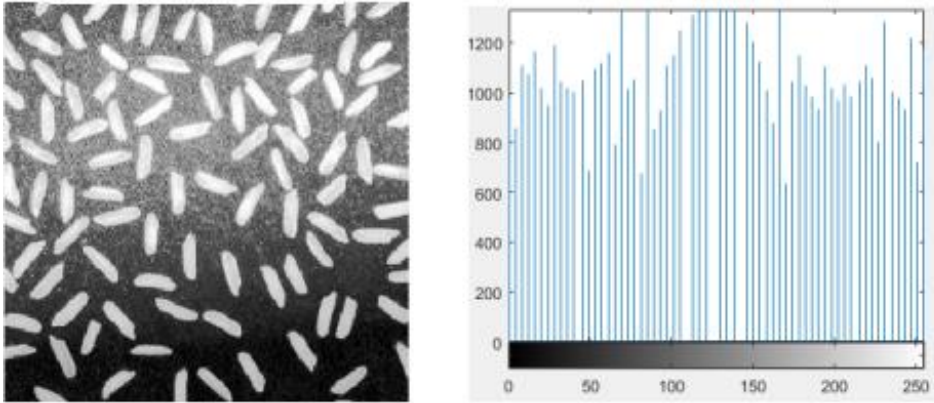
### 3.2.3.2. Histogram Kavramı

Histogram işlemi temel olarak bir görüntüde bulunan her piksel değerinin kaç adet olduğunun grafikte gösterilmesidir. Bir görüntünün görünümünü değiştirerek, görüntünün yoğunlaştırılması, zayıflatılması, kontrastının artırılıp azaltılmasında kullanılmaktadır. Koyu renkli bir görüntünün histogram grafiği düşük gri seviye bölgesine, parlak açık renkli bir görüntünün histogram grafiği yüksek gri seviye bölgesine yayılmaktadır. Görüntü düşük kontrasta sahipse histogram grafiği dar bir bölgeye, görüntü yüksek kontrasta sahipse histogram grafiği eşit yayılmış olacaktır.

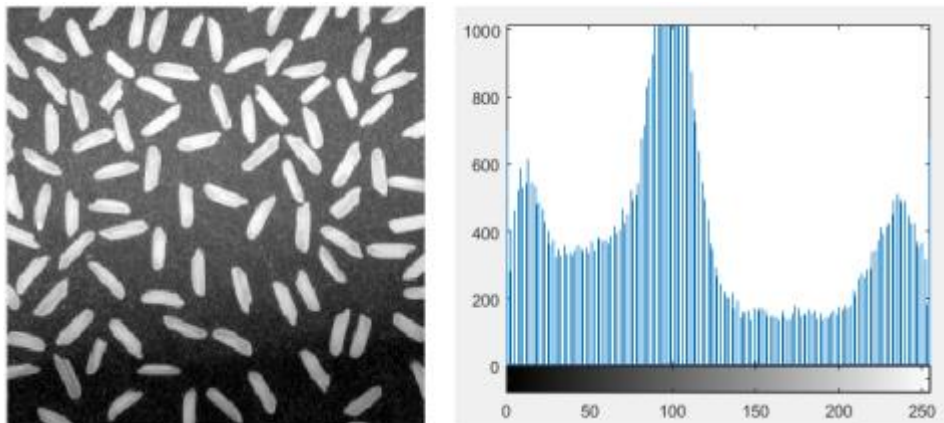
Histogramlarda y eksenini gri seviyesini, x eksenini ise kaç adet piksel değeri olduğunu vermektedir. Histogramlarda görüntüyü geniş alana yayma işlemi germe ve eşitleme olmak üzere 2 farklı yapıda yapılabilmektedir. Renk dağılımı düzgün olmayan görüntülerde iyileştirme metodu olarak kullanılmaktadır.



Şekil 3.33. Orijinal Görüntü ve Histogram Grafiği (Baygın, 2018)



Şekil 3.34. Histogram Eşitleme Uygulanmış Görüntü ve Histogram Grafiği (Baygın, 2018)



Şekil 3.35. Histogram Germe Uygulanmış Görüntü ve Histogram Grafiği (Baygın, 2018)

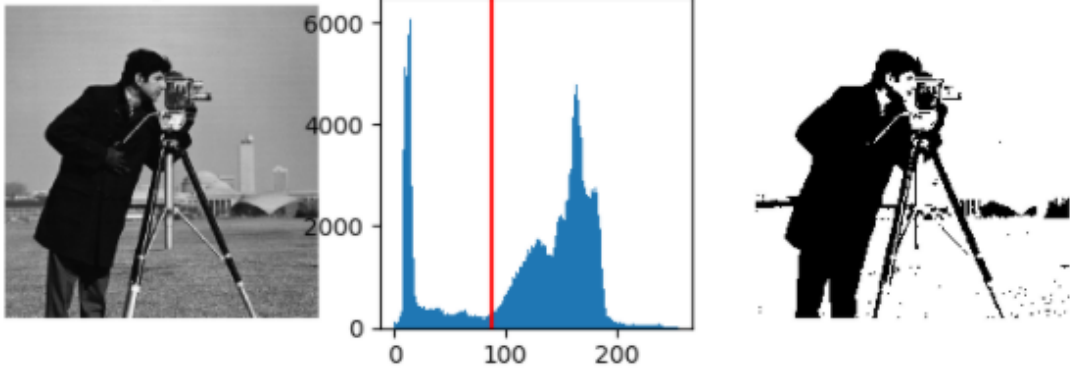
### 3.2.3.3. Eşik Değer Belirleme (Eşikleme)

Görüntü işlemenin en temel konularından biri eşikleme yöntemidir. Eşikleme yöntemi görüntü bölütleme amacıyla kullanılmaktadır. Eşik değer belirleme olarak da isimlendirilen bu yöntemde uygulanacak görüntüye göre uygun bir eşik değeri kullanılarak görüntü içerisindeki nesnelere arka plandan ayırmak ve istenmeyen detayları görüntüden çıkarmak için kullanılmaktadır (Aqeel, 2015). Eşik değerinin belirlenmesinde yaygın olarak görüntülerdeki gri seviye dağılımlarını gösteren histogramdan faydalanılmaktadır. Histogram üzerinden belirlenen T eşik değeri ile görüntüde bulunan piksel değerleri karşılaştırılacaktır. Eşik değeri belirleme algoritmaları görüntülerin gri seviyedeki görüntüye dönüştürülmesiyle uygulanmaktadır. Gri seviyesindeki bir görüntünün değeri 0-255 aralığındadır. Belirlenen eşik değeriyle birlikte görüntü ikili görüntüye dönüştürülecektir. Başka bir deyişle görüntü histogramında bulunan piksel değerlerinin yoğunluk seviyelerine bağlı olarak kümelere ayırma işlemi gerçekleştirilecektir. Yani eşik değerinin altında kalan değerler 0, eşik değerinin üzerinde kalan değerler 1 değerini alacaktır. T eşik değeri ve  $f(x,y)$  eşik değeri fonksiyonuna ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$f(x,y) = \begin{cases} 255, & \text{eğer } f(x,y) > T(x,y) \text{ ise} \\ 0, & \text{eğer } f(x,y) \leq T(x,y) \text{ ise} \end{cases} \quad (\text{Denklem 3.1})$$

Eşik değerinin doğru seçilmesi kritik öneme sahiptir. T eşik değerinin olması gereken değerden fazla veya az seçilmesi görüntünün içeriğinin zarar görmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle yapılmış T eşik değerini otomatik hesaplayabilen birçok algoritma bulunmaktadır. Ayrıca birden fazla eşik değeri belirlenip, görüntülere uygulayabilen metotlarda mevcuttur. Bu metotlardan en çok bilinen ve tercih edilen Otsu eşikleme yöntemi örneklendirilecektir.

Otsu eşikleme yöntemi kullanılırken görüntülerin arka planı ve ön planı olmak üzere 2 renk sınıfı oluşturulması varsayılmaktadır (Otsu, 1979). Bu iki sınıfı ayıran optimum eşik T değerini bulmak için sınıf içi varyans değeri minimum olacak şekilde hesaplanmaktadır. Sınıf içi varyans değeri minimum değerinde iken sınıflar arası varyans değeri maksimum değerini almaktadır. Her bir eşik değeri için sınıf içi ve sınıflar arası varyans değeri hesaplandıktan sonra en küçük sınıf içi varyans ve en büyük sınıflar arası varyans değerini veren eşik değeri en uygun değer olarak kabul edilir. Otsu eşikleme yöntemi uygulanmış görüntü Şekil 3.33.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.36. Örnek Görüntünün Eşiklenmesi (Tresholding Example, 2022)

### 3.2.4. Matematiksel Morfoloji İşlemler

Görüntü ön işleme adımlarından biri olan Matematiksel Morfolojik işlemlerin yapısını geometrik hesaplamalar oluşturmaktadır. Bu morfolojik işlemler sayısal görüntüler üzerinde bulunan eksik noktaları tamamlama ve fazlalık olan kısımların giderilmesi amacıyla sıkça kullanılmaktadır. Morfolojik işlemlerde yapısal eleman olarak bulunan daire, kare ve dikdörtgen görüntü üzerinde gezdirilerek görüntüye eklenecek kısımlar ve çıkarılacak kısımlar belirlenir. Çizelge 3.1.'de 4x4 boyutlarına sahip bir yapısal eleman örneği gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. 4x4 Yapısal Örnek

1	1	0	1
0	0	1	0
1	0	1	0
1	1	1	1

Bu metot genellikle ikili(binary) görüntü modelinde siyah-beyaz görüntüler üzerinde kullanılmaktadır. En çok kullanılan ve bilinen matematiksel morfoloji işlemleri aşınma (erozyon), genişleme(dilasyon), açma ve kapama işlemleridir. Morfolojik görüntü işleme tekniklerinde kullanılan aşınma(erozyon) ve genişleme(dilasyon) yöntemleri temel olarak kabul edilmektedir. Açma ve kapama yöntemleri bu iki temel işleminden türetilmiştir.

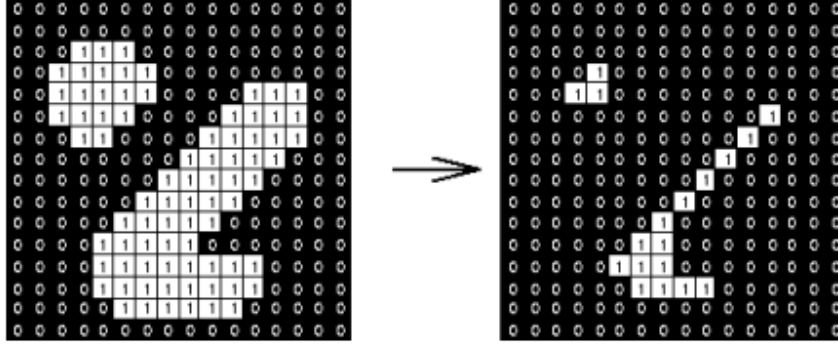
#### 3.2.4.1. Aşınma (Erozyon)

Aşındırma işlemi ikili görüntülerde bulunan nesnelere küçültme, inceltme, dairesel boşluk bulunan kısımlarda genişleme ve bitişik olarak bulunan cisimlerde

ayrılma yapmak amacıyla kullanılmaktadır. A görüntü matrisi, B yapısal eleman olarak belirtilen aşınma işlemine ait matematiksel ifade aşağıda verilmiştir. Şekil 3.37.'de aşındırma işlemine örnek bir uygulama bulunmaktadır.

$$A \ominus B = \{z | (B)_z \subseteq A\}$$

A: Görüntü Matrisi, B: Yapısal eleman (Denklem 3.2.)



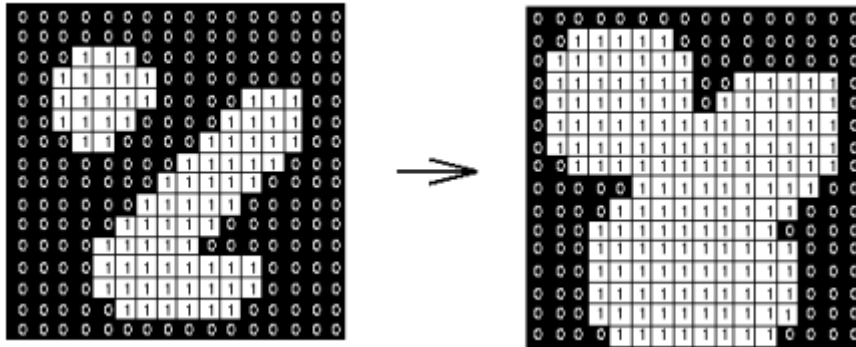
Şekil 3.37. Aşınma İşlemi (Aşınma-Genleşme Gösterimi, 2022)

### 3.2.4.2. Genleşme (Dilasyon)

Genleşme işlemi aşınma işleminin tam tersi olarak ikili görüntülerde bulunan nesnelere büyütme, kalınlaştırma amacıyla kullanılmaktadır. Görüntülerde bulunan kalınlaştırma ve büyütme işlemleri yapısal eleman kullanılarak kontrol altına alınmaktadır. Görüntü yapısal elemanın keşiştiği kadar büyümekte ve kalınlaşmaktadır (Gonzalez ve Woods, 2008). A görüntü matrisi, B yapısal eleman olarak belirtilen genleşme işlemine ait matematiksel ifade aşağıda verilmiştir. Şekil 3.38.'de genleşme işlemine örnek bir uygulama bulunmaktadır.

$$A \oplus B = \{z | [(B)_z \cap A] \subseteq A\}$$

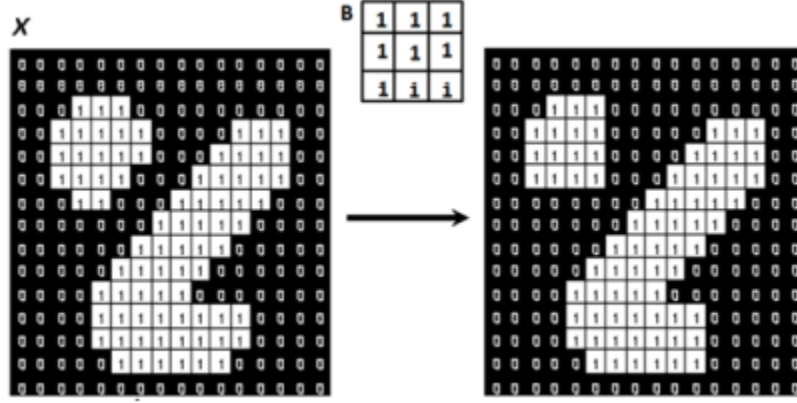
A: Görüntü Matrisi, B: Yapısal eleman (Denklem 3.3.)



Şekil 3.38. Genleşme İşlemi (Aşınma-Genleşme Gösterimi, 2022)

### 3.2.4.3. Açma

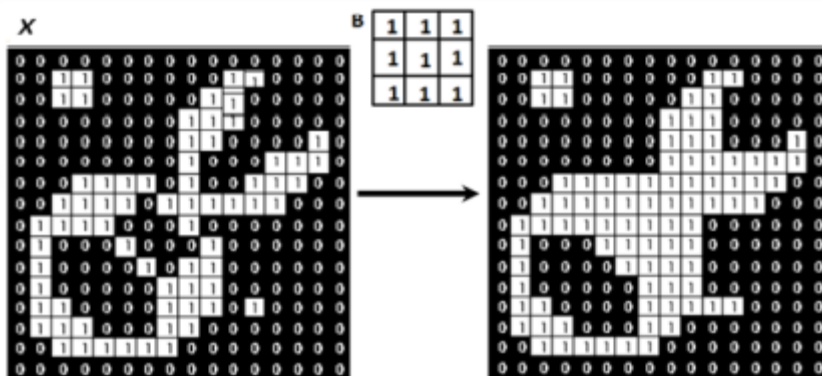
Açma işlemi görüntüye önce aşınma işleminin yapılmasının ardından genişleme işleminin yapılmasıyla meydana gelmektedir. Açma işleminin yapılmasının amacı görüntüde bulunan gürültüler giderilmesi, küçük nesnelerin ortadan kaldırılmasıdır. Şekil 3.39.'da açma işlemine örnek bir uygulama bulunmaktadır.



Şekil 3.39. Açma İşlemi (Aşınma-Genleşme Gösterimi, 2022)

### 3.2.4.4. Kapama

Kapama işlemi açma işleminin tam tersidir. Görüntüye önce genişleme işleminin yapılmasının ardından aşınma işleminin yapılmasıyla meydana gelmektedir. Kapama işleminin yapılmasının amacı görüntünün bir bütün haline getirilmesi ve görüntü üzerinde yer alan belirsiz noktaların kaldırılmasıdır. Şekil 3.40.'da kapama işlemine örnek bir uygulama bulunmaktadır.



Şekil 3.40. Kapama İşlemi (Aşınma-Genleşme Gösterimi, 2022)

### 3.2.5. Görüntü Bölütleme

Görüntü bölütleme, görüntü onarma ve görüntü iyileştirmeden farklı olarak, görüntü analizi ile ilgilidir. Bu aşamada analizi yapılacak görüntüyü gösterime, tanılama ve yorumlamaya hazırlanmaktadır. Görüntü bölütleme basit bir ifadeyle görüntüyü her biri içerisinde farklı özelliklerin belirtildiği anlamlı bölgelere ayırma işlemi olarak açıklanabilir. Görüntü bölütleme yöntemleri uygulama yapılacak görüntüye ve başarımlarına göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu nedenden dolayı görüntülere uygulanabilecek genel bir görüntü bölütleme yöntemi bulunmamaktadır.

Genel olarak bölütleme algoritmaları gri seviye değerlerinde bulunan iki temel özellikten birine göre tasarlanıyor olup, bu özellikler görüntü içerisindeki gri seviye değerlerindeki süreksizlikler ve benzerlikler ile ilgilidir (Gonzalez ve Woods, 2008). Süreksizlik tabanlı görüntü bölütleme algoritmalarını temel çalışma prensibi, görüntü üzerinde bulunan ince çizgiler veya resim kenarlarının gri renk seviyesindeki hızlı değişiklikleri temel alarak çeşitli maskeler kullanarak gerçekleştirilmektedir. Benzerlik tabanlı görüntü bölütleme algoritmaları ise bölge bölütlemesi olarak adlandırılmakla beraber görüntü eşikleme, görüntü büyütme, görüntü bölme ve görüntü birleştirme işlemleri uygulanmaktadır.

### 3.2.6. Kenar Bulma Algoritmaları

Görüntü işleme tekniklerinde bulunan en önemli kavramlardan birisi kenar çıkarma işlemleridir. Görüntülere bazı ön işlemler uygulandıktan sonra görüntüye belirli filtreler uygulanması sonucunda görüntüde yer alan nesnelerin kenarları elde edilmektedir. Literatürde birçok kenar bulma algoritmaları bulunmaktadır. Bu yöntemlerden en önemlileri ve tercih edilenleri aşağıda sıralanmıştır. Bütün bu kenar tespit algoritmaları, kalite kontrol uygulamaları dahil olmak üzere birçok kullanım alanında ve görüntü özelliklerine göre farklı alanlarda kullanılabilirlerdir.

- **Canny Kenar Bulma Algoritması:** Canny algoritması 1986 yılında F.Canny tarafından geliştirilmiştir. Şekil 3.41.'de bulunan 2x2 maske matrisini kullanmaktadır. Maske matrisinde bulunan a değeri sıfır olabilmekle beraber uygulama alanına göre değişiklik yapılabilir. Genellikle kenar bulma işlemlerinde bu değer  $0,707(1/\sqrt{2})$  olarak tercih edilmektedir.

+1	-1
0	-a

G<sub>x</sub>

+1	0
-1	-a

G<sub>y</sub>

Şekil 3.41. Canny Kenar Bulma Algoritması Maske Matrisi (Önal, 2018)

- **Sobel Kenar Bulma Algoritması:** Bu algoritma günümüzde öznitelik tespiti ve öznitelik çıkarımı gibi birçok görüntü işleme alanında tercih edilmektedir. Prewitt kenar bulma algoritmasından daha gelişmiş olup yapı olarak benzerlikleri bulunmaktadır. Bu kenar bulma yönteminde Prewitt kenar algoritmasında bulunan maske matrislerinin kat sayıları değiştirilmiştir ve kenar değeri hesaplanacak piksel ile aynı doğrultuda bulunan diğer çiftlere daha fazla ağırlık verilmesi amaçlanmıştır. Böylece x-ekseni maske matrisinde x-ekseni doğrultusundaki komşuluklar ve y-ekseni maske matrisinde y-ekseni doğrultusundaki komşulukların daha fazla ağırlıklandırılmıştır. Sobel kenar bulma algoritması Şekil 3.42.'deki maske matrislerini kullanmaktadır.

-1	0	+1
-2	0	+2
-1	0	+1

G<sub>x</sub>

+1	+2	+1
0	0	0
-1	-2	-1

G<sub>y</sub>

Şekil 3.42. Sobel Kenar Bulma Algoritması Maske Matrisi (Önal, 2018)

- **Prewitt Kenar Bulma Algoritması:** Sayısal görüntülerde geniş bir uygulama alanında kenar tespit işlemlerinde kullanılmaktadır. Robert Cross kenar bulma algoritmalarına benzer bir yaklaşımla kenar tespiti yapmaktadır. Robert Cross kenar bulma algoritmasından farkı kullanılan maske matrisinin boyutudur. Bu yöntemde, maskenin ortasında yer alan eleman ile kenar değeri hesaplanacak piksel değerinin çarpılması esas alınmıştır. Şekil 3.43.'deki 3x3 maske matrisini kullanmaktadır.

-1	0	+1
-1	0	+1
-1	0	+1

G<sub>x</sub>

+1	+1	+1
0	0	0
-1	-1	-1

G<sub>y</sub>

Şekil 3.43. Prewitt Kenar Bulma Algoritması Maske Matrisi (Önal, 2018)

- **Robert Cross Kenar Bulma Algoritması:** İlk kenar tespit algoritmalarından birisi olup Lawrence Roberts tarafından 1963 yılında geliştirilmiştir. İlk çıktığı yıllarda en önemli avantajlarından biri küçük boyutlu ve sadece tam sayı değeri alabilen maske matris yapısına sahip olmasıydı. Ancak bilgisayar sistemlerinin hızlarının gelişmesiyle birlikte ve gürültüden etkilenmesinden dolayı bu avantajını kaybetmiştir (Davis, 1975). Gri görüntü üzerinde işlem yapmaktadır ve Şekil 3.44.'deki 2x2'lik maske matris yapısına göre kenar bulma işlemini gerçekleştirmektedir. Kullanım olarak Sobel kenar bulma algoritmasına benzemektedir.

+1	0
0	-1

**G<sub>x</sub>**

0	+1
-1	0

**G<sub>y</sub>**

Şekil 3.44. Robert Cross Kenar Bulma Algoritması Maske Matrisi (Önal, 2018)



Şekil 3.45. Kenar Bulma Algoritması uygulanacak gri görüntü



Sobel Kenar Bulma Alg. Prewitt Kenar Bulma Alg. Robert Cross Kenar Bulma Alg. Canny Kenar Bulma Alg.

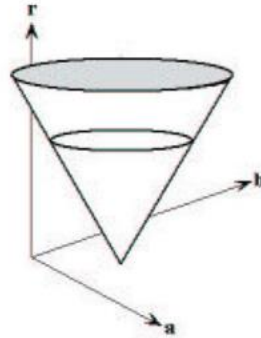
Şekil 3.46. Örnek gri görüntüye 4 farklı kenar bulma algoritmasının uygulanması

### 3.2.7. Hough Dönüşümü

Hough dönüşümü, Hough (1962) tarafından tasarlanmış ve daha sonraki yıllarda birçok yazar tarafından geliştirilerek farklı görüntü işleme uygulamalarında kullanılmıştır (Aydoğan, 2018). Hough dönüşümü matematiksel olarak ifade edilebilen düz doğru, çember ve elips gibi düzgün geometrik şekillerin saptanmasında kullanılabilen bir görüntü işleme metodudur. Hough dönüşümü x,y düzlemindeki bir noktanın parametre uzayına dönüşümü olarak tanımlanabilir. Parametre uzayı ilgilenilen nesnenin şekline göre değişmektedir.

#### 3.2.7.1. Dairesel Hough Dönüşümü

Hough dönüşümüyle daire algılama işleminde ilk adım, kaynak görüntünün kenarlarının belirlenmesidir. Her bir kenar noktasında merkezi bu kenar noktası olmak üzere belirlediğimiz yarı çap büyüklüğünde bir daire çizilir. Bu çizim işlemi x eksenini a, y eksenini b ve yarı çap r olmak üzere Şekil 3.47.'de bulunan parametre uzayında yapılır. Bir dairenin denklemi 3.4.'de ve parametrik gösterimi 3.5'de bulunan denklemlerde verilmiştir.



Şekil 3.47. Hough dönüşümünde kullanılacak parametre uzayı

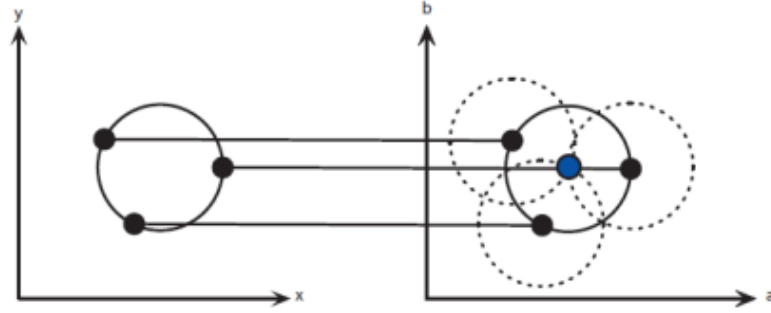
$$(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2 \text{ (Denklem 3.4.)}$$

$$x = a + r \cdot \cos(\theta)$$

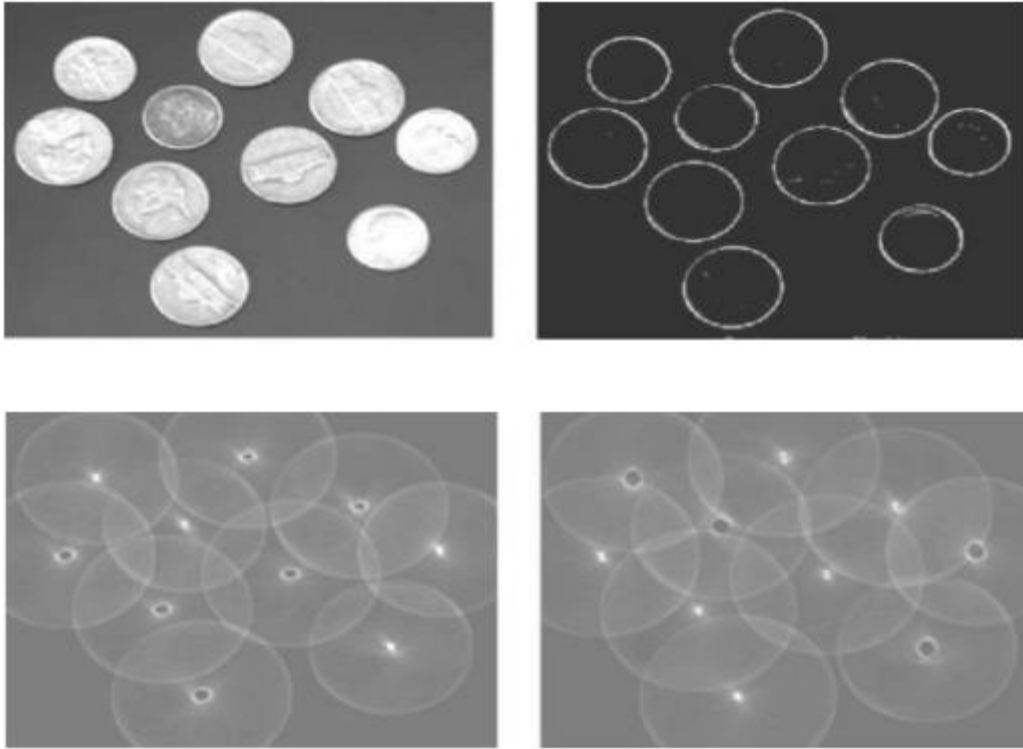
$$y = b + r \cdot \sin(\theta) \text{ (Denklem 3.5.)}$$

Bu işlemin ardından parametre uzayı ile aynı büyüklükte bir matris olan akümülatör, çizilen dairenin koordinatları kullanılarak artırılır. Bütün kenar noktalarına bu işlemler uygulandıktan sonra dairelerin tespiti için akümülatör kullanılır. Akümülatörün içerisindeki sayılar o koordinattan geçen dairelerin sayısını göstermektedir. Buradaki en yüksek sayıyı içeren koordinat dairenin merkezi olarak seçilmektedir. Şekil 3.48.'de gösterilen ilk resimde bir dairenin kenarlarında yer alıp

almadığı tespit edilecek olan üç nokta vardır. Diğer ikinci resimde ise merkezi bu noktalar olan aynı yarıçapta üç farklı daire çizilmiştir. Dairelerin en çok kesiştiği kısım olan mavi nokta üzerinde toplam üç daire kesişmiştir ve Hough dönüşümünün sonucu olarak bu nokta, üç noktanın da üzerinde bulunduğu dairenin merkezi olarak belirlenmiştir (Ballard, 1981).



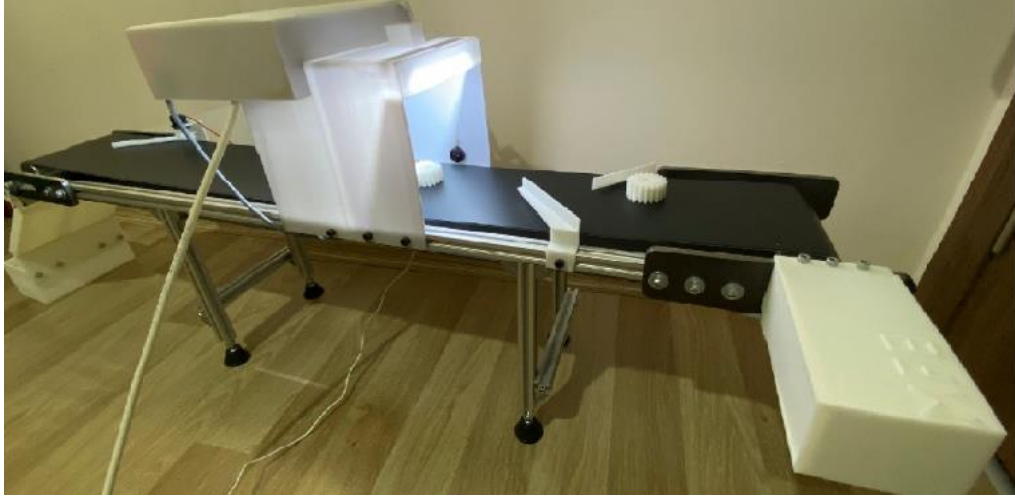
Şekil 3.48. 3 nokta ve sabit bir yarıçap yardımıyla yapılan Hough dönüşümü (Ballard, 1981)



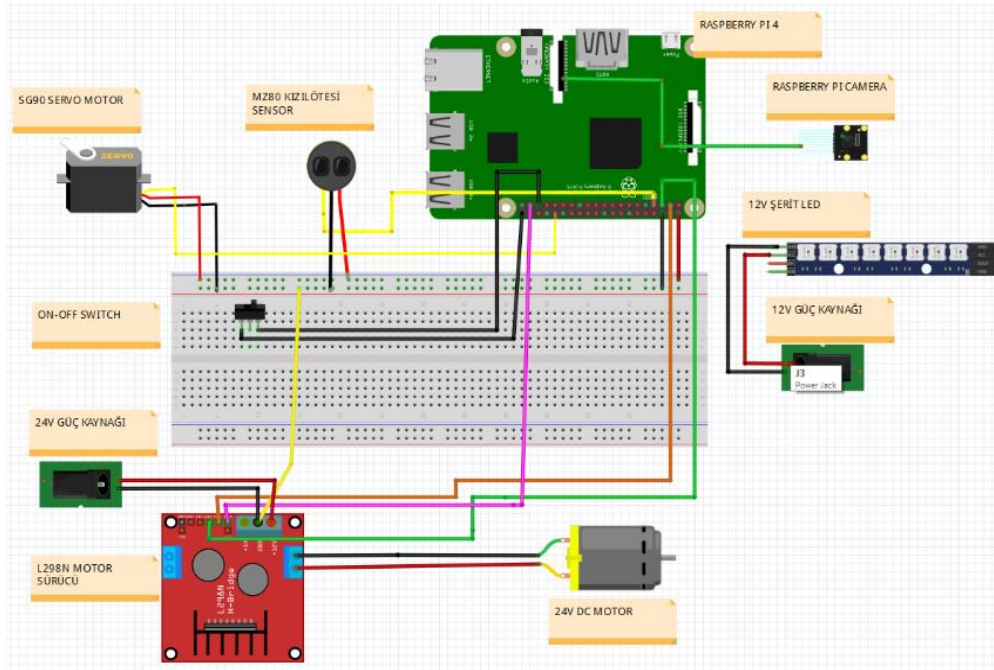
Şekil 3.49. Hough Dönüşümü yapılan bir uygulama (Khalili ve Hasani, 2014)

### 3.2.8. Ürüne Kalite Kontrol Yapılmasının Aşamaları

Görüntü işleme teknikleri kullanılarak fabrikalardaki ürünlerin kalite kontrol süreçlerinde, ürünlerin olası hatalı üretimlerinin tespitini kısa sürede ve doğru bir biçimde yapılabilmesi için geliştirilen iş gücü kaybını ortadan kaldırarak otomatik olarak çalışan konveyör sistemi Şekil 3.50.'de görülmektedir. Sistem üzerinde sistemin beyni olarak Raspberry Pi 4, Raspberry Pi Uyumlu Kamera Modülü, Raspberry Pi Kızılötesi Kamera Modülü, MZ80 Kızılötesi Sensör, Redüktörlü Motor, L298N Motor Sürücü Kartı, 24V DC güç kaynağı, SG90 Servo Motor, 12V DC güç kaynağı, elektronik modüller ve konveyör bant sistemi kullanılmıştır. Kullanılan ekipmanlara ait sistem devre şeması ise Şekil 3.51.'de görülmektedir.



Şekil 3.50. Oluşturulan Sistem

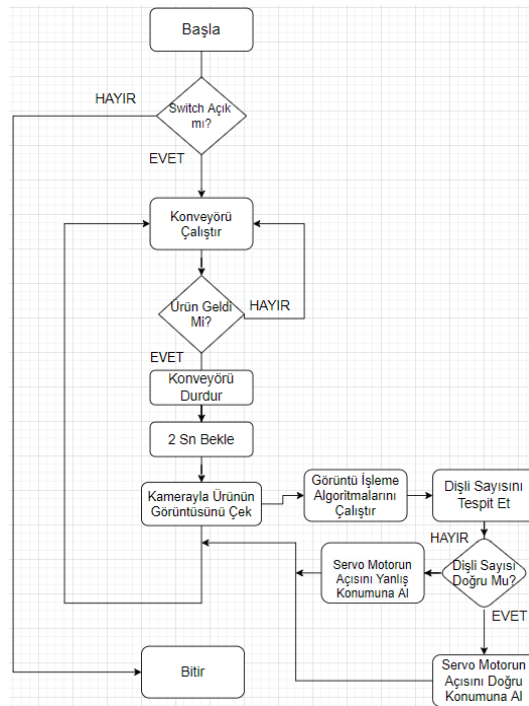


Şekil 3.51. Sistem Devre Şeması

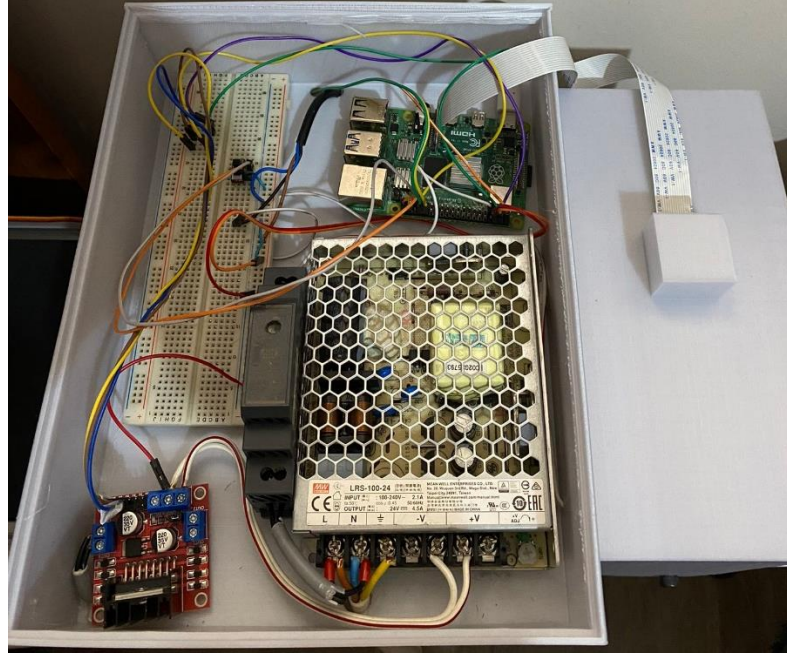
Görüntü işleme teknikleriyle kalite kontrol uygulamasına ait sistemin sözde kodu Çizelge 3.3.'te verilmiştir. Sözde koda ait akış şeması Şekil 3.52.'de ve sistem alt yapısı ise Şekil 3.53.'de görülmektedir.

**Çizelge 3.2. Sistem Sözde Kodu**

<b>1.Adım</b>	Başla
<b>2.Adım</b>	Eğer →Switch kapalı ise “12. Adım Bitir’e git” → Switch açık ise 3. adıma git
<b>3.Adım</b>	Konveyörü çalıştır
<b>4.Adım</b>	Eğer →Ürün geldiyse 5.adıma git → Ürün gelmediyse 3.adıma git
<b>5.Adım</b>	Konveyörü durdur
<b>6.Adım</b>	2 sn. bekle
<b>7.Adım</b>	Kamerayla ürünün görüntüsünü al ve görüntü işleme algoritmalarını çalıştır
<b>8.Adım</b>	Dişli sayısını tespit et
<b>9.Adım</b>	Eğer →Dişli sayısı doğru ise 10.adıma git → Dişli sayısı yanlış ise 11.adıma git
<b>10.Adım</b>	Servo motorun açısının konumunu doğru konumuna al ve 3. adıma git
<b>11.Adım</b>	Servo motorun açısının konumunu yanlış konumuna al ve 3. adıma git
<b>12.Adım</b>	Bitir

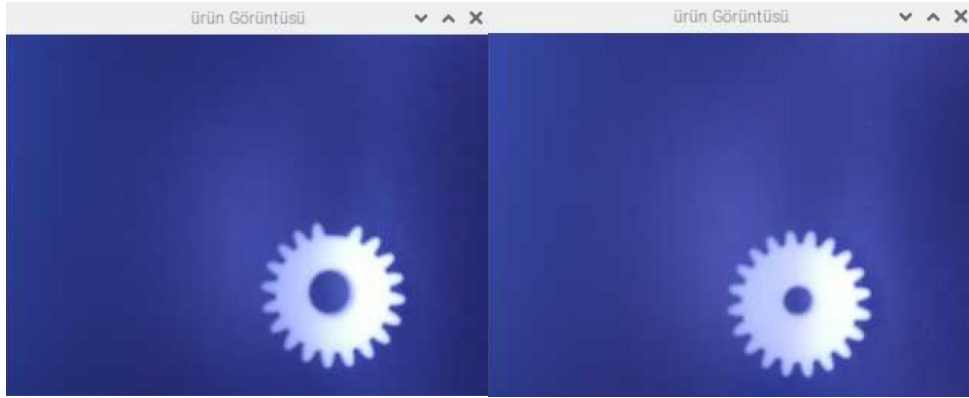


**Şekil 3.52. Sisteminin Yazılım Akış Şeması**



Şekil 3.53. Sistem Altyapısı

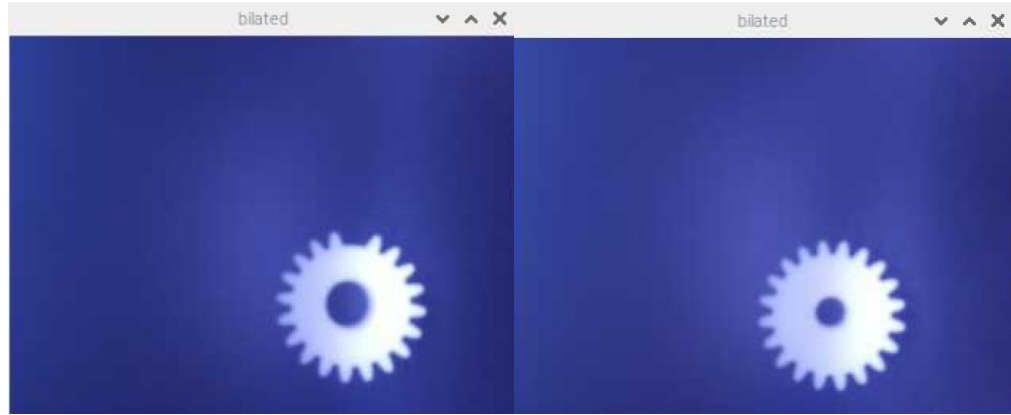
Ürünlerin hata tespiti ve kalite kontrol işlemlerinin yapılmasının ilk adımı konveyör bandının çalıştırılmasıdır. Konveyör bandının hareket ettirilmesiyle bant üzerindeki ürün sensörün önüne gelince bandın hareketi duracaktır. Bu esnada kamerayla konveyör üzerinde bulunan dişli ürünün görüntüsü Şekil 3.54.'deki gibi alınmıştır.



Şekil 3.54. Kameradan alınan hatalı ürün ve hatasız ürün görüntüsü

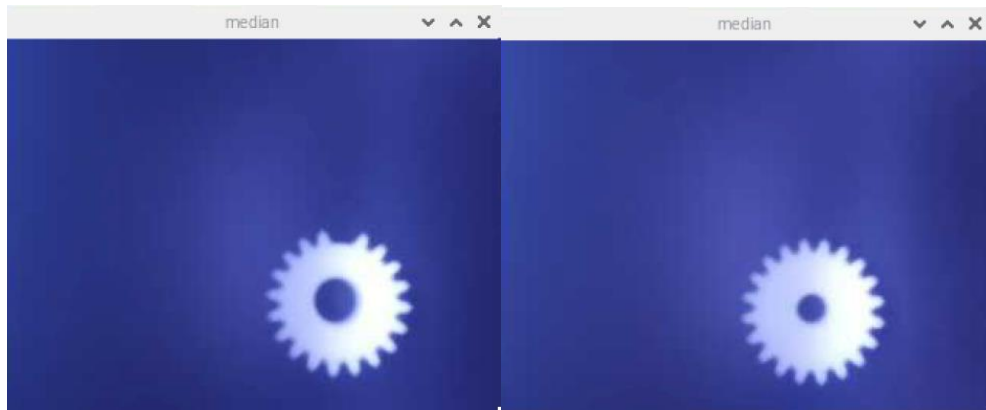
Görüntünün alınmasının ardından uygulanan görüntü işleme yöntemlerinden ilki Bilateral Filtreleme de denilen ikili filtreleme yöntemidir. Bu yöntem görüntüler üzerinde bulunan piksellerin yoğunluğunu yakınında bulunan piksellerden hesapladığı ortalama yoğunluk değeriyle değiştirmektedir (Phyton Bilateral Filtering, 2022). Piksel değerlerini değiştirme amacı ise; görüntüler üzerinde bulunan gürültülerin azaltılmasıdır. Görüntüler üzerinde gürültüler azaltılırken aynı zamanda kenarları koruduğundan dolayı bu filtrenin kullanılması tercih edilmiştir. Kameradan alınan hatalı

ürün ve hatasız ürünlere ait görüntülere bilateral filtre uygulanılan hali Şekil 3.55.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.55. Bilateral filtre uygulanılan hatalı ürün ve hatasız ürün görüntüsü

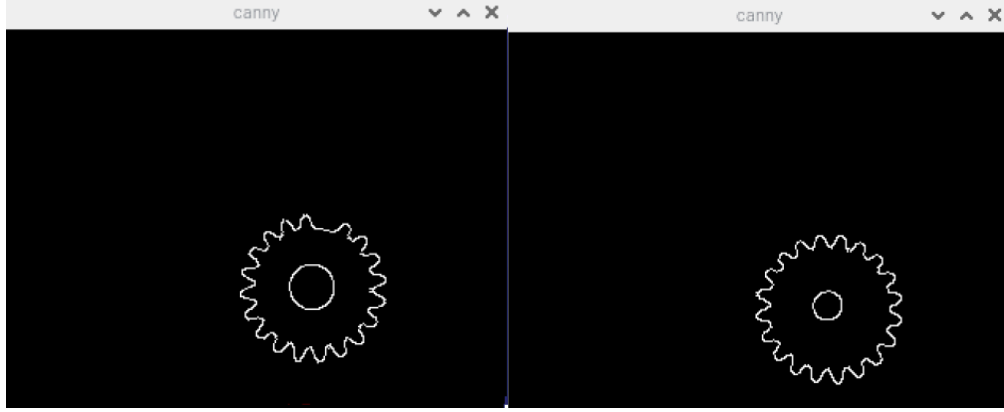
İkili filtreleme yönteminin ardından Medyan filtresi olarak da isimlendirilebilen bu filtre, görüntülerde bulunan gürültüyü azaltmak için kullanılmaktadır. Ortalama değer filtresinde kullanıldığı gibi bu filtrede de komşu piksel değerleri kullanılmaktadır. Komşu piksel değerlerinin sıralanıp sıranın ortasında bulunan değeri almaktadır (Python ile Görüntü İşleme:Mean ve Median Filtreler, 2022). Görüntü üzerinde incelenen bölgede çift sayıda piksel olduğu durumda, orta değer olarak ortada bulunan iki piksel değerinin ortalamasını almaktadır. Şablon büyüklüğü arttıkça pürüzsüzleştirme yani yumuşatma etkisi de artmaktadır. Medyan filtre uygulanılan hatalı ürün ve hatasız ürün görüntüsü Şekil 3.56.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.56. Medyan filtre uygulanılan hatalı ürün ve hatasız ürün görüntüsü

Görüntüye kenar tespiti algoritması uygulamasının sonucunda, nesnelerin sınırlarına, yüzey işaretlerinin sınırlarına ve ayrıca yüzey yönelimindeki süreksizliklere karşılık gelen eğrileri gösteren bir dizi bağlantılı eğriye yol oluşturulmaktadır. Ayrıca bir görüntüye kenar algılama algoritması uygulandığında, görüntü üzerinde işlenecek veri miktarını önemli derecede azaltmaktadır (Kenar Algılama, 2022). Bu nedenden

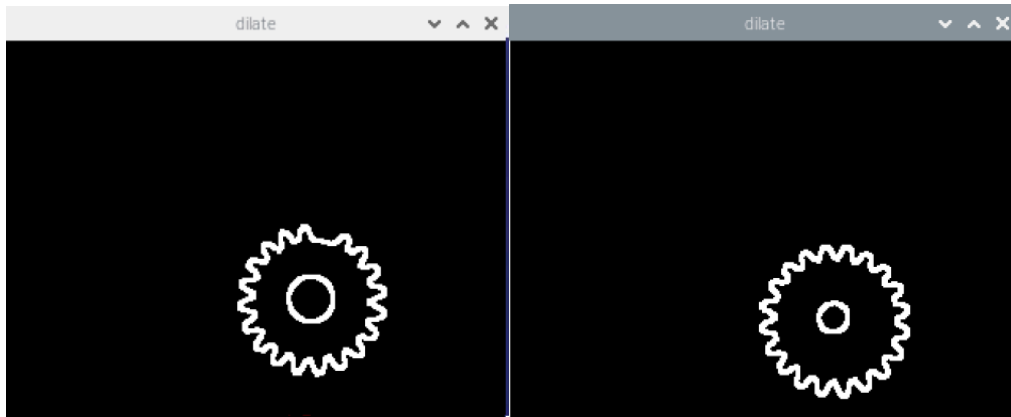
dolayı medyan filtresinin ardından görüntüye kenar tespit algoritmalarından Canny Kenar Tespit algoritması uygulanarak üründe bulunan dişli kısımların daha belirginleştirilmesi amaçlanmıştır. Canny Kenar Tespit algoritması uygulanılan hatalı ürün ve hatasız ürün görüntüsü Şekil 3.57.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.57. Canny Kenar tespit algoritması uygulanılan hatalı ürün ve hatasız ürün görüntüsü

Görüntü ön işleme adımı olarak tanımlanan Matematiksel Morfolojik işlemlerinin yapısını geometrik hesaplamalar oluşturmaktadır. Bu morfolojik işlemler sayısal görüntüler üzerinde bulunan eksik noktaları tamamlama ve fazlalık olan kısımların giderilmesi amacıyla sıkça kullanılmaktadır (Gonzalez ve Woods, 2008).

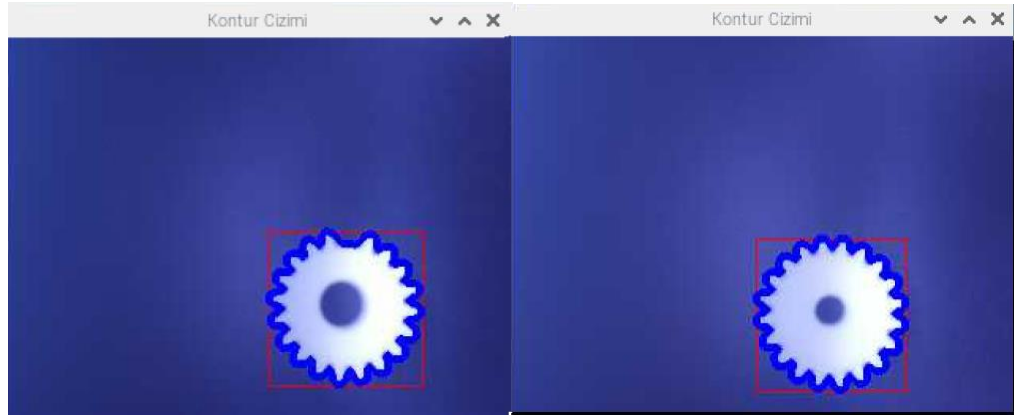
Kameradan alınan görüntüde bulunan eksik noktaları tamamlama, nesneyi büyütme ve kalınlaştırma amacıyla verilen yapı elemanına göre genişleme (Dilasyon) işlemi yapılmıştır. Dilasyon işlemi uygulanılan hatalı ürün ve hatasız ürün görüntüsü Şekil 3.58.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.58. Dilasyon işlemi uygulanılan hatalı ürün ve hatasız ürün görüntüsü

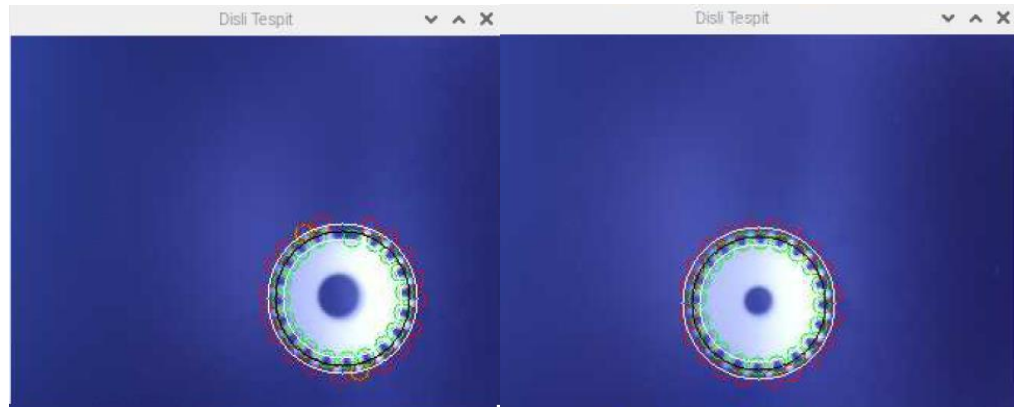
Dişli parçanın en dış kısmının tespiti için Kontur bul komutu kullanılmıştır ve Şekil 3.59'da gösterilmiştir. Konturlar bir nesnenin sınırları boyunca noktaların birleştirilmesiyle oluşturulan eğrilerdir (OpenCV Find Contours, 2022). Görüntülerde

bulunan farklı nesnelerin şekillerini analiz etmek, nesnelere algılamak ve tanımak için sıklıkla kullanılmaktadır.

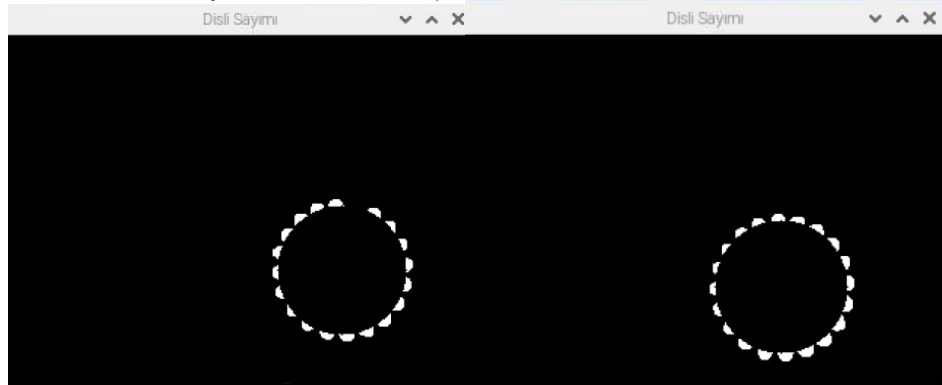


Şekil 3.59. Kontur bul komutu uygulanılan hatalı ürün ve hatasız ürün görüntüsü

Kontur çizme işleminin ardından görüntüde bulunan en uzak ve en yakın noktalar Şekil 3.60.'daki gibi bulunduktan sonra bu noktaların haricinde bulunan tüm pikseller Şekil 3.61.'deki gibi temizlenir.

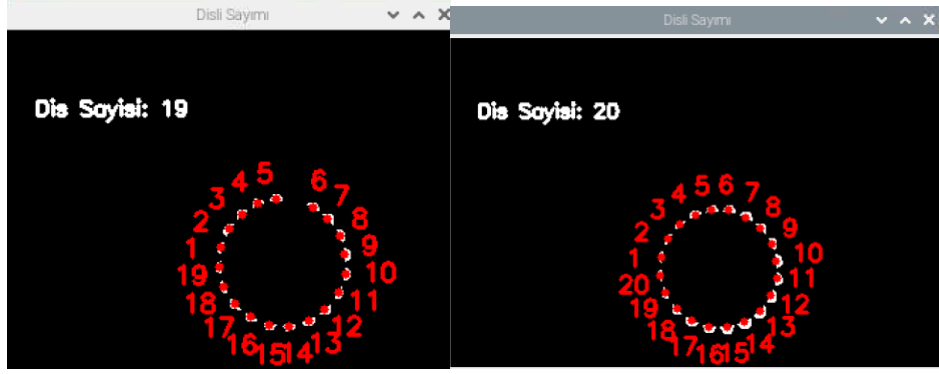


Şekil 3.60. En uzak ve en yakın kontur bulma işleminin hatalı ürün ve hatasız ürün görüntüsü



Şekil 3.61. Piksel temizleme işleminin hatalı ürün ve hatasız ürün görüntüsü

Bu en uzakta bulunan konturlar ve en yakın konturlar arasında kalan şekillerin sayısı bize dişli sayısını verecektir. Bu şekillerin sayısı saydıkları hatalı yani diş sayısı eksik olan ürünlerin tespiti Şekil 3.62'de gösterildiği gibi gerçekleştirilmiştir.

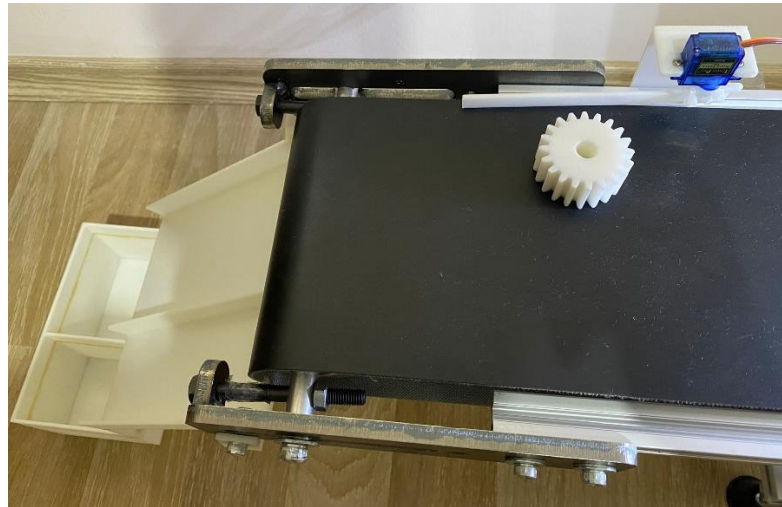


Şekil 3.62. Diş sayısı sayma işleminin hatalı ürün ve hatasız ürün görüntüsü

Ürünün hatalı veya hatasız ürün olduğu tespiti yapıldıktan sonra servo motora açı değeri bilgisi gönderilir. Bu açı değeri bilgileri hatalı üründe ve hatasız üründe farklıdır. Konveyörün hareket etmesiyle hatalı ürün Şekil 3.63.'deki gibi konveyör bandın sol tarafında bulunan alana, hatasız ürün ise sağ tarafında bulunan Şekil 3.64.'deki gibi ürün biriktirme alanına düşecektir.



Şekil 3.63. Hatalı ürünün ayrıştırılması

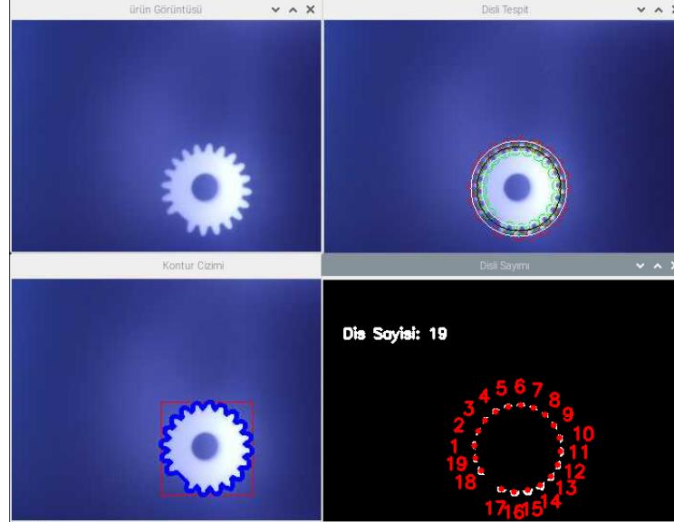


Şekil 3.64. Hatasız ürünün ayrıştırılması

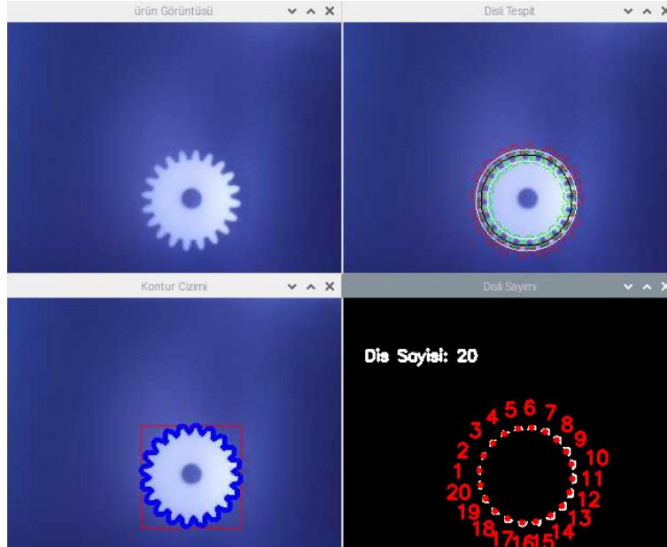
## 4.SONUÇLAR

Bu çalışmada endüstride üretilen ürünlerin kalite ve kontrollerinin yapılmasında kullanılabilir bir akıllı kalite kontrol sistemi tasarlanmıştır. Bu sistem üzerinde ürünlerin olası hatalı üretimlerinin tespitini daha kısa sürede ve insan faktörünü ortadan kaldırarak bilgisayar destekli görüntü işleme metotlarıyla yüksek doğrulukla tespit işlemlerini yapabilmektedir.

Raspberry Pi tabanlı görüntü işleme algoritmaları kullanılarak hatalı ürünlerin ayrıştırılmasını sağlayan bu konveyör sistemi üzerinde 7 adeti hatalı ürün, 14 adeti hatasız ürün olmak üzere toplamda 21 adet farklı üründe deneyler gerçekleştirilmiştir. Hatalı ürünlere ait sayma işlemi Şekil 4.1.'de, hatasız ürünlere ait sayma işlemi ise Şekil 4.2.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.1.Hatalı Ürün Dişli Sayma İşlemi



Şekil 4.2. Doğru Ürün Dişli Sayma İşlemi

Bu deneyler kamera çözünürlüğünün sonuçlara etkisini görebilmek adına 5MP ve 8MP çözünürlüğe sahip iki farklı kamerayla gerçekleştirilmiştir. Ürünlerin iki farklı kamerayla 50’şer defa konveyör banttıan geçirilmesiyle deney sonuçları gözlemlenmiş Tablo2. ve Tablo3.’deki gibi not edilmiştir.

Oluşturulan ürün tespit sisteminin başarıım incelemesi yapılırken hata matrisi kullanılmış ve başarıım kriterleri olarak doğruluk, duyarlılık ve özgüllük değerleri hesaplanmıştır. Duyarlılık gerçek hatasız ürünleri tahmin etme oranı, özgüllük ise gerçek hatalı ürünleri tahmin etme oranıdır. Sistemde hatalı ürün ve hatasız ürün olmak üzere iki farklı sınıflandırma vardır. Hatalı ürün dış sayısı gerçekte olandan daha az veya daha fazla olan sınıflandırma, hatasız ürün ise dış sayısı gerçekte aynı olan sınıflandırma çeşididir. Hata matrisine ait ifadeler Tablo1.’de verilmiştir. Aynı zamanda doğruluk, duyarlılık ve özgüllük ifadelerine ait denklemler Denklem 4.1, Denklem 4.2 ve Denklem 4.3’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Hata Matrisi

		Tahmin	
		Negatif	Pozitif
Gerçek	Negatif	DN(Doğru Negatif)	YP(Yanlış Pozitif)
	Pozitif	YN(Yanlış Negatif)	DP(Doğru Pozitif)

$$\text{Doğruluk} = (DP + DN) / (DP + YP + DN + YN) \quad (4.1)$$

$$\text{Duyarlılık} = DP/(DP + YN) \quad (4.2)$$

$$\text{Özgüllük} = DN/(YP + DN) \quad (4.3)$$

**Tablo 2.** 5MP Kamera Deney Sonuçları

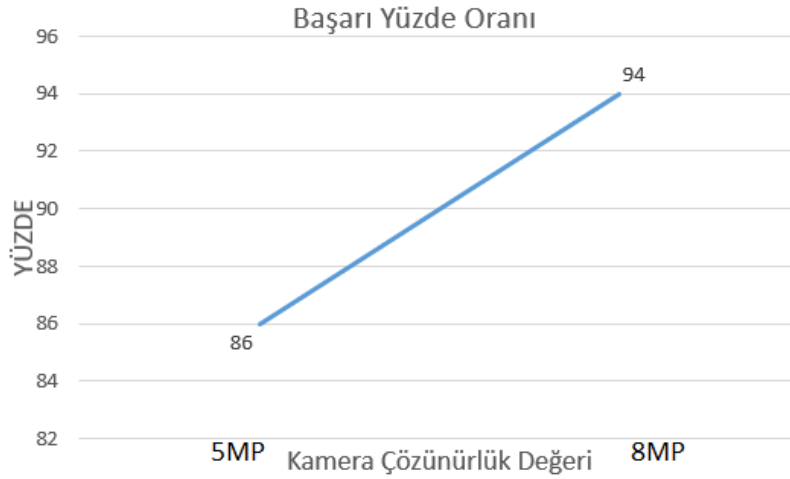
5MP Kamera		Tahmin		Toplam
		Hatalı Ürün	Hatasız Ürün	
Gerçek	Hatalı Ürün	23	4	27
	Hatasız Ürün	3	20	23

**Tablo 3.** 8MP Kamera Deney Sonuçları

8MP Kamera		Tahmin		Toplam
		Hatalı Ürün	Hatasız Ürün	
Gerçek	Hatalı Ürün	26	2	28
	Hatasız Ürün	1	21	22

Deney sonuçları 5MP kamera çözünürlüğe sahip kamerayla konveyör üzerinde 27 defa geçirilen hatalı ürünü 23 defa hatalı ürün, 4 defa hatasız ürün olarak, 23 defa

geçirilen hatasız ürünü 20 defa hatasız ürün, 3 defa hatalı ürün olarak tespit ederek %86'lık doğruluk oranı, %86,95 duyarlılık oranı ve %85,18 özgüllük oranına sahip olduğu hesaplanmıştır . 8MP kamera çözünürlüğüne sahip kamerayla ise konveyör üzerinde 28 defa geçirilen hatalı ürünü 26 defa hatalı ürün, 2 defa hatasız ürün olarak, 22 defa geçirilen hatasız ürünü ise 21 defa hatasız ürün, 1 defa hatalı ürün olarak tespit ederek %94'lük doğruluk oranı, %95,45 duyarlılık oranı ve %92,85 özgüllük oranına sahip olduğu hesaplanmıştır.



Şekil 4.3. Kamera Çözünürlük- Başarı Yüzde Oranı

Şekil 4.3.'de görüldüğü üzere başarı yüzde oranı kamera çözünürlüğü 5MP'e sahip kameradan 8MP'e sahip kamerayla değiştirilmesiyle %86'dan %94'e yükselmiş ve sistem üzerinde kullanılan kameranın kalitesi, çözünürlüğü, sistemin ışık kaynağı ve birçok çevresel etkenin kusur tespit işlemlerinde önemli rol oynadığı görülmüştür. Ayrıca duyarlılık ve özgüllük oranı da 5MP'e sahip kameradan 8MP'e sahip kamerayla değiştirilmesiyle artış göstermiştir. Sistemdeki belirleyici parametrelerin değiştirilmesiyle ve çeşitli görüntü işleme algoritmalarının kullanılmasıyla sonuçlarda değişiklikler yaşanabilmekte ve çok daha optimum sonuçlara ulaşılabilmektedir.

Bu sistemler ile herhangi bir uzman görüşüne gereksinim duyulmadan ölçümler oldukça hızlı ve kusursuz bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca kullanılan görüntü işleme metotlarında ve kullanılan algoritmalarda yapılacak ufak değişikliklerle farklı ürünlere uygulanabilecek sistemler elde edilebilmektedir. Günümüzde özellikle endüstride sanayi 4.0'a geçilmesiyle böyle sistemlerin kullanımının daha da yaygınlaşacağı ve büyük işletmelerin böyle sistemleri daha fazla kullanma gereksinimi duyacağı öngörülmektedir.

## 5.KAYNAKLAR

- Altuntaş, C., Çorumluoğlu, Ö., 2011, Filtreleme yöntemi ile digital görüntü zenginleştirme ve örnek bir yazılım, *Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Online Dergi*, 10(1):99-107.
- Aqeel, E. F., 2015, The use of threshold technique in image segmentation, *Journal of the College of Basic Education*, 21(89): 1-12.
- Aşınma-Genleşme Gösterimi, 2022, <https://homepages.inf.ed.ac.uk> [Erişim Tarihi: 25 Ocak 2022].
- Aydoğan, D., 2008, Hough dönüşüm yöntemi ile gravite anomali haritalarından çizgiselliklerin saptanması: Orta Anadolu Uygulaması, *e-Journal of New World Sciences Academy*, 3(4): 642-655.
- Ballard, H. D., 1981, Generalizing the hough transform to detect arbitrary shapes. *Elsevier B. V. Pattern Recognition*, 13(2): 111-122.
- Baygın, M., 2018, Görme tabanlı kalite kontrol için yüksek performanslı endüstriyel kamera ve akıllı tanıma sisteminin geliştirilmesi, Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi*, Elâzığ.
- Charleston, T., 2017, Raspberry pi 3: enchanted guide for starters, Kindle Edition.
- Davis, L. S., 1975, A survey of edge detection techniques, *Computer Graphics and Image Processing*, 4(3): 248-260.
- Demir, M. ve Güneş, B., 2017, Zagi tipi bir insansız hava aracının (İHA) tasarımı ve bilgisayar görmesine dayalı olarak kontrol yazılımının geliştirilmesi, Lisans Bitirme Tezi, *Sakarya Üniversitesi*, Sakarya.
- Digital Image Processing, 2022, [http://venividiwiki.ee.virginia.edu/mediawiki/index.php/Digital\\_Image\\_Processing](http://venividiwiki.ee.virginia.edu/mediawiki/index.php/Digital_Image_Processing) [Erişim Tarihi: 28 Ocak 2022].
- Dipova, N., 2018, Görüntü analizi yöntemlerinin geoteknik mühendisliğinde kullanımı, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1): 33-44.
- Gonzalez, R. C., Woods, R. E., 2008, Digital image processing, Third Edition, Prentice Hall, ISBN:978-0-13-168728-8.
- Görüntü İşleme Ders Notları 5.Hafta, 2022, [http://www.ibrahimcayiroglu.com/Dokumanlar/GoruntuIsleme/Goruntu\\_Isleme\\_Ders\\_Notlari-5.Hafta.pdf](http://www.ibrahimcayiroglu.com/Dokumanlar/GoruntuIsleme/Goruntu_Isleme_Ders_Notlari-5.Hafta.pdf) [Erişim Tarihi: 01 Şubat 2022].
- Görüntü İşleme Teknolojisi, 2022, <https://medium.com/@gizemcumen85> [Erişim Tarihi: 18 Ocak 2022].

- Gri Seviye Gösterimi, 2022, [http://web.firat.edu.tr/iaydin/bmu357/bmu\\_357\\_bolum2.pdf](http://web.firat.edu.tr/iaydin/bmu357/bmu_357_bolum2.pdf) [Erişim Tarihi: 21 Ocak 2022].
- HDR 15-12 Güç Kaynağı, 2022, <https://www.meanwell-web.com/en-gb/ac-dc-ultra-slim-din-rail-power-supply-input-range-hdr--15--12> [Erişim Tarihi: 14 Ocak 2022].
- John, C., 1999, The image processing handbook:Third Edition, CRC Press, ISBN:0-8493-2532-3.
- Kaya, D., 2017, Raspberry pi ile sera iklimlendirme proje çalışması, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi*, Bilecik.
- Kenar Algılama, 2022, [https://tr.wikipedia.org/wiki/Kenar\\_alg%C4%B1lama](https://tr.wikipedia.org/wiki/Kenar_alg%C4%B1lama) [Erişim Tarihi: 15 Mart 2022].
- Khalili, N., Hasani, S., 2014, Circle detection on the image using genetic algorithms, *Paper Presented At The Computer Engineering And Sustainable Development Conference*, Iran.
- L298N Motor Sürücü Devresi, 2022, <https://diyot.net/l298n-motor-surucu-devresi/> [Erişim Tarihi: 12 Ocak 2022].
- Learn Raspberry Pi, 2022, <https://learn.adafruit.com/category/learn-raspberry-pi> [Erişim Tarihi: 08 Şubat 2022].
- LRS100- 24 Güç Kaynağı, 2022, <https://www.meanwell-web.com/en-gb/ac-dc-single-output-enclosed-power-supply-lrs--100--24> [Erişim Tarihi: 12 Ocak 2022].
- Malkoç, B., 2014, Temel bilimler ve mühendislik eğitiminde programlama dili olarak python, *12. Akademik Bilişim Konferansı*, Uşak.
- McAndrew, A., 2004, An introduction to digital image processing with Matlab. Notes for SCM2511 image processing 1, *School of Computer Science and Mathematics Victoria University of Technology*, USA.
- OpenCV Find Contours, 2022, <https://www.delftstack.com/howto/python/opencv-find-contours/> [Erişim Tarihi: 14 Ocak 2022].
- OpenCV Nedir, 2022, <https://mesutpiskin.com/blog/opencv-nedir.html> [Erişim Tarihi: 14 Ocak 2022].
- Otsu, N., 1979, A threshold selection method from graylevel histograms, *IEEE Trans. Sys., Man., Cyber*, 9: 62-66.
- Önal Y. E., 2018, Gürültüye karşı dayanıklı bir kenar tespit algoritması geliştirilmesi, Yüksek Lisan Tezi, *Hacettepe Üniversitesi*, Ankara.
- Parmaksız, H., 2017, Raspberry Pi ile fotovoltaiik panellerin elektriksel verilerinin gerçek zamanlı izlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Bilecik Şeyh Edebali*

Üniversitesi, Bilecik.

Phyton Bilateral Filtering, 2022, <https://www.geeksforgeeks.org/python-bilateral-filtering/> [Erişim Tarihi: 16 Mart 2022].

Python ile Görüntü İşleme:Mean ve Median Filtreler, 2022, <https://medium.com/@sddkal/python-ile-görüntü-işleme-mean-ve-median-filtreler-1891cdbef632> [Erişim Tarihi: 23 Mart 2022].

Raspberry Pi 2&3 Pin Mappings, 2022, <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/iot-core/learn-about-hardware/pinmappings/pinmappingsrpi> [Erişim Tarihi: 26 Mart 2022].

Raspberry Pi 3 ve 4 Uyumlu Kamera Modülü, 2022, <https://www.robotistan.com/raspberry-pi-3-ve-4-uyumlu-kamera-modulu> [Erişim Tarihi: 10 Ocak 2022].

Raspberry Pi 4 4 Gb Model B, 2022, <https://www.direnc.net/raspberry-pi-4-4gb-model-b-rev12> [Erişim Tarihi: 25 Mart 2022].

Raspberry Pi İlk Kurulumu, 2022, <https://medium.com/@enesbyk/raspberry-pi-i%CC%87lk-kurulumu-12a492aea037> [Erişim Tarihi: 12 Ocak 2022].

Raspberry Pi Kurulumu, 2022, <https://projects.raspberrypi.org/tr-TR/projects/raspberry-pi-setting-up/1> [Erişim Tarihi: 13 Ocak 2022].

Redüktörlü Motor Nedir, 2022, <https://elektrikinfor.com/reduktor-nedir/> [Erişim Tarihi: 12 Ocak 2022].

Servo Motor Özellikleri, 2022, <https://diyot.net/sg90-servo-motor-ozellikleri/> [Erişim Tarihi: 12 Ocak 2022].

Tresholding Example, 2022, [https://scikit-image.org/docs/0.16.x/auto\\_examples/segmentation/plot\\_thresholding.html](https://scikit-image.org/docs/0.16.x/auto_examples/segmentation/plot_thresholding.html) [Erişim Tarihi: 05 Şubat 2022].

24V 80 RPM Redüktörlü DC Motor, 2022, <https://www.robotzade.com/24V-80-RPM-Reduktorlu-DC-Motor,PR-1589.html> [Erişim Tarihi: 10 Ocak 2022].

80cm Menzilli Kızılötesi Sensor, 2022, <https://www.robotistan.com/80cm-menzilli-kizilotesi-sensor-mz80> [Erişim Tarihi: 10 Ocak 2022].