



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



RİJİT PLASTİK GIDA AMBALAJI İMALAT
PROSESİNDE GÖRÜNTÜ İŞLEME TABANLI
ÜRÜN KALİTE KONTROLÜ

İsmet Fatih ŞEKEROĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Ağustos-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

İsmet Fatih ŞEKEROĞLU tarafından hazırlanan “Rijit Plastik Gıda Ambalajı İmalat Prosesinde Görüntü İşleme Tabanlı Ürün Kalite Kontrolü” adlı tez çalışması 05/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Fatih Mehmet BOTSALI

Danışman

Prof. Dr. Mete KALYONCU

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TINKIR

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Hakan KARABÖRK
Enstitü Müdürü

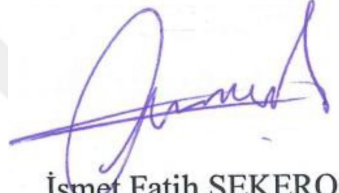
Bu tez çalışması TÜBİTAK tarafından 7160974 no’lu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki 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.



İsmet Fatih ŞEKEROĞLU

Tarih: 05/08/2019

ÖZET**YÜKSEK LİSANS TEZİ****RİJİT PLASTİK GIDA AMBALAJI İMALAT PROSESİNDE GÖRÜNTÜ
İŞLEME TABANLI ÜRÜN KALİTE KONTROLÜ****İsmet Fatih ŞEKEROĞLU****Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı****Danışman: Prof. Dr. Mete KALYONCU****2019, 121 Sayfa****Jüri****Prof. Dr. Mete KALYONCU
Prof. Dr. Fatih Mehmet BOTSALI
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TINKİR**

Gelişmiş toplumlar, gündelik yaşamlarında birçok ambalaj ürünüyle temas halindedirler. Teknolojinin gelişmesi ve üretim süreçlerin hızlanması ile beraber ambalaj üretim maliyetleri düşmüş ve buna paralel olarak tüketim miktarları ise oldukça yükselmiştir. Günümüzde rijit plastik gıda ambalajlarının üretim prosesinde rutin bir şekilde el değmeden plastik ambalajların üretimi gerçekleştirilmektedir. Ancak üretimin ikinci ve önemli kısmı olan kalite kontrol işlemi personel yardımı ile manuel olarak yapılmaktadır.

Bu çalışmada, rijit plastik gıda ambalajı imalat prosesinde görüntü işleme tabanlı ürün kalite kontrolü gerçekleştirilmiştir. Bu sayede plastik ambalaj üzerindeki kusurların tayini yapılmıştır. Ayrıca bu çalışma bazı fonlarca desteklenen bir projenin de parçası mahiyetindedir. Bu sebeple ana sistemin bir parçası olan görüntü işleme sisteminde belirlenen kusurlar yine ana sistemin parçası olan diğer bileşenlere aktararak el değmeden kalite kontrol ve paketleme işlemini gerçekleştirmiştir. Görüntü işleme sisteminde belirlenen kusurlar bir ayırıcı ünite yardımı ile sistemden uzaklaştırılmıştır. Görüntü işleme uygulaması endüstriyel bir sistem ile yapıldığından, geleneksel bilgisayar tabanlı görüntü işleme sistemlerine göre çok hızlı sonuçlar alınmıştır. Ayrıca filtreler yardımı ile kenar bulma uygulamaları, siyah beyaz dönüşümleri, parazit giderme gibi fonksiyonlar taranarak sistemin en kararlı halde çalışması sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlar grafiksel ve şekilsel olarak sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Görüntü işleme, kalite kontrol, plastik enjeksiyon prosesi, rijit plastik gıda ambalaj.

ABSTRACT**MS THESIS****IMAGE PROCESSING BASED PRODUCT QUALITY CONTROL IN RIGID
PLASTIC FOOD PACKAGING MANUFACTURING PROCESS****İsmet Fatih ŞEKEROĞLU****Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Machine Engineering****Advisor: Prof. Dr. Mete KALYONCU****2019, 121 Pages****Jury****Prof. Dr. Mete KALYONCU
Prof. Dr. Fatih Mehmet BOTSALI
Asst. Prof. Dr. Mustafa TINKIR**

Developed societies are in contact with many packaging products in their daily lives. Today, in the production process of food packaging, manufacturing without hand touching. However, the second and important part of the production, quality control process, is carried out manually with the help of personnel.

In this study, image quality based product quality control was realized in rigid plastic food packaging manufacturing process. Thus, the defects on the plastic packaging were determined. This work is also part of a project funded by some funds. For this reason, the defects determined by the image processing system, which is a part of the system, are transferred to the other components which are part of the system and perform quality control and packaging process without hand touching. Defects removed from the system by the separator unit. Since the image processing application is performed with an industrial system, very fast results are obtained compared to computer based image processing systems. In addition, the functions such as edge detection applications, black-and-white transformations, noise reduction were scanned with the help of filters and the system was operated in the most stable state. The results obtained are presented graphically and formally.

Keywords: Image processing, Quality control, Plastic injection molding process, Rigid plastic food packaging

ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım boyunca ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmalarımı bilimsel temeller ışığında şekil vermeme sağlayan hocam Prof. Dr. Mete KALYONCU'ya, tez kapsamındaki çalışmaların uygulanması için geliştirilen sistemin prototipinin üretilmesi ve TÜBİTAK 'a, proje olarak sunulmasında maddi ve manevi olarak desteklerini hiç esirgemeyen ŞEKEROĞLU KİMYA VE PLASTİK SAN. VE TİC. A.Ş. yönetim kurulu başkanı Ahmet ŞEKEROĞLU ve yönetim kurulu başkan yardımcısı Yasin ŞEKEROĞLU 'na, prototip üretimi ve diğer çalışmalarda desteğini hiç esirgemeyen Mehmet HANCI 'ya, çalışmalarım boyunca bana sürekli destek olan emeklerini esirgemeyen tüm çalışma arkadaşlarıma, özellikle Zübeyir GÖK'e, tez çalışmalarım boyunca desteğini esirgemeyen Arş. Gör. M. Arif ŞEN'e, anneme, babama, kardeşlerime ve tez çalışmalarım boyunca insanüstü desteğini üzerimden hiç çekmeyen, üç çocuğumun annesi sevgili eşim Dr. Gamze ŞEKEROĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İsmet Fatih ŞEKEROĞLU
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER.....	viii
TABLolar.....	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Ambalaj Kavramı ve Tarihsel Gelişimi	4
1.2. Gıda Sanayinde Plastik Ambalajın Önemi.....	5
1.2.1. Hijyen açısından önemi	5
1.2.2. Kalite açısından önemi	6
1.3. Plastik Enjeksiyon Kalıplama Prosesi	6
1.3.1. Plastik enjeksiyon makinesi.....	7
1.3.2. Plastik enjeksiyon kalıplama	8
1.3.3. Kalıp içi etiketleme robotu	8
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
3.1. Kalite ve Hijyen Kusurları.....	18
3.2. Görüntü İşleme Sistemi	21
3.2.1. Görüntü İşleme ve görüntü işleme ile ilgili teknik tanımları.....	21
3.2.1.1. Görüntü yakalayıcısı ve aydınlatma	21
3.2.1.2. Kaydedilen görüntü verilerinin işleyicisi.....	22
3.2.1.3. Veri işleyicisi yazılımı	22
3.2.1.4. Görüntü işleme yazılımı.....	23
3.2.2. Görüntü İşleme sistemi işlem basamakları	23
4. GÖRÜNTÜNÜN MODELLENMESİ.....	25
4.1. Endüstriyel Makine Görme Sistem Elemanları.....	25
4.1.1. CCD görüntü sensör	25

4.1.2. Lens.....	27
4.1.3. Aydınlatma	28
4.1.3.1. Aydınlatma kaynaklarının tipi	30
4.1.3.2. Aydınlatma renk dalga boyu.....	30
4.2. Renkli Kameralar	32
4.2.1. Renkli görüntü işleme.....	33
4.2.2. Renk tonu ölçęęi işleme.....	34
4.3. Modelleme.....	35
4.3.1. Görüntü işleme modelleri	36
4.4. Histogram	37
4.4.1. Kümülatif histogram	37
4.5. Threshold Eşikleme İşlemi.....	38
4.6. Görüntü İşleme Filtreleri	39
5. RİJİT PLASTİK GIDA AMBALAJI İMALAT PROSESİNDE GÖRÜNTÜ İŞLEME TABANLI ÜRÜN KALİTE KONTROLÜ UYGULAMASI	45
5.1. Sistemin Tanıtımı.....	45
5.1.1. Enjeksiyon kalıplama ve ürün toplama ünitesi	46
5.1.2. Konveyör ürün taşıma ünitesi	47
5.1.3. Görüntü işleme yardımı ile kalite kontrol ünitesi	47
5.1.4. Hatalı ürünlerin ayrıştırılması ünitesi	49
5.1.5. Dizme ve istifleme ünitesi	50
5.1.6. Paketleme prosesi	51
5.2. Görüntü işleme sisteminin işleyişi	51
6. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	57
6.1. Referans Ürün Tanıtma	57
6.2. Kıyaslama İle Ürün Kusur Tayini.....	70
6.2.1. Etiket yok kusurunun tayini	70
6.2.2. Etiket fire kusurunun tayini	73
6.2.3. Eksik ürün kusurunun tayini	79
6.2.4. Çapaklı ürün kusurunun tayini.....	83
6.2.5. Lekeli ürün kusurunun tayini	87
6.3. Parametre optimizasyonu	88
6.4. Görüntü işleme sistemi uygulama adımları.....	92
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	98

7.1. Sonuçlar	98
7.2. neriler	99
KAYNAKLAR	100
EKLER.....	104
ÖZGEÇMİŞ	107



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Kısaltmalar

3D	: 3 dimension
ABS	: Akrilonitril bütadien stiren
CCD	: Charge Coupled Device
cm	: Santimetre
CPU	: Central Processing Unit
FRQI	: Flexible Representation of Quantum Images
GPS	: Global Positioning System
HSB	: Hue, Saturation, Brightness
IML	: Kalıp içi etiketleme
MATLAB	: Matrix laboratory
mm	: Milimetre
Mp	: Megapixel
PLC	: Programmable Logic Controller
PP	: Polipropilen
RGB	: Red, green, blue
Vdc	: Volt, direct current

ŞEKİLLER

Şekil 1.1. İlk ambalaj örnekleri	4
Şekil 1.2. Modern rijit plastik ambalaj örneği	4
Şekil 3.1. Modern Ürün kalite kusurları: (a)Çapaklı ürün, (b)Etiket firesi, (c)Etiket firesi, (d)Etiketsiz ürün, (e)Birleşim yeri firesi, (f) Eksik ürün, (g)Etiket firesi, (h)Lekeli ürün	19
Şekil 3.2. Örnek veri işleyiciler (online,cognex.com)	22
Şekil 3.3. Otonom sürüş çalışmalarında görüntü işleme uygulaması	24
Şekil 3.4. Medikal ve diğer alanlardan örnek görüntü işleme çalışmaları	24
Şekil 4.1. CCD'nin şematik görünümü (Anonymous, 2009)	25
Şekil 4.2. Örnek bir resmin gri skalada sayısallaştırılması	26
Şekil 4.3. İki farklı CCD sensörün (0,24mp ve 2mp) contrast ve belirginlik farkının örnek görseli	26
Şekil 4.4. Örnek bir lensin görüntüsü	27
Şekil 4.5. Çalışma mesafesinin lens seçimi ile belirlenmesinin şematik görünümü	27
Şekil 4.6. Lens bozulma örnekleri	28
Şekil 4.7. Lens bozulmaları: (a) barrel, (b) pincushion, and (c) fish eye (Szeliski, 2010)	28
Şekil 4.8. Farklı aydınlatma tiplerinin yansıması	29
Şekil 4.9. Aydınlatma tiplerinin gösterimi	29
Şekil 4.10. Geleneksel ve Koaksiyal kaynak görünümü	30
Şekil 4.11. Geleneksel ve düşük açılı bir kaynak görünümü	30
Şekil 4.12. Farklı kaynak renklerinin etkileri	31
Şekil 4.13. Tümlenici renk çemberi	31
Şekil 4.14. Dalga boylarına göre renklerin dizilimi	32
Şekil 4.15. (a)Döner filtrelili renkli kamera,(b)tek çipli renkli kamera,(c)üç çipli renkli kamera (Russ, 2016)	33
Şekil 4.16. Sahte renkli görüntü işleme örneği (Anonymous, 2009)	34
Şekil 4.17. Renk tonu ölçeği işleme metoduna ait bir örnek (Anonymous, 2009)	35
Şekil 4.18. Gerçek görüntünün dijitalleştirilmesi (Yıldırım ve ark., 2003)	36
Şekil 4.19. Sayısal görüntü oluşum örneği, $f(x,y)$ (Mutlu, 2011)	36
Şekil 4.20. Histogram modifikasyonu	38
Şekil 4.21. Kontrast dönüşüm filtresi (Anonymous, 2013)	39
Şekil 4.22. Expand filtresi (Anonymous, 2013)	39
Şekil 4.23. Shrink filtresi (Anonymous, 2013)	39
Şekil 4.24. Medyan filtresi (Anonymous, 2013)	40
Şekil 4.25. Blur filtresi (Anonymous, 2013)	40
Şekil 4.26. Avarage filtresi (Anonymous, 2013)	40
Şekil 4.27. Çıkarım filtresi (Anonymous, 2013)	41
Şekil 4.28. Sobel x filtresi (Anonymous, 2013)	41
Şekil 4.29. Sobel y filtresi (Anonymous, 2013)	41
Şekil 4.30. Prewitt filtresi (Anonymous, 2013)	41
Şekil 4.31. Sobel filtresi (Anonymous, 2013)	42
Şekil 4.32. Roberts filtresi (Anonymous, 2013)	42
Şekil 4.33. Laplacian filtresi (Anonymous, 2013)	42
Şekil 4.34. Gaussian filtresi (online, bulentsiyah.com)	43
Şekil 4.35. Bazı filtrelerin matematiksel gösterimi (Yıldırım ve ark., 2003)	43
Şekil 4.36. Bazı filtrelerin matematiksel gösterimi (Yıldırım ve ark., 2003)	43
Şekil 4.37. Örnek bir görüntü matrisinin filtre işlemi (Yıldırım ve ark., 2003)	44

Şekil 5.1. Rijit plastik gıda ambalajlarında görüntü işleme tabanlı kalite kontrol projesi şematik gösterimi	45
Şekil 5.2. Sistem bileşenlerin şematik gösterimi	46
Şekil 5.3. IML robotun görünümü.....	47
Şekil 5.4. Görüntü işleme sisteminin görünümü	48
Şekil 5.5. Görüntü işleme sisteminin görünümü	49
Şekil 5.6. Fireli ürünün sistemden ayrılma bölgesi	49
Şekil 5.7. Dizme kanalından görüntü	50
Şekil 5.8. Paketleme sisteminin görünümü	51
Şekil 5.9. Referans olarak kaydedilecek temiz ürün	52
Şekil 5.10. Birleşim yeri kusuru ve arka ton farkını görünümü	54
Şekil 5.11. Görüntü işleme akış şeması	56
Şekil 6.1. Renkli görüntü.....	57
Şekil 6.2. Yakınlaştırılmış renkli görüntü	58
Şekil 6.3. Binary görüntü.....	58
Şekil 6.4. Yakınlaştırılmış binary görüntü.....	59
Şekil 6.5. Gri görüntü	59
Şekil 6.6. Yakınlaştırılmış gri görüntü	60
Şekil 6.7. Sol bölge kontrolü	60
Şekil 6.8. Yakınlaştırılmış sol bölge kontrolü	61
Şekil 6.9. Sağ bölge kontrolü.....	61
Şekil 6.10. Yakınlaştırılmış Sağ bölge kontrolü.....	62
Şekil 6.11. Etiket birleşim yeri kontrolü.....	63
Şekil 6.12. (a) Etiket birleşim yeri kontrolü (Yakınlaştırılmış görünüm) (b) Tarama alanının histogramı.....	63
Şekil 6.13. Kenar pozisyon uygulaması	64
Şekil 6.14. Birleşim yeri bulma uygulaması histogram grafiği.....	65
Şekil 6.15. Eksik kusurlu ürünün tespiti çalışmasının referans özelliklerinin gösterimi 65	
Şekil 6.16. (a) Eksik kusurlu ürünün tespiti çalışmasının referans özelliklerinin gösterimi (Yakınlaştırılmış görünüm) (b) Tarama alanının histogramı.....	66
Şekil 6.17. Eksik kusurlu ürünün tespiti çalışmasının referans özelliklerinin gösterimi 67	
Şekil 6.18. (a) Eksik kusurlu ürünün tespiti çalışmasının referans özelliklerinin gösterimi (Yakınlaştırılmış görünüm) (b) Tarama alanının histogramı.....	67
Şekil 6.19. Eksik kusurlu ürünün tespiti çalışmasının referans özelliklerinin gösterimi 68	
Şekil 6.20. Eksik kusurlu ürünün tespiti çalışmasının referans özelliklerinin gösterimi (Yakınlaştırılmış görünüm).....	69
Şekil 6.21. Kusurun renkli görüntüsü	70
Şekil 6.22. Kusurun renkli görüntüsü (Yakınlaştırılmış görünüm)	70
Şekil 6.23. Kusurun binary görüntüsü	71
Şekil 6.24. Kusurun gri görüntüsü.....	71
Şekil 6.25. Kusurun tespit edildiği görüntü.....	72
Şekil 6.26. Kusurun renkli görüntüsü.....	73
Şekil 6.27. (a) Kusurun renkli görüntüsü (Yakınlaştırılmış görünüm) (b) Tarama alanının histogramı	74
Şekil 6.28. Kusurun binary görüntüsü	74
Şekil 6.29. Kusurun binary görüntüsü(Yakınlaştırılmış görünüm)	75
Şekil 6.30. Kusurun gri görüntüsü.....	75
Şekil 6.31. Kusurun renkli görüntüsü (Yakınlaştırılmış görünüm)	76
Şekil 6.32. Kusurun tespit edildiği görüntü.....	76

Şekil 6.33. (a) Kusurun tespit edildiği görüntü (Yakınlaştırılmış görünüm) (b) Tarama alanın histogramı.....	77
Şekil 6.34. Kusurun tespit edilemediği görüntü	78
Şekil 6.35. Kusurun tespit edilemediği görüntü (Yakınlaştırılmış görünüm)	78
Şekil 6.36. Kusurun renkli görüntüsü	79
Şekil 6.37. Kusurun renkli görüntüsü (Yakınlaştırılmış görünüm)	79
Şekil 6.38. Kusurun binary görüntüsü	80
Şekil 6.39. Kusurun binary görüntüsü (Yakınlaştırılmış görünüm)	80
Şekil 6.40. Kusurun gri görüntüsü.....	81
Şekil 6.41. Kusurun gri görüntüsü (Yakınlaştırılmış görünüm).....	81
Şekil 6.42. Kusurun tespit edildiği görüntü.....	82
Şekil 6.43. (a) Kusurun tespit edildiği görüntü (Yakınlaştırılmış görünüm) (b) Tarama alanın histogramı.....	82
Şekil 6.44. Kusurun renkli görüntüsü	83
Şekil 6.45. Kusurun renkli görüntüsü (Yakınlaştırılmış görünüm)	84
Şekil 6.46. Kusurun binary görüntüsü	84
Şekil 6.47. Kusurun binary görüntüsü (Yakınlaştırılmış görünüm)	85
Şekil 6.48. Kusurun gri görüntüsü.....	85
Şekil 6.49. Kusurun gri görüntüsü (Yakınlaştırılmış görünüm).....	85
Şekil 6.50. Kusurun tespit edildiği görüntü.....	86
Şekil 6.51. (a)Kusurun tespit edildiği görüntü (Yakınlaştırılmış görünüm) (b) Tarama alanın histogramı.....	86
Şekil 6.52. Kusurun ham görüntüsü	87
Şekil 6.53. Kusurun tespit edildiği görüntü.....	88
Şekil 6.54. Tarama alanındaki filtrenin görünümü.....	89
Şekil 6.55. Tarama alanındaki yoğun filtre görünümü.....	89
Şekil 6.56. (a) Referans görüntü kazanç iyileştirme.(b)Kazanç iyileştirme ile sanal çizginin ilk oluşumu.....	90
Şekil 6.57. (a) Referans görüntü kazanç pekiştirme (b)Kazanç pekiştirme ile sanal çizginin ikinci pozisyonu.	90
Şekil 6.58. (a),(b) Referans ve kusurlu görüntünün iyileştirilmiş görünümü.....	91
Şekil 6.59. (a) Kazanç ayarlarının referans görüntüyü kararsızlaştırmaya geçişi. (b) Kusur görünümünün sabit durumu	91
Şekil 6.60. Akış şemasının başlangıç kısmı	92
Şekil 6.60. Akış şemasının başlangıç kısmı	92
Şekil 6.61. Çekilen fotoğrafın görüntüsü.....	93
Şekil 6.62. Referans görüntünün kaydedilmesi	93
Şekil 6.63. Arama ve şekil alanlarının görünümü	94
Şekil 6.64. Akış şemasının bir kısmı	94
Şekil 6.65. Renkli görüntünün gri skalaya dönüşümü.....	95
Şekil 6.66. Sobel(solda) ve prewitt(sağda) filtrelerin ürün üzerinde uygulanması	95
Şekil 6.67. Piksel yüzde benzerlik ve sınır şartlarının limitlerinin belirlenmesi.....	96
Şekil 6.68. Akış şemasının son kısmı	96
Şekil 6.69. Birleşim yeri piksellerin siyah beyaz dağılımı	97

TABLÖLAR

Tablo 3.1. Rijit plastik gıda ambalajlarında temel kalite kontrol parametreleri 20



1. GİRİŞ

İnsanoğlunun yüzyıllardır hayatını devam ettirmek için ihtiyaç duyduğu temel konular hiç değişmemiştir. Barınma ve beslenme öncelikli yaşam unsurlarıdır. Bu unsurlar için nice kanlar dökülmüş, nice savaşlar yapılmıştır. Bu nedenle insanlar bu unsurları hep korumak ve saklamak istemiştir.

Beslenme için temelde yeme ve içme olarak iki ihtiyaç vardır. İçme ihtiyacı genelde su kaynaklarından karşılanmaktadır. Yeme ihtiyacı ise, hayvansal ve bitkisel kaynaklardan sağlanmaktadır. Bu kaynaklar çok değerli olup yaşam pahasına bu kaynaklar korunmaktadır. Bu koruma dış etkenlerden (diğer canlılar, doğal afetler, fizik kanunları vb.) korunma olabilmekle beraber elde edilen kaynağın en iyi şekilde muhafaza edilmesi de olabilmektedir.

Bazen kaynaklar yer değiştirebilmekte veya kaynağın yanından uzaklaşmak zorunda kalındığı durumlar oluşabilmektedir. Bu gibi durumlarda, elde edilen kaynağı en iyi şekilde muhafaza etmek oldukça önem taşımaktadır. Bu muhafaza için yüzyıllardır çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Bunlara örnek olarak ağaç kabukları, mağara oyukları, kütük parçaları, yapraklar ve taş kovuntularıyla muhafaza edilebilir.

Gıda kaynağının en gelişmiş muhafaza yöntemi ambalajdır. Ambalaj kavramı geçen yüzyıllar içinde bu noktadan günümüzdeki formuna doğru yol almıştır. Ambalaj yaprak, ağaç kütükleri gibi formlardan karton, plastik, cam ve teneke gibi formlara evrilmiştir.

Günümüzde ise en yoğun kullanımı olan ambalaj türlerinin başında plastik ambalajlar gelmektedir. Plastik ambalajların önemi ile birlikte kullanımı da yıllara sari olarak artmıştır. Artan bu kullanımla beraber maliyetler azalmış ve kullanım alanları en küçük gıda maddesine kadar inmiştir. Bu kadar yaygınlaşan plastik ambalajlara farklı misyonlar yüklenmiştir. Bu misyonların temelinde ise reklam ve pazarlama yatmaktadır. Reklam ve pazarlama gibi faaliyetleri gerçekleştirmek için ambalajın üzerinde bulunan boş bölgelerin görseller ve ürün tanıtıcı bilgilerle doldurulması sağlanmıştır.

Plastik ambalaj üzerine yüklenen bu misyonlarla beraber plastik üretim metotları da karmaşık hale gelmiştir. Her üretimde olduğu gibi plastik ambalaj üretiminde de çeşitli aksaklıklar olabilmektedir. Bu aksaklıklarla birlikte üretim proseslerinde bir takım kusurlar ortaya çıkabilmektedir. Çıkan bu kusurlar kimi zaman reklamasyon amacını tehlikeye atmakta iken, kimi zaman kaynak koruma misyonundan

uzaklaştırmaktadır. Bu kusurlardan biraz daha detaylı bahsetmek gerekirse, ilk olarak görsel hakkında bilgi vermek gerekmektedir. Özellikle rijit plastik ambalajların en yeni ve trend görsel uygulaması IML teknolojisidir. IML teknolojisi, matbaada üretilen etiket ile plastiğin kenetlenmesi işlemidir. Bu teknoloji ile üretim esnasında görsel kayıplar yaşanabilmektedir. Ayrıca diğer kusurları incelemek gerekirse başlıca sıkıntıları, plastik ambalajın üretimi esnasında oluşan eksiklik ve fazlalıklar oluşturmaktadır.

Kusurların tümü değerlendirildiğinde, plastik ambalajın temel misyonlarının tehlikeye atıldığı gözlemlenmektedir. Bu sebeple plastik üretim proseslerinde çıkabilecek bu kusurlar, personeller yardımı ile elimine edilebilmektedir. Ancak bu eliminasyon işlemleri beraberinde başka problemlerin doğmasına sebep olabilmektedir. Gelişen teknoloji ile beraber plastik ambalajlar el değmeden üretilebilmektedir. Ancak kusur eliminasyon işlemi esnasında kullanılan personellerin insan olması sebebiyle, hijyen riskleri ortaya çıkmaktadır. Çıkan bu riskler plastik ambalajların temel misyonunu tehdit etmektedir.

Günümüzde insan gözlerinin çalışma prensipleri çok iyi anlaşılmış olmakla birlikte, yapay görme üzerine süregelen çalışmalar devam etmektedir. Bu konuda birçok akademik çalışma devam ederken, bir yandan da endüstriye kazandırılmış bir takım basit görme işlemleri geliştirilmiştir. Bunlara örnek olarak plaka tanıma, yüz tanıma gibi uygulamalar gösterilebilmektedir. Ayrıca endüstriye yönelik gelişmiş ve gelişmekte olan görüntü işleme olarak adlandırılan bilgisayarlı görme sistemleri de üretilmiştir. Bu sistemler dış röntgeninden, yaş tayinine veya otonom sürüş gibi kapsamlı konulara kadar günümüzde sıklıkla uygulama alanı bulmaktadır. Ayrıca, endüstride tut yerleştir gibi robotik uygulamalar, baskı geliştirme işlemleri için görüntü iyileştirme uygulamaları ile kalite kontrol uygulamalarında da kullanılmaktadır.

Plastik ambalaj üretimindeki kalite kontrol uygulamaları için personele dayalı kontrolün vermiş olduğu bazı risklerden dolayı, bahsi geçen görüntü işleme yöntemi ile insan gözünün yerine inceleme yapılarak el değmeden üretim avantajını el değmeden kalite kontrol seviyesi ile taçlandırılabilceği anlaşılmıştır.

Bu sebeple rijit plastik gıda ambalajı üretim tesisinde böyle bir sistemin geliştirilmesine karar verilmiştir. Bu kararla birlikte bir proje yürürlüğe girmiştir. Bahsi geçen proje şu şekilde özetlenebilir:

Gıdaya yönelik plastik kap üreten klasik enjeksiyon sistemlerinde genellikle ana ve ara işlemler bir personel tarafından yapılmakta olup, bu durum hijyen sorunlarına, fazladan işgücü istihdamına, düşük hızla üretime, kalite kontrolde uygunsuzluğa ve

verimsizliğe neden olmaktadır. Proje kapsamında, özellikle gıda ambalajı üreten plastik enjeksiyon makinelerine entegre edilebilecek görüntü işleme destekli tam otomatik bir ambalaj barkodlama ve kolileme sistemi geliştirilmiştir. Sistem, etiket yükleme ve yapıştırma, enjeksiyon kalıbından ürün alma, görüntü işleme, istifleme, kolileme ve barkod lama alt sistemlerinden oluşmaktadır. Sistemden elde edilecek hijyenik gıda ambalajlarının, hatalılardan ayıklanmış olarak dolum yerine sevk edilebilecek hale hiç el değmeden getirilmesi amaçlanmıştır. Kalite kontrol ve hatalı ürün ayıklama işlemi sistemin çalışması ile eş zamanlı bir şekilde, görüntü işleme tabanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Sistemin en iyi performans ve kullanım özelliklerinin yanı sıra, düşük işletme ve üretim maliyetine sahip olması için tasarım ve performans parametreleri belirlenmiş, bu doğrultuda tasarım ve tasarım doğrulama çalışmaları yapılarak optimize edilmiştir. Bütün alt sistemlerin birbiriyle senkronize çalışmasını sağlayacak özel bir yazılım da bu proje kapsamında geliştirilmiştir. Sistemin deneysel doğrulama, test ve deneme çalışmaları firma bünyesinde gerçekleştirilmiş olup gıda sektöründe çokça kullanılan 1 (bir) litrelik hacme sahip gıda ambalajı için uygulanmıştır.

Bu çalışma ise söz konusu projeye paralel olarak başlatılmış ve projenin en kritik noktası olan görüntü işleme tabanlı kalite kontrol uygulaması proje ile beraber tamamlanmıştır. Bu bağlamda çalışmanın amacı; gıda sektörüne yönelik plastik ambalaj üretiminde, enjeksiyon makinesi yardımıyla üretilen ambalajların operatörler tarafından yapılan ürün kalite kontrol işlemlerinin, görüntü işleme ve analiz yöntemleri kullanılarak yapılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda çalışmada;

- Öncelikle sınıflandırılacak (kontrol edilecek) olan ambalaja ait grafik dekorasyon etiketi görüntü işleme sistemine tanımlanmıştır,
- Ardından enjeksiyon makinesine akuple edilmiş bir robotik mekanizma ile üretilen plastik ambalaj, kalıbın içerisinden alınarak konveyör banda bırakılmıştır,
- Görüntü işleme sisteminin, üretilen her dört adet plastik ambalajı kontrol edebilmesi için ürünler ters çevrilmiş ve konveyör bant aracılığıyla yapay görme ünitesine aktarılmıştır,
- Burada bulunan 4 adet kamera ile ürünlerin fotoğrafları çekilmiş, önceden belirlenmiş ve sisteme tanımlanmış algoritmalara göre çalışacak görüntü işleme sistemiyle çekilen bu resimler analiz edilmiştir,

- Belirlenmiş algoritmalara göre uyumsuzluk gösteren ambalajlar, görüntü işleme sisteminin ürettiği bir I/O sinyalinin tetiklediği pnömatik bir sistemle prosesten uzaklaştırılmış, uyumluluk gösteren ürünler ise istiflenmek için bir sonraki prosese gönderilerek kolilenmiştir.

Enjeksiyon makinelerinde aynı enjeksiyon kalıbından çok farklı marka ve grafik tasarımına sahip plastik ambalajlar dekora edilebilir olduğu için aynı boyut ve formdaki bir plastik ambalajda yüzlerce farklı ambalaj üretilebilmektedir. Ambalajda görsellik, hafızada kalma adına son derece önemlidir ve görsellikteki kusurlar hatalı ürün olarak algılanmaktadır. Günümüzde enjeksiyon yöntemiyle rijit plastik ambalaj üretiminde, ambalajların grafik dekorasyonları kalıp içi etiketleme (IML) diye isimlendirilen bir teknoloji ile tasarlanırlar.

Geliştirilen sistemde öncelikle aynı formdaki farklı her grafik dekorasyona sahip ambalajın algılanması, tanınması, analiz etmesi ve hatalı olanların prosesten uzaklaştırılması amacıyla ambalajın grafik dekorasyonlarına ait resimler kullanılarak sistem eğitilmiş ve her farklı dekorasyona göre başarılı bir şekilde sınıflandırma yapıldığı gözlemlenmiştir. Sistemin ayrıca şekil bozukluğu olan ambalajlardaki kusurlu bölgeleri de tespit ettiği görülmüştür.

1.1. Ambalaj Kavramı ve Tarihsel Gelişimi

Ambalaj, ürünü dış etkilerden koruyan, içine konulan ürünleri bir arada tutarak dağıtım ve pazarlama işlemlerini kolaylaştıran, tüketiciye içindeki ürün hakkında bilgi veren kağıt, karton, metal, cam, plastik ve ahşaptan yapılmış sargı ve kaplar olarak tanımlanmaktadır (online, pagcev.org.tr).



Şekil 1.1. İlk ambalaj örnekleri



Şekil 1.2. Modern rijit plastik ambalaj örneği

Tarih öncesi çağlarda insanlar yiyecekleri buldukları yerde tüketirler ve ihtiyaç duyduklarında ise içi boş ağaç gövdesi ve kabuklarından, su kabaklarından, oyulmuş kaya ve yaprak gibi doğal kaplardan yararlanırlardı. Daha sonraki dönemlerde ise insanlar doğal malzemelerden kaplara şekil vermeyi öğrendiler. Bu iş için de hayvanların deri, boynuz, saç ve kemik gibi organlarından yararlanmışlardır (online, sepa.org.tr).

Plastiklerin ambalaj uygulamalarında kullanılmasına, genel olarak II. Dünya Savaşından sonra başlanmıştır. Plastik ambalaj sektöründeki büyüme 1970'li yıllardan bu yana hızlanmıştır. Günümüz teknolojisi ve şartları ile daha önceleri kullanılan malzemeler yerini, kullanıma daha uygun ve ekonomik olan cam, metal, plastik, kağıt ve karton malzemelere bırakmıştır.

O yıllarda sadece taşıma ve depolama amaçlı kullanılan ambalaj, yeni malzemelerle ürünün reklamını da yapar hale gelmiştir. Dolayısıyla artık ambalaj satış politikasının da bir parçası sayılmaktadır. Çünkü raflarda yan yana dizilip müşterisini bekleyen aynı tip ürünler arasındaki farkı, artık ambalaj yaratmaktadır (online, ambalaj.org).

1.2. Gıda Sanayinde Plastik Ambalajın Önemi

Gıda malzemelerinde, ambalajlamadan önceki ürün kaybı %30 iken ambalajlama yapıldığı zaman bu kayıp %2-3 seviyelerine gelmektedir. Gıda teknolojisinin gelişmesine paralel olarak ambalaj malzemeleri de gelişmeye devam etmektedir. Bu gelişim ürünlerin pazarlama imkanlarını artırmaya yardımcı olmaktadır (online, ambalaj.org.tr).

Günümüzde özellikle batı toplumunda ambalajın önemi o kadar artmıştır ki artık firmalar içindeki üründen çok dışındaki ambalaja önem vermeye başlamışlardır. Çünkü kaliteli bir ambalaj, ürünü kolay sattırmakta ama kalitesiz bir ambalaj ürün fiyatının düşük rakamlarda satılmasına sebep olmaktadır.

1.2.1. Hijyen açısından önemi

Ambalajın temel görevlerinden biri içerisindeki ürünü korumaktır. Bu koruma fiziksel bir bulaşmanın yanı sıra mikrobiyolojik bir bulaşma da olabilmektedir. Bu sebeple insan sağlığını etkileyen her türlü faktörden korunmanın birincil metodu gıda tüketiminde ambalajın kullanımudur. Ambalaj kullanılarak kolaylıkla içerisinde bulunan

ürünün dış ortamdan soyutlanması sağlanabilmektedir. Ancak burada dikkat çeken bir husus ambalaj üretiminde hijyen şartlarının en üst seviyede olduğundan emin olmaktır. Bu şartları sağlamanın en temel yolu ise el değmeden üretim ve otomasyon teknikleridir.

1.2.2. Kalite açısından önemi

Ambalajın diğer önemli özelliği ise ürüne kazandırdığı albeni ve görsel çekiciliktir. Bu görsel çekiciliği günümüzde ambalaj üzeri etiketler taçlandırmaktadır. Bu çekicilik ambalajı çok iyi bir reklam aracı haline getirerek, ürünün pazarlanmasını kolaylaştırmaktadır. Bu noktada da tabii ki ambalajın kaliteli olması ürünün satılmasını doğrudan etkileyen bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu faktörü etkileyen başlıca sebeplerden en çok dikkat çeken, koruma özelliğini zayıflatan kapanma problemleri, görsel eksiklikler ve baskı hataları olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu konuda da tıpkı hijyen konusunda olduğu gibi yüksek otomasyon ve stabilite kaliteyi etkileyen faktörlerin başında gelmektedir.

Gelişen teknoloji ve tüketim talebi ile birlikte firmaların hijyen seviyesi yüksek gıdaların üst seviyede korunabilmesi vb. önemli bütün şartları sağlayabilmesi adına ambalaj tüketimine olan ilginin her geçen gün artması kaçınılmaz bir gerçektir. Bu sebeple el değmeden üretim ve kalite kontrol sistemlerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması büyük önem taşımaktadır.

1.3. Plastik Enjeksiyon Kalıplama Prosesi

Rijit plastik gıda ambalajların üretimi, farklı sistemlerin bir araya getirilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Bu sistemlerin ana başlığı plastik enjeksiyon kalıplama uygulamasıdır. Aşağıda bahsi geçen 3 alt sistemin birleşmesi ile birlikte rijit plastik gıda ambalajı üretimi gerçekleştirilebilmektedir.

Gıda ürünlerinin saklanabilmesi ve temasına uygun plastik malzemenin belirlenmesi ve ihtiyaç duyulan katkıları ile birlikte, hazırlanan hammadde proses başlangıcı olarak enjeksiyon makinesine getirilmektedir.

Plastik enjeksiyon makinesinin ocak bölmesinin üzerinde bulunan hammadde giriş kısmına, hazırlanan plastik hammadde karışımı dökülür. Buradan katı granül halde giren hammadde karışımı özel bir vida kovan setinin içine girer. Üzerinde çeşitli ısı kontrolcülerinin bulunduğu eritme ocağında burju kovan sayesinde ilerleyen plastik karışımı, bir yandan erirken diğer taraftan homojen bir karışım yaparak enjeksiyon işlemi için hazırlanmaktadır. Karışım enjeksiyon işleminden önce son olarak dozajlama

adı verilen bir işlemle üretilecek ürünün ağırlığına bir plastik, hacimsel ölçüm yöntemleri ile ölçülerek belirli bir miktar olarak ocak kısmının en ön tarafına iletilir.

Tamamen hazır olan karışım plastik kalıbın mingeneler tarafından kilitleme işleminin tamamlanması ile kalıbın içine enjekte edilir. Dar kesitlerden geçen eriyik plastik kalıbın içerisinde ilerlerken yüksek basınç düşümü yaşar. Bu sebeple ocak kısmının arkasında bulunan hidrolik silindireler yardımı ile bu basınç iletilerek, plastik kalıbın içine doldurulması sağlanır. Ayrıca dolma işleminin tamamlanmasının ardından plastiğin sıkıştırılma işlemi için enjeksiyon prosesinin diğer bir işlemi olan ütüleme işlemi ile nihai dolgunluk sağlanarak ocak bölümünün işlevi tamamlanır.

Eritilerek doldurulup sıkıştırılan plastiğin, soğuyarak donması için kalıp içindeki bekleme sürecine geçilir. Soğutma işlemi kalıp içinde bulunan soğutma kanalları ile sağlanmaktadır. Bu kanallar ürün bölgesi diye tanımlanan kalıp iç boşluğuna en yakın noktadan geçmektedir. Soğutma işlemi için beklenen süre, çevrim süresini etkilediğinden bu kanalların pozisyonu çok önemlidir. Nitekim bu kanalların yüzeye olan uzaklığının soğutma süresine olan etkisi karesi ile orantılı olarak artmaktadır.

Soğutma işlemi tamamlanan kalıp, mengene hareketi yardımı ile açılarak kalıbın son işlemi olan çıkarma prosesine geçilir. Kalıpta çıkarılmaya hazır olan plastik, kalıp içerisindeki itici ve subap sistemleri sayesinde kalıptan ayırma işlemi tamamlar. Bu noktadan itibaren prosesin devamını kalıp içi robot sistemi devralır. İml robotu diye anılan bu sistem kalıptan çıkarılan nihai ürünü alırken boşta bekleyen kalıba matbaada basılan etiket yerleştirir. Robotun vakumlu tutucular sayesinde aldığı ürünler istifleme denilen bölüme aktarılarak üst üste istiflenmesi sağlanır. Bu uygulama aşağıda da belirtildiği gibi 3 ana başlıkta incelenebilmektedir.

- Plastik enjeksiyon makinesi
- Plastik enjeksiyon kalıbı
- Kalıp içi etiketleme robotu

1.3.1. Plastik enjeksiyon makinesi

Eriyik hazırlama ünitesi ve mingeneden oluşan iki alt sisteme sahip bir makinedir. Kısaca enjeksiyon adı verilen eriyik hazırlama ünitesinde plastik, istenen sıcaklıkta eritilerek hazır bekletilmektedir. İhtiyaç anında bu eriyik, hidrolik silindir yardımı ile kalıbın içerisine belirlenen miktarda enjekte edilmektedir. Kalıp içerisinde bulunan soğutma sistemleri sayesinde eriyik plastik donarak çıkarılmaya hazır hale

getirilmektedir. İki ana parçadan oluşan kalıp mengene yardımı ile ayrılarak donan nihai ürünün çıkarılmasını sağlamaktadır.

1.3.2. Plastik enjeksiyon kalıplama

Plastik enjeksiyon kalıbı prosesindeki en önemli ayaklardan birisi, plastik enjeksiyon kalıbıdır. Üretilen kalıba özel olan kalıp, parçanın kalite şartlarına ve kullanılacak plastik malzemelere (pp, abs vb.) göre değişik özelliklerde üretilmektedir.

Plastik enjeksiyon kalıbı genel olarak iki bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler dişi ve erkek olarak anılmaktadır. Birbirinin içine geçen bu bölümlerin arasında kalan boşluğa kalıp iç boşluğu denilmektedir. Bu boşluk, nihai ürünün dolarak oluşmasını sağlayacak olan boşluktur. Enjeksiyon makinesinde hazırlanan plastik eriyik malzeme makinenin nozzle denen bölümünden kalıbın yolluğunu kullanarak kalıp iç boşluğuna ulaşmaktadır. Yolluktan geçen eriyik plastik kalıp iç boşluğunu doldurmaktadır. Kalıbın farklı bir bölümü olan soğutma sistemi sayesinde yüksek sıcaklıkta enjekte edilen plastik, çok kısa bir sürede soğutularak kalıptan çıkarılacak sıcaklık seviyesine inmektedir. Soğuma işlemi tamamlandıktan sonra makinenin iki farklı bölümüne bağlanan kalıplar ayrılarak ürünün dışarı atılması sağlanmaktadır.

1.3.3. Kalıp içi etiketleme robotu

Rijit plastik gıda ambalajı üretiminde eriyik plastiğin kalıplanması kadar önemli olan diğer bir husus ise dekorasyon konusudur. Dekorasyon konusunda ise enjeksiyonla kalıplamaya uygun çeşitli uygulamalar mevcuttur. Bunlardan kısaca bahsetmek gerekirse başlıca şu şekilde açıklanabilir. Ofset baskı, tampon baskı, sticker etiket, sıcak transfer, shrink sleeve ve kalıp içi etiketleme uygulaması.

Yukarda bahsi geçen sistemlerden her birinin ayrı ayrı avantaj ve dezavantajları bulunmakla birlikte, bu sistemlerin gıda ambalajı prosesine uygunluğu her geçen gün giderek tartışma konusu olmaya devam etmektedir. Yalnızca kalıp içi etiketleme sistemi ikinci bir operasyona ihtiyaç duymadığı için gıda ambalajları için en uygun sistem olarak görülmektedir. Günümüzdeki kullanımı her geçen gün artmakla beraber ekonomisi ve diğer şartları da iyileşmeye devam etmektedir. Gıda ambalajlarında hijyen seviyesinin en üst noktada olması beklendiğinden, bu sistem üzerinde çalışma yapılmaktadır. Matbaa prosesinde hazırlanıp enjeksiyon kalıplama prosesine aktarılarak üretimi gerçekleştirilen sistemdir. Bu uygulamanın kullanılabilmesi için kalıp içi etiketleme robotu gibi alt sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Uygulamaya göre çok katmanlı üretilen bu etiketlerin temel amacı, plastik malzeme ile kenetlenerek üzerinde bulunan grafiği bozulmadan plastik ambalajın dışına yansıtılmasıdır. Plastik ile kenetlenmenin temel sebebi ise sticker veya boya kullanılan sistemlerdeki gibi zamanla ambalajın üzerindeki kaybolma probleminin olmayışıdır. Bu sayede hem hijyen seviyesi riske girmemekte, hem de firmanın logosu ve görseli daha kalıcı hale gelmektedir.

Matbaada üretilen IML etiketler bıçak izi diye adlandırılan kesim şablonlarında kesildikten sonra paketlenerek, plastik enjeksiyon kalıplama tesisine teslim edilmektedir. Elde edilen bu etiketler, uygun şartlar sağlandıktan sonra üretime başlamak için kalıp içi etiketleme robotuna yerleştirilir.

Kalıp içi etiketleme robotu temelde 3 ana bölümden oluşan plastik enjeksiyon kalıplama sisteminin bir alt sistemidir. Bu bölümler şu şekilde sıralanmaktadır;

- Anakol grubu,
- Magazin grubu,
- İstifleme grubu.

Anakol diye tabir edilen grup, etiket bırakma ve çıkan plastik ambalajların kalıptan teslim alınmasını sağlayan lineer bir sistemdir. Magazin grubu, matbaadan gelen etiketleri üretime hazır halde bekleten ve sırası geldiğinde kalıp içindeki şeklini hazırlayan bölümdür. İstifleme grubu ise, anakol yardımı ile kalıptan çıkarılan plastik ambalajın el değmeden üst üste istenilen adet kadar sıralanmasını sağlayan sistemdir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Janssen ve ark. tarafından (1996) savunma sanayinde yapılan çalışmada, açık alanda ve farklı derinliklerdeki kum havuzuna mayınlar gömülmüştür. Gömülen mayınlardan kum yüzeyine yerleştirilenlerin zaman serisi görüntülerinden, yüzeye yakın olanların tüm gün boyunca görünür olduğunu ancak derine gömülü mayınların sadece gün doğumu ve gün batımı esnasında görülebilir olduğunu tespit edilmiştir (Janssen ve ark., 1996).

Kim ve ark. (1999), lehim bağlantılarının sınıflandırılmasına yönelik görüntü işleme tekniğiyle bir çalışma yapmışlardır. Yapay sinir ağlarının geriye yayınma algoritmalarına dayalı olarak her lehim bağlantısı ön tanımlı tiplerden birine karşılık gelecek şekilde sınıflandırılmıştır. Ayrıca lehimli bölgelerin karakteristik özellikleri ve iki boyut özellikleri dikkate alınarak önemli noktalar tespit edildikten sonra, farklı aydınlatma açılarıyla ardışık olarak 3 adet görüntü elde edilmiş ve bu görüntüler sayesinde lehimli bölgeler diğer bölgelerden kolayca ayırt edilecek hale gelmiştir (Kim ve ark., 1999).

Derganc ve arkadaşları (2002) mil yataklarının eksantrikliğini ölçmek için makine görme sistemi kullandıkları bir çalışma yapmışlardır. Sistemin tamamı, bir kişisel bilgisayar, tarayıcı bir kamera ve step motora sahip mekanik bir aygıttan oluşmuştur. Teorik olarak mil yataklarının kalitesi iğnenin eksantrikliğine ve yatak dışına çıkan iğnenin uzunluğuna bağlı olmakla birlikte kilowatt saatin doğru olarak ölçülmesi iğnenin eksantrikliğine ve taşma miktarına bağlıdır. Hem manuel olarak hem de geliştirilen sistemle ayrı ayrı sonuçlar elde edilmiş ve bu sonuçlar karşılaştırıldığında manuel ile sistemsel ölçüm arasında fark olduğu görülerek geliştirilen sistemin kilowattsaat metre üretim hattında kullanılabileceği belirtilmiştir (Derganc ve ark., 2003).

Özdemir (2005), hazırladığı çalışmada akışkanlar mekaniğindeki iki fazlı akışı incelemiştir. Çalışmada iki fazlı akışın birçok noktada kullanıldığına vurgu yapılmıştır. Örneğin bunlardan birisi nükleer enerji santralleridir. Santrallerde yakıt çubukların soğutmasında kullanılan kanallardaki akış incelenmiştir. 2.1x66.5mm dikey dar bir kanalda durgun veya yukarı yönlü hareketli bir su akışında hava kabarcığının hareketleri görüntü işleme yöntemi ile incelenmiştir. Kesiti önden ve yandan görece şekilde hazırlanan deney düzeneğinde kamera aydınlatma düzenekleri hazırlanarak fotoğraf kaydedilmiştir. Kaydedilen görüntü üzerinde parlaklık kontrast gibi ayarlamaların

ardından keskinlik yumuşatma ve binary operasyonları ile görüntü dijitalleştirilerek kenar belirleme ve bölüm izleme teknikleri ile su içerisindeki balon şekli tasvir edilmiştir. Tasvir edilen bu şekil üzerinden ölçülendirmeler yapılarak hacim alan vb değerler karşılaştırılarak grafikler oluşturulmuştur (Özdemir, 2005).

Algaç (2006) yapmış olduğu çalışmada, buğday tanelerinin verimi ve sınıflandırılmasında ileri teknoloji tarım uygulamaları incelenmiştir. Buğdayın verimi boyutları ile bağlantılı olduğundan geometrik boyut analizi ve sınıflandırma çalışmaları için görüntü işleme yöntemi ile çalışmalarını yapmıştır (Algaç, 2006).

Tekerek (2006) yaptığı çalışmada, modern yaşama aktif bir şekilde dahil olan robot sistemleri ve mekatronik sistemlerin etkin kullanımları, günlük yaşamdaki yerleri, esnek üretim sisteminde görüntü işleme yönteminde renk kontrolü metodu yardımı ile robot deney düzeneği kullanılarak kinematik kısıtlamalarda dikkate alınarak bir eğitim modeli üzerinde çalışma yapmıştır. Konveyör band üzerine konumlandırılan kameradan görüntü yakalama işlemi ile alınan görüntünün üzerinde filtreler ve çeşitli kodlamalar yardımı ile farklı renk RGB değerlerince sınır şartları belirlenmiş, eğitim modeli yazılımca belirlenen kısıtlamalara göre ekrana gelen nesnenin rengi ve pozisyonunu tanımlayabilmiştir (Tekerek, 2006).

Akbar ve Prabuwo (2008), endüstride preslenerek üretilen mamüllerin boyutlarının kontrol edilmesi amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Gerçek zamanlı web kamera görüntüleme sisteminin kullanıldığı çalışmada, söz konusu yöntemin üretim kalitesini artırma etkisinin büyük olduğu fakat online görüntü işlemenin karmaşık bir süreç olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, web kameralı gerçek zamanlı boyut kontrolü için görüntü alma, aydınlatma, işleme ve kontrolün beraber ele alınması gerektiği vurgulanmıştır (Akbar ve ark., 2008).

Akpınar (2008) yapmış olduğu çalışmada, lojistik sektörüne yönelik işgücü düzensizliği ve maliyet düşürme üzerine robotik sistemler ve görüntü işleme sisteminin birleştirilmesiyle nesne tanımlaması ve depolama süreçlerini daha kaliteli ve istenilen şartlara çekmeyi amaçlamıştır. Görüntü işleme sisteminde ise sisteme konveyör bant üzerinden girecek kolilere çeşitli şekilsel tanımlamalar yapılarak bu tanımlamaların kameradan çekilen fotoğraf ile görüntü işleme sisteminin şekil tanınması sonucu Kartezyen robot yardımı ile depolama işlemi gerçekleştirilmiştir (Akpınar, 2008).

Dilan (2010) yapmış olduğu çalışmada, otonom sürüş kabiliyetine sahip araçlarda belirli ve belirli olmayan hareketli nesnelere tespit emiştir. Belirli olmayan nesnelere bilgileri için yapay sinir ağları kullanılmıştır (Dilan, 2010).

Chen ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada, ray yüzeylerinde oluşan kusurların belirlenebilmesi için görüntü işleme teknikleri kullanılmıştır. Görüntü işleme tekniğiyle yeni bir yöntem geliştirilen çalışmada, özellik çıkarımı ve iyileştirilmesi üzerinde durulmuş ve ray üzerindeki çatlaklar tespit edilebilmiştir (Chen ve ark., 2010).

Sun ve ark. (2010), elektrik kontaklarının yüzeyindeki bozulmaları görüntü işleme sistemiyle inceledikleri bir çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışmada üst, yan ve alt olmak üzere üç yönden üç farklı görüntü işleme metodu kullanılarak kaydedilen görüntülerle yüzeydeki çatlak, çizik ve bozulma gibi kusurlar incelenmiştir. Sonuçta, görüntü işleme sisteminin bozulmaların tespitinde etkili olarak kullanılabileceği söylenmiştir.(Sun ve ark., 2010)

Amutha ve ark. (2011) çalışmalarında, meme kanserinin erken teşhisi için kontrast artırma ve gürültü giderme amacıyla bir algoritma geliştirmişlerdir. Modifiye matematiksel morfoloji ve biortogonal dalgacık analizlerinin yapıldığı çalışma sonucunda, geliştirilen algoritmanın bu zamana kadar yapılmış iyi bilinen algoritmalara göre daha iyi görüntü kalitesine sahip olduğu görülmüştür (Amutha ve ark., 2011).

Bişkin (2011), mermerlerin nitel ve nicel özelliklerinin belirlenmesi için sinyal ve görüntü işleme tekniklerini kullanmıştır. Çalışmada mermerin dayanıklılığının incelenmesi için çok katmanlı algılayıcı yapay sinir ağları eğitilirken, rastgele seyrek örnekleme (Randomsub-sampling), K-fold çarpaz-sağlama (K-foldcross-validation), leave-one-out çarpaz-sağlama ve önyükleme (bootstrap) öğrenim metotları kullanılmıştır .

Lahmire ve Boukadoum (2011) tarafından yapılan çalışmada, kanser görüntülerini sınıflandırmak için ayrı dalgacık dönüşümü ve Gabor filtresi kombinasyonundan elde edilen bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistemle elde edilen sonuçlar, böyle karma bir kombinasyon modelinin, tek başına kullanımlarla karşılaştırıldığında daha düşük standart sapmaya ve daha yüksek doğruluğa sahip olduğunu göstermiştir (Lahmire ve Boukadoum, 2013).

Le ve ark. (2011), gri tonlu görüntülerin kuantum olarak temsil edilmesini önerdikleri çalışmalarında, klasik bilgisayarın görüntü gösterimindeki piksellere benzer olarak ilgili pozisyonun renk bilgisi alınmış ve her biri ayrı bir kuantum durumda toplanmıştır. Renk bilgisi durum genliğinde tutulmuş ve çalışmada kuantum görüntü temsil modeli olan FRQI modeli yazarlar tarafından geliştirilmiştir (Le ve ark., 2011).

Kızılkaya (2012) çalışmasında, genellikle yazılım ile uygulanan görüntü işleme algoritmalarının FPGA (sahada programlanabilir kapı dizileri) üzerinde

gerçekleşebilmesini incelemiştir. Temel amacı görüntü işleme alanında FPGA kullanımının avantajlarından faydalanarak, görüntü işlemenin verimli bir şekilde uygulanabilirliğini göstermek olan çalışmada, çalışma kartı olarak Altera DE2-70 kartı seçilmişken, donanım modellerini sentezleme programı olarak Quartus 9.1 tercih edilmiştir (Kızılkaya, 2012).

Bağkur (2013) yapmış olduğu çalışmada, görüntü işleme sistemi yardımı ile kumaş üretiminde oluşan hataların tespiti üzerine odaklanmıştır. Standart görüntü işleme metotlarına başlayan çalışmada doog filtresi kullanımı ile histogram analizi ve eşikleme işlemi yapılmıştır (Bağkur, 2013).

Horozoğlu (2013) çalışmasında, imalat sonrasında yüzey pürüzlülüğünü temassız bir şekilde görüntü işleme sistemini kullanarak ölçmüştür. Mikroskopik kamera ile çekilen fotoğrafın akabinde bilindik görüntü işleme yöntemleri ile yüzeydeki pürüzlü şekillerden hesaplama yapılmıştır (Horozoğlu, 2013).

Kafee (2013) çalışmasında, görüntü işleme teknikleri kullanarak deri kanserinin tespit edilmesini amaçlamıştır. Çalışmada bilgisayar tabanlı algoritmalar ile standart kanser riskleri ABCD puanlamasına tabi tutulmuştur. Deri kanseri riski taşıyan hastaların resimleri ön filtrelemeden geçirilerek ABCD puanlamasına uygun hale getirilmiş ve sırasıyla önce A asimetri puan algoritması, B sınır puanlaması, C renk puanlaması ve D puanlaması çalışmaları yapılmıştır. Her bir sonuç ile klinik çalışmalardaki dermatolog sonuçları karşılaştırılarak yorumlanmıştır (Kafee, 2013).

Karagöz (2013), raf ömürleri kısa olan balıkların tazeliğini anlamayı amaçladığı bir çalışma yapmıştır. Çalışmasında sadece bir cep telefonunun kamera özelliğini kullanarak elde edilen görüntüleri MATLAB programında işlemiştir. Geliştirilen yöntemde üç tanesi balığın şekliyle, bir tanesi de rengiyle ilgili dört önerme çıkarılmış ve bu yöntemin kolaylıkla balık tazeliğine karar vermek amacıyla kullanılabileceği vurgulanmıştır (Karagöz, 2013).

Şahin ve ark. (2013) yapmış oldukları çalışmada, malzeme sünekliğinin görüntü işleme yöntemi ile hesaplanması üzerine odaklanmışlardır. Toplam uzama ve kesit daralması manuel ölçümlerde kişiye bağlıdır. Kişi kaynaklı ölçüm, hatayı da beraberinde getirdiğinden görüntü işleme yöntemi sonuç doğruluğunu artırabilmektedir. Alan taraması ve şekil bulma yöntemi ile kesit alanı belirlemesi ve sünme hesabı yapılarak hata ve sapmalar minimize edilmiştir .

Girit (2014), pek çok insanın hayatını kaybettiği veya sakat kaldığı trafik kazalarının temel sebeplerinden biri olan uykulu araç kullanan sürücülerin durumunun

tespitine odaklandıkları bir çalışma yapmışlardır. Çalışmadaki sürücü verisi, kamera ile kaydedilen video dilimleri olup, önerilen yöntem ise sürücünün durumunu tespit etmek için bilgisayarla görmeyi kullanan yöntemler grubuna aittir. 30 saniyelik video dilimleri boyunca bütün göz durumları birleştirilerek sürücünün durumu uyanık veya uykulu olarak tahmin edilmiştir. Çalışma sonucunda, sürücü durumu tespit yönteminin başarı oranı %99.1 ve göz durumu tespit yönteminin başarı oranı %94 olarak bulunmuştur (Girit, 2014).

Ying ve ark. (2014) çalışmalarında, demiryolu bileşenlerinin tespiti için otomatik ray takip bakım sistemi geliştirmişlerdir. Görüntü işleme yöntemine dayalı olarak geliştirilen sistemde 16 km/s hızla ilerleyen bir raylıdan saniyede 20 frame olacak şekilde görüntü alınmış, daha sonra Sobel operatörü ve Hough dönüşümü kullanılarak ray bileşenleri tespit edilmiştir .

Acar (2015) yapmış olduğu çalışmada, terminal kapasitesini inceleyen bir çalışma yapmıştır. Terminal kapasitesini en çok etkileyen faktör yolcular ve onların dinamik tahmin edilemeyen davranışlarıdır. Görüntü işleme yöntemi ile terminalin farklı bölgelerinde (Check-in, güvenlik noktaları restoran ve bekleme salonları) insan davranışları analiz edilerek terminal kapasitesinin belirlenmesi için çalışma yapılmıştır. Bu analizde insanların sayısı, geçiş aralıkları, hızları ve hareket güzergahları belirlenmiştir (Acar, 2015).

Adem ve ark. (2015) çalışmalarında, görüntü işleme ve sınıflandırma tekniklerini kullanarak sıvı gıdaların uzun raf ömrünü garanti eden çok katmanlı aseptik ambalajlarda sızıntı testi yapmayı amaçlamışlardır. Gerçek bir üretim ortamından elde edilen veriler sayesinde deneyler yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Çalışmanın literatürde, görüntü işleme tabanlı bir bilgisayar sistemi ile sıvı gıdaların ambalajlarındaki sızdırmanın tespitine ilişkin ilk çalışma olması vurgulanmış ve bilgisayarların insan gözünün tanımladığı her sorunu çözebildiği sonucu kanıtlanmıştır (Adem ve ark., 2015).

Öncü (2015) yapmış olduğu çalışmada, dijital görme metodu ile hareketli nesnelerin tanımlanması için 2 adet kamera ile nesnelerin pozisyon ve hızlarının takibi sonucu robotik sistemlerin hareketlendirilmesi üzerine çalışmıştır (Öncü, 2015).

Örger (2015) yapmış olduğu çalışmada, uzayda bulunan gezegenlerin yüzey keşiflerinin incelenmesi amacıyla hafif bir robot platformu incelemiştir. Yüzeydeki kaya örnekleri, robot üzerindeki kamera yardımı ile alınan siyah beyaz görüntüler ile kayanın boyut bilgisine sahip olması amaçlanmıştır. Ayrıca kayanın koyu bölgede kalan

tarafının gölge ile ayırt edilmesi ve tanınması için çalışılmıştır. Diğer bir taraftan gölge konusunu çözebilmek için çeşitli görüntü işleme filtreleri kullanılmış ancak oyuklardaki ışık yansımaları gibi sorunlardan sonra görüntü işleme ilave lazer ile doğrulama sistemi kullanılmıştır (Örger ve ark., 2015).

Kumar ve ark. (2016), kanser teşhisi için görüntü işleme yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada uyarlamalı histogram eşitlemesi, medyan filtre, butterworth filtre, frost filtre ve dalgacık filtre olarak beş algoritmadan hangisinin uzaysal alan ve frekans alanı için mamografi görüntülerine daha uygun gürültü giderme tekniği olduğu bulunmak istenmiştir. Bu gürültü giderme tekniklerini 10 görüntü üzerinde test etmişler ve sonuçlar uzaysal alan için medyan filtrenin ve frekans alanı için dalgacık ile gürültü gidermenin daha yüksek sinyal gürültü oranı ve düşük ortalama karekök hata, maksimum fark, normalleştirilmiş mutlak hata ve yapısal içerik değerlerine sahip olduğunu kanıtlamıştır (Kumar ve ark., 2016).

Lin ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışma, malzeme konum tahmini, robot – kamera kalibrasyonu ve koordinat dönüşümünü içeren, endüstriyel robotların görme tabanlı malzeme taşıma ile ilgili konularını araştırmıştır. Çalışmada robota bir gözden görsel kontrol sistemi ve stereo kamera sistemi, bir endüstriyel robot kol tarafından gerçekleştirilen işlemlerde gerekli olan malzemenin üç boyutlu konum bilgisini elde etmek amacıyla kullanılmıştır. Altı serbestlik dereceli bir endüstriyel robot kol için elverişli olan görme tabanlı bir malzeme taşıma algoritmasının geliştirildiği çalışmanın sonuçlarına göre, gelişmiş görme sistemi olan bir endüstriyel robot kol, otomatik işlemleri (al-bırak) %100'lük bir başarıyla gerçekleştirmiştir (Chen ve ark., 2010).

Sonugür (2016) yapmış olduğu çalışmada, insansız kara araçlarının üzerine yerleştirilen kameralar yardımı ile belirlenen güzergah boyunca önüne çıkan hareketli engellerin tespiti ve tanıyabilmesi için görüntü işleme tabanlı bir çalışma yapmıştır. Görüntü işleme algoritmasında gps yardımı ile sürekli olarak anlık fotoğraflar çekilmektedir. Çekilen fotoğraflarda ilki referans adım adım gelen diğer fotoğraflar ise anlık görüntü olarak belirlenip arasındaki fark vektörleri değerlendirilerek görüntüde hareketli bir nesnenin varlığı tespit edilmektedir (Sonugür, 2016).

Amon (2017) çalışmasında, görüntü işleme ve desen tanıma teknikleri ile insan ve bitkilerde pseudomonasaeruginosa hastalığının teşhis edilebilirliğini araştırmıştır. Çalışmada hastalıklı dokunun ham görüntüleri elde edildikten sonra, bu görüntüler ön işlemde geçirilmiş, süzülüş, özellikler çıkarılmış ve görüntünün sınır değeri imzası ile

K-means kümeleme algoritması uygulanmıştır. Sonuçta görüntü işleme ve desen tanıma teknikleriyle hastalığın teşhisinin kolaylaştığı belirtilmiştir (Amon, 2017).

Kan ve ark. (2017), 3D teknolojisindeki gelişmeyle birlikte kalite kontrol ve proses iyileştirmenin önemine dikkat çekmiştir. Özellikle biyo-üretim sürecinde yüksek boyutlu görüntüleme akışlarının izlenmesi ve kontrolü için dinamik bir ağ metodolojisi geliştirmenin amaçlandığı çalışmada, geliştirilen metodolojiyle biyo-ürünlerin sentezi sırasında canlı hücrelerin proses takibi yapılmıştır (Kan ve ark., 2017).

Mahmood (2017), tomografide taranan insan beyninin olası hasarlarında hızlı tanı koyabilmek için görüntü işleme, kümeleme, bölütleme ve çıkarım gibi birçok aşamayı takip etmiştir. MATLAB yazılımında geliştirilen tüm kodlar için çalışmada Gauss Karışım Modelleri temelli bölütleme ve k-ortalama bölütleme yöntemleri kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca çalışmada yapılan deneylerin oldukça ümit verici olduğu vurgulanmıştır (Mahmood, 2017).

Shi ve Chen (2017) yaptıkları çalışmada, konveyör bandında hareket eden malzemelerin alınarak doğru yere yerleştirilmesi işlemini gerçekleştirmek için hibrit kameralı görsel hareketli robot kol sistemini sunmuşlardır. Dolayısıyla hem robot üzerinde göz sistemi hem de gözden robota sistem birlikte kullanılmıştır. Malzemenin tam hızının görsel geometri algoritması kullanılarak ölçüldüğü çalışmada, konum hatası ise iğne deliği görüntüleme modu kullanılarak hesaplanmıştır. Malzemelerin doğru konuma taşınamama hataları görüntü işleme algoritmaları tarafından tespit edilmiş ve bu sayede malzemenin konumu robot kontrolörü tarafından düzeltilebilmiştir. Çalışma sonuçları, geliştirilen hibrit kameralı görsel hareketli robot kol sisteminin malzemeleri doğru bir şekilde alabildiğini ve doğru konumlara yerleştirebildiğini göstermektedir (Shi ve Chen, 2017).

Al-Salihi (2018) çalışmasında, görüntü işleme metotları kullanarak kanalizasyon kanallarında yaygın olarak görülen ek açıklığı, mil, atık ve kılcal çatlaktan oluşan kusurları tespit etmeyi amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda, öncelikle görüntüler Sobeloperator, Prewittoperator, Robert's Cross operator, Cannyoperator, Mediangibi filtreler sayesinde çeşitli özellikleri geliştirmek için filtre edilmiş, daha sonra görüntüden özellik çıkarabilmek için K-ortalama kümeleme, kenar tespiti, renk uzayı tabanlı bölütleme, görüntü bölütleme şeklindeki algoritmalar kullanılarak MATLAB kodları geliştirilmiştir. Sonuçta, kanalizasyon borularında meydana gelen kusurların yüksek oranda tespit edildiği belirlenmiştir (Al-Salihi, 2018).

Gökhan (2018) çalışmasında daha gelişmiş görüntüler elde edebilmek amacıyla, görüntü işleme uygulamalarında hızlı Gauss filtre tasarımı ve kullanılmasını incelenmiştir. Çalışma sonucunda, Gauss filtrenin tasarımında her bir görüntü için en uygun katsayının ne olması gerektiğine ilişkin çeşitli bulgular paylaşılmıştır (Gökhan, 2018).

Şenel (2019), Landsat 8 ve Sentinel 2 uydu görüntülerini kullanarak, su indisi ve sınıflandırma yöntemleri ile Meriç Sulak Alanı ve Deltası bölgesi su ve kara alanlarının belirlendiği ve karşılaştırmalı olarak değerlendirildiği bir çalışma yapmıştır. Uydu görüntülerinin karşılaştırılabilirliği test etmek amacıyla görüntüler arasındaki korelasyonun irdelendiği çalışmada kullanılan yöntemler ise sulak alan çıkarımı için ekran üzerinden sayısallaştırma, spektral indis algoritmaları ve kontrollü sınıflandırma olarak belirlenmiştir (Şenel, 2019).

Rashid (2019), tarımsal ürünlerde kalite sınıflandırması yapabilmek için renk ve boyut gibi özelliklere göre ürünleri ayırmaya yardımcı olan görüntü işleme yöntemini kullanmıştır. Görüntü ayrıştırma ve sınıflandırmanın yapıldığı çalışmada, ayrıştırma için ortalama filtreli yerel eşikleme metodu kullanılırken, sınıflandırma için derin öğrenme algoritmaları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda yüksek hassasiyetli sınıflandırma sonuçları elde edilmiştir (Rashid, 2019).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma birkaç farklı sistemin bir arada tasarlanması, hesap ve bazı analizlerin yapılmasının ardından prototip imalat PLC yazılımı ve görüntü işleme sistemleri ile bütünleşik olarak rijit plastik gıda ambalajlarında kalite kontrol işlemini gerçekleştirmektedir.

Sistemin ana hedefi rijit plastik gıda ambalajlarında görüntü işleme yöntemi ile kalite kontrol uygulaması yapmaktır. Bu uygulama ile plastik ürünlerin kusurlarını tayin edelecektir. Kusurların belirlenmesi, görüntü işleme uygulamasının referans olarak girilmesi ve kıyas işlemi akabinde alınan çıktı ile uygulama tamamlanmış olacaktır.

3.1. Kalite ve Hijyen Kusurları

Rijit plastik ambalajlarda kalite şartları aşağıdaki parametrelerce incelenebilmektedir. Bu parametreler aşağıda görüldüğü gibidir:

- Sürekli kusurlar: Plastik enjeksiyon kalıplama sisteminin alt parçalarından herhangi biri veya üretimin gerçekleşebilmesi için gerekli olan malzemelerin sistemce belirlenen parametrelerinden 1 veya daha fazlasının kontrol dışına çıkması ile oluşan kusurlardır. Bu kusurların oluşmasında etkili olan parametreler kalıcı olarak değiştiğinden, tekrar eski haline getirilmesi için müdahale edilmesi gerekmektedir (örneğin plastik enjeksiyon kalıbın yolluk iğnesinin aşınması sonucu tüylenme oluşması gibi). Bu tarz kusurlar tespit edilir edilmez sistem durdurularak kalıcı müdahalelerin yapılması gerekmektedir. Bu kusurların düzeltilmesi gerektiğinden bu kusurlar için bir kalite sisteminin uygulanması uygun olmamaktadır. Yalnızca bir uyarı sistemi geliştirilebilir.
- Anlık (geçici) kusurlar: Plastik enjeksiyon kalıplama ile üretim esnasında meydana gelen anlık kusurlardır. Bu kusurlar üretim esnasında alt sistemlerden 1 veya birkaç sistem parametresinin anlık düzensizleşmesi ile ortaya çıkmaktadır. Anlık ortaya çıkan bu kusurlar günümüzde insan gözü ile tespit edilmektedir. Uzun süreli kontrolde, insanların hata yapabilme eğilimli varlıklar olmasından dolayı, gözle bu kusurları anında tespit etmek mümkün olmamaktadır. Bunun sonucunda kusurlu ürünlerin hattan geçerek müşteriye ulaşması kaçınılmaz olmaktadır. Ayrıca bu işlem esnasında, üst üste istiflenen bu ürünleri tek tek elle kontrol etmek ciddi bir hijyen riskini de ortaya çıkarmaktadır. Hijyen risklerinin

yanı sıra, bu şekilde kontrol etmek önemli bir işçilik gerektirdiğinden üretim maliyetlerinin de artmasına sebep olmaktadır.



(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

(f)



(g)

(h)

Şekil 3.1. Modern Ürün kalite kusurları: (a) Çapaklı ürün, (b) Etiket fiesi, (c) Etiket fiesi, (d) Etiketsiz ürün, (e) Birleşim yeri fiesi, (f) Eksik ürün, (g) Etiket fiesi, (h) Lekeli ürün

Tablo 3.1. Rijit plastik gıda ambalajlarında temel kalite kontrol parametreleri

S.No	KONTROL EDİLECEK ÖZELLİK	KONTROL TOLERANSLARI	S.No	KONTROL EDİLECEK ÖZELLİK	KONTROL TOLERANSLARI
1	Yollukta çapak (içeride) (mm)	1mm	17	Yatıklık (%)	5%
2	Ağızda çapak (mm)	1mm	18	Sızdırmazlık	2 saat
3	Yollukta tüylenme (mm)	olmayacak	19	Çarpıklık	3mm
4	Yollukta tüylenme (mm)	olmayacak	20	Hammadde lekesi	olmayacak
5	Plastik tüylenme (mm)	olmayacak	21	Matlık	olmayacak
6	Çizilme (mm)	5mm	22	Ürün üzerindeki yazıların silikliği	olmayacak
7	Hava kabarcığı	2mm ²	23	Bombe oluşması kontrolü	olmayacak
8	Dalgalanma	olmayacak	24	Ürün Rengi Kontrolü	Şahit numune
9	Yanık	olmayacak	25	Ürün koku kontrolü	olmayacak
10	Çatlak	olmayacak	26	Ürün tabanında şişme	olmayacak
11	Tozlanma	olmayacak	27	İml etiketin baskı alanı kontrolü	olmayacak
12	Tüy & Kıl	olmayacak	28	İml etikette deformasyon kontrolü	olmayacak
13	Yağlanma	olmayacak	29	İml etikette üst üste binme kontrolü	"±/- 1mm
14	Su bulaşması	olmayacak	30	İml etikette alta üste kayma kontrolü	"±/- 1mm
15	Delik	olmayacak	31	İml etikette yolluk izi kontrolü	yarıçap 5mm
16	Eksik	olmayacak	32	İml etiket doğrulama kontrolü	Şahit numune

Tablo 3.1’de bahsi geçen kalite kontrol parametrelerinden birçoğu insan kontrolü ile sağlanmaktadır.

3.2. Görüntü İşleme Sistemi

3.2.1. Görüntü İşleme ve görüntü işleme ile ilgili teknik tanımları

Görüntü işleme, bir dijital görüntü yakalayıcısının kaydettiği dijital görüntü verilerinin sanal ortamda çeşitli yazılımlar sayesinde kaydedilen görüntünün amaca uygun değiştirilmesi işlemidir. Bu değişimler renk tonu ve ışık seviyesi gibi konular olacağı gibi resimde bulunan bazı objelerin yok edilmesi veya yerinin değiştirilmesi gibi uygulamalar da olabilmektedir (online, yildiz.edu.tr).

Görüntü işleme sistemi temelde 4 aşamada incelenebilmektedir.

- Görüntü yakalayıcısı ve aydınlatma,
- Kaydedilen görüntü verilerinin işleyicisi,
- Görüntü işleme sisteminin yazılımı,
- Görüntü işleme yazılımı.

3.2.1.1. Görüntü yakalayıcısı ve aydınlatma

Görüntü yakalayıcısı, mekanik bir sistem olmasına karşın ışık altında bir nesnenin yansıyan ışıkların toplanıp 2 ya da 3 boyutta bir görüntü verisini oluşturan dijital platformdur.

Görüntü yakalayıcısı sisteminde yakalayıcı kalitesi sistemin gereksinimleri ile belirlenmektedir. Bu gereksinimler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yakalanmak istenen nesne ya da görüntünün ölçüleri,
- Yakalanmak istenen görüntünün netliği,
- Kaydedilen görüntüdeki işlem hassasiyeti,
- Aydınlatma şiddeti ve homojenliği.

Görüntülenecek nesne ya da görüntünün ebatlarına göre sistemde kamera tipi ve ucuna bağlanacak lens belirlenerek görüntü işleme işlemine geçmeden sistem tamamlanır. Ayrıca görüntü netliği ve hassasiyeti ise işlenecek verideki piksel sayısını direkt olarak etkilediğinden, görüntü işlemeden önce bu adımların sağlıklı ve sürdürülebilir olması için sistemin doğru seçilmesi gerekmektedir. Aydınlatma şiddeti, aydınlatma sisteminden dijital veya oransal olarak ayarlanabilmesinin yanı sıra kamera üzerinden oransal olarak ışık kırıcılardan da ayarlanabilmektedir (Baxes, 1994).

3.2.1.2. Kaydedilen görüntü verilerinin işleyicisi

Kamera, lens ve aydınlatma donanımları mekanik bir sistemdir. Bu sistemleri çalıştırarak dijital bir görüntü elde etme, kaydetme, işleme ve çıkış yapma işlerini tamamlayacak sistem ise veri işleyicisidir. Veri işleyicisinin özellikleri yine yakalama sistemindeki veriler kullanılarak seçilmektedir. Bu verilere ilave olarak işlenen verilerin çıktısının yönetimi kaç kamera yönetebileceği ve bu verilerin depolanması için gerekli platformlarla bağlantı gibi ilave gereksinimlerde sistem özelliklerini belirlemektedir. Veri işleyicisi temelde bir işlemci olsa da çeşitli şekillerde olabilmektedir (online, entek.com.tr).

İşleyicilere örnek olarak küçük bir sistemden kompakt bir sisteme kadar geniş çözümler bulunmaktadır. Örneğin raspberry pi platformu, bilgisayarlar, çeşitli küçük işlemciler, kamera üzerinde gömülü işlemci sistemleri veya harici görüntü işleme CPU'ları görüntü işleyiciler olarak sayılabilir. Veri işleyicilerin tipine göre çeşitli yazılımlar mevcuttur ve bu yazılımlar seçilerek görüntü işleme işlemi başlatılabilir.

Veri işleyiciler tüm sistemi hazırlanmış robot sistemlerine benzerler. Yazılımdan bir talep gelene kadar hazırda beklemektedirler. Yazılımdan bir komut girildiği anda her daim o veriyi işlerler.



Şekil 3.2. Örnek veri işleyiciler (online, cognex.com)

3.2.1.3. Veri işleyicisi yazılımı

Yukarıda bahsi geçen sistemlerin hepsi mekanik ve elektronik donanımlardan oluşmaktadır. Bu donanımlar görüntü işleme sisteminin çalışacağı platformlardır. Bundan sonraki kısım ise sanal ortama geçmektedir. Sanal ortamda işlem iki basamakta devam etmektedir. Buradaki ilk basamak veri işleyicisinin yazılımıdır. Veri işleyici yazılımları işlemci tipine göre değişmektedir. Bazı işlemcilerde tek bir yazılım kullanma seçeneği bulunurken bazı işlemciler birden çok yazılımla görüntü işleme işlemini gerçekleştirebilmektedir (Örn bilgisayarlar). Bu yazılımlar temelde ikiye

ayrılmaktadır. Bunlar, sadece görüntü işlemeye uygun yazılımlar ve genel uygulama yazılımları olarak adlandırılabilir (Örneğin Matlab, Visual basic vb.)

İkinci basamak ise veri işleyici yazılımı kullanarak görüntü işleme yazılımının hazırlanmasıdır. Görüntü işleme yazılımı veri işleyicisinin yazılımına gömülmektedir (online, keyence.com)

3.2.1.4. Görüntü işleme yazılımı

Görüntü işleme yazılımı, işlenecek görüntünün yani yapılacak işlemin algoritmasının aktarıldığı platformdur. Yazılım temelde kamera, lens ve aydınlatma ayarları ile başlamaktadır. Öncelikle duyuşal olarak ekranda beliren görüntünün parlaklık netlik parametrelerini, tahmini beğendiğimiz değerler seviyesine getirerek bu değerler yazılıma kaydedilmelidir. Bu değerler yazılıma başlamadan önceki sabit veya değişken parametreler gibidir ve algoritmanın içinde her noktada yazılımda ihtiyaç duyulduğu anda çağırılarak kullanılacaktır. Temelde bu yazılım geniş algoritmalarla sınırsız da olsa işin temelinde birkaç metoda dayanmaktadır. Bu metotların en temeli piksel taramadır. Piksel tarama işlemi kaydedilen görüntünün taşıdığı piksellerin taranarak haritalanması olayıdır. Görüntünün sahip olduğu bütün pikseller tek tek taranarak sağa aşağı doğru veya belirlenen şekillerde renk kodları veya dijital platformlardaki gibi taranmaktadır (online, tutorialspoint.com).

3.2.2. Görüntü İşleme sistemi işlem basamakları

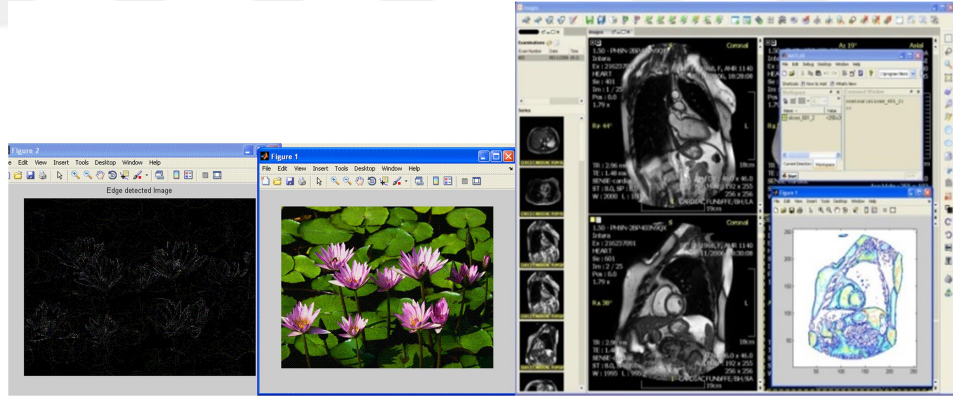
Görüntü işleme sistemindeki işlem basamakları aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir (Işık ve Güler, 2003):

- Kamera pozisyon ayarlama,
- Aydınlatma ayarları,
- Lens netlik ve ışık alma ayarları,
- Fotoğraf çekme ve işlem tamam sinyal bağlantıları ve ayarları,
- Algoritma hazırlanması,
- Referans fotoğraf kaydetme,
- Algoritmaya uygun nesne sınır şartları ve pozisyonların bulunması,
- Bulunan pozisyonun referans kabul edilerek pozisyon parametrelerin kaydedilmesi,

- Renk, yüzde tamlık, leke, yazı veya sayı tanımlama ve matematiksel işlemler algoritmaya uygun sisteme gömülmesi,
- Referans resimdeki parametreler kullanılarak belirlenen eşik değerlerce sistemin çalıştırılarak diğer nesnelerin kameradan geçirilmesi,
- Sistemin çalıştırılarak çıktı alınması.



Şekil 3.3. Otonom sürüş çalışmalarında görüntü işleme uygulaması



Şekil 3.4. Medikal ve diğer alanlardan örnek görüntü işleme çalışmaları

4. GÖRÜNTÜNÜN MODELLENMESİ

Görüntünün modellenmesi, gerçek dünyadan sanal dünyaya aktarılan dijital resmin sayısallaştırılarak mevcut matematik ve fizik kanunlarınca ispatlanmış metotların uygulanabilir haline dönüşümüdür.

4.1. Endüstriyel Makine Görme Sistem Elemanları

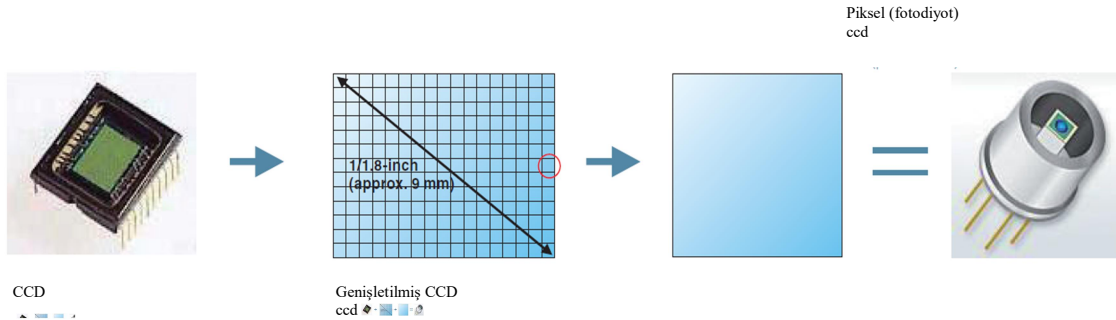
4.1.1. CCD görüntü sensör

Dijital kamera, yapı olarak geleneksel analog kameralara çok benzemektedir. Birbirlerinden ayıran en önemli fark CCD dijital görüntü sensörüdür. Analog kameralarda görüntünün yakalanarak hapsedilmesi için bir film kullanılırken dijital kameralarda bu saklama işlemi CCD sensörü sayesinde gerçekleşmektedir. CCD'nin açılımı İngilizce "Charge Coupled Device" yani Türkçe'de yük bağlaşımlı cihazlar olarak anılmaktadır. 1969 yılında Willard Boyle ve George Smith tarafından keşfedilmiştir. Yarı iletken olan bu sensörün görevi, üzerine düşen ışığı dijital sinyallere çevirmektir.

CCD ızgara şeklinde olup 1cmx1cm şeklinde hizalanan küçük piksellerden oluşmaktadır. Kamera ile fotoğraf çekilirken hedefin üzerinden yansıyan ışık, lensin üzerinde şekillenerek sensörün üzerine düşmektedir.

CCD'nin üzerinde bulunan pikselin üzerine düşen ışığın yoğunluğuna göre bir elektrik yükü üretilmektedir. Bu elektrik yükleri, her piksel tarafından alınan ışık yoğunluğunu (konsantrasyon değeri) elde etmek için elektrik sinyallerine dönüştürülmektedir.

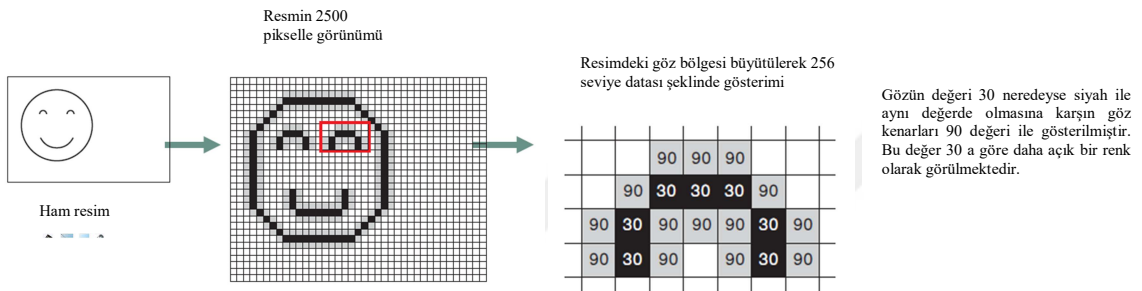
Buradan da anlaşılacağı üzere her bir piksel, ışık yoğunluğunu tayin edebilen bir sensör (foto diyot) anlamına gelmektedir. Örneğin 2 milyon piksellik bir CCD, 2 milyon foto diyotun koleksiyonudur.



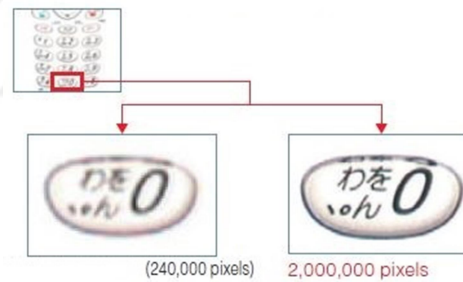
Şekil 4.1. CCD'nin şematik görünümü (Anonymous, 2009)

Fotoelektrik sensör özel belirlenen boyut ve lokasyonda belirlenen hedefin varlık ve yokluğunu tayin edebilmektedir. Tek bir sensör, karışık uygulamalarda özellikle de bol değişkenli uygulamalarda (Ölçme, pozisyonlama ve şekil belirleme uygulamaları gibi) yetersiz kalmaktadır. CCD binlerce, milyonlarca sensörün toplamından oluştuğundan endüstrideki zorlu şartların üstesinden gelebilmektedir.

Her piksel, ışık yoğunluğuna göre verileri genellikle 256 seviyede (8 bit) aktarır. Tek renkli işlemlerde (siyah beyaz) siyah 0 beyaz ise 255 olarak anılır. Bu, ışık yoğunluğunun o piksel üzerine düşen seviyesinin sayısallaştırılmasıdır.



Şekil 4.2. Örnek bir resmin gri skalada sayısallaştırılması



Şekil 4.3. İki farklı CCD sensörün (0,24mp ve 2mp) contrast ve belirginlik farkının örnek görseli

Görüntü işleme temelde 4 işlem akışına sahiptir.

- Görüntünün yakalanması,
- Sayısal datanın kontrolcüye transferi,
- Görüntü datasının işlenmesi,
- Sonuçların çıktısı.

Görüntü işleme ile ilgili bilinen en temel yanlış, stabil ve hızlı bir görüntü işlemenin, kontrolcünün kabiliyeti ile belirlenmesidir. Doğru bakış açısı ise görüntü işlemenin temelinde yatmaktadır. Lens, aydınlatma ve CCD üçlüsünün en optimum (Işığı ve netliği ayarlanmış) değeri ile elde edilen dijital görüntü en stabil görüntü işleme imkânı

sunmaktadır. Bu noktadan sonra artık işlemcinin gücü ve uygulanan filtrelerin mantığı görüntü işlemeyi bir üst noktaya taşımaktadır.

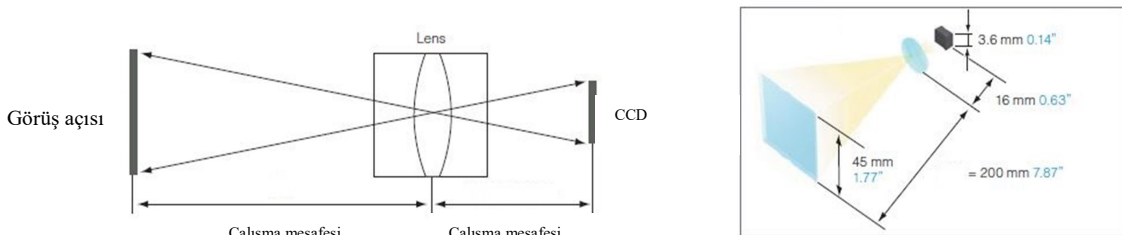
4.1.2. Lens

Kamera lensleri temelde iki amaca hizmet etmektedirler. İlk amaç, CCD sensörünün üzerine düşecek ışık miktarının kontrollü olarak ayarlanmasıdır. İkinci amaç ise, görüntünün netlik ayarının yapılmasıdır. Lensin üzerinde bulunan iki adet halka bu ayarlara izin vermekle birlikte, sabit ayar sistemi ve otomatik ayar yapabilen lensler de yaygın olarak kullanılmaktadır (Anonymous, 2018).



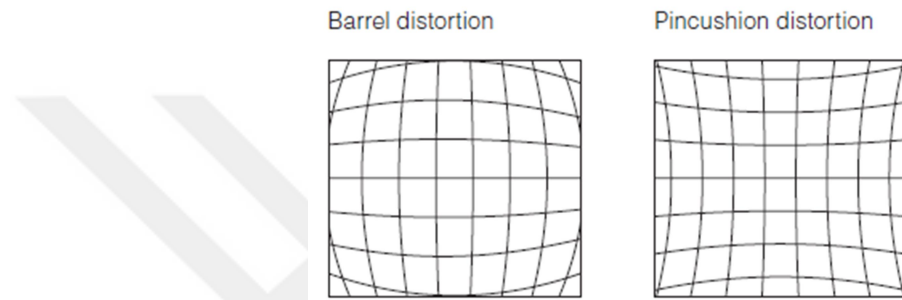
Şekil 4.4. Örnek bir lensin görüntüsü

Kaliteli bir görüntü işleme yapabilmek için kaliteli bir dijital görüntüye ihtiyaç duyulmaktadır. Kaliteli bir dijital görüntü için ise, homojen bir aydınlatma ve amaca uygun bir lensin CCD sensörü üzerinde takılı olması gerekmektedir (Anonymous, 2018). Bu seçim için önemli kriterlerden biri, lensin odak mesafesidir. Lens seçimi yapılırken dikkat edilen temel özellik budur. Endüstriyel uygulamalarda genellikle 8,16 ve 25mm olan odak mesafeli lensler kullanılmaktadır. Yalnız uygulamanın özelliğine göre bu mesafe artıp azalabilmektedir. Örneğin incelenmek istenen çalışma alanına çok yakından bakmak gerekirse 4mm ya da 2mm gibi odak mesafesi yakın ürünlerde kullanılabilir. Çalışma mesafesi ve görüş açısı bu şekilde belirlenmektedir (Anonymous, 2018).

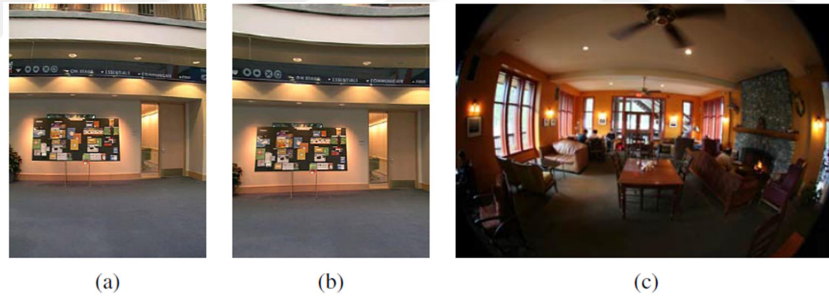


Şekil 4.5. Çalışma mesafesinin lens seçimi ile belirlenmesinin şematik görünümü

Lens seçiminde dikkat edilmesi gereken diğer bir husus ise lens bozulmasıdır. Bu tabir İngilizcedeki “lens distorsion“ kelimesinden çevrilir ve mekanik bir bozulma değil görüntünün bozulması anlamına gelmektedir. Görüntüyü oluşturan piksellerin alanlarının bozulmasını da ifade eder. Görüntünün köşelerinde daha net bir şekilde gözlemlenir. Hassas ölçme işlemlerinde bu konu fazlaca önem arz etmektedir. Özellikle ölçüm işlemleri için görüntü işleme uygulamasının tercih edileceği durumlarda, odak mesafesi yüksek lens kullanımı bu sebepten dolayı gerekli olmaktadır. Odak mesafesi azaldıkça bozulma miktarı artış göstermektedir(Anonymous, 2018) .



Şekil 4.6. Lens bozulma örnekleri



Şekil 4.7. Lens bozulmaları: (a) barrel, (b) pincushion, and (c) fish eye (Szeliski, 2010)

4.1.3. Aydınlatma

Kaliteli bir dijital resim elde etmek için önemli olan diğer bir konu ise aydınlatmadır. Aydınlatma kaynağı olmadan görüntü elde edilemez. Temel prensipte CCD sensörünün üzerine bir ışık düşürmek gerekmektedir. Bu ışığın, haricen ya da doğal bir kaynak olarak bulunması gerekmektedir (Szeliski, 2010). Temelde 3 ana basamakta incelenebilmektedir:

- Aydınlatma tipi,
- Aydınlatma kaynak tipi,
- Aydınlatma renk dalga boyu.

Aydınlatma tipi de kendi içerisinde 3 farklı şekilde incelenmektedir:

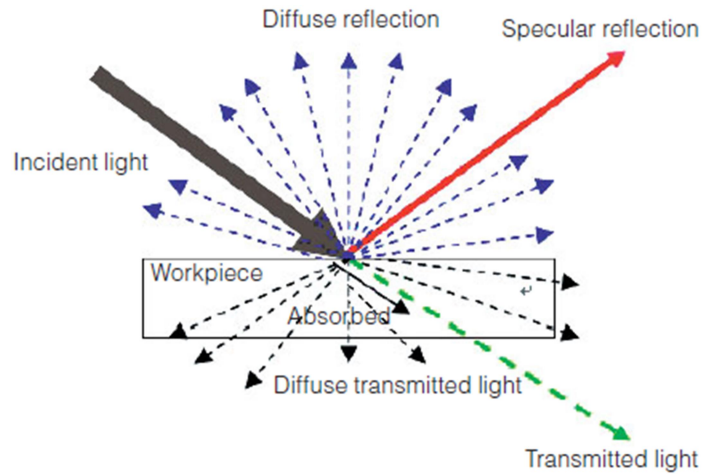
- Speküler yansıma tipi,
- Dağınık yansıma tipi,
- İletilen ışık tipi.

Speküler yansıma tipinde ışık kaynağından gelen ışık hedeften yansıdıktan sonra direkt lensin üzerine düşen ışık tipidir. Dağınık yansıma tipinde ise, kaynaktan çıkan ışık hedeften yansıdıktan sonra bulunduğu ortama yayılarak lensin üzerine düşen tiptir. İletilen ışık tipinde ise hedefe vuran ışık kaynağı direkt olarak hedefin içinden geçerek lensin üzerine düşebilen aydınlatma tipidir.



Şekil 4.8. Farklı aydınlatma tiplerinin yansıması

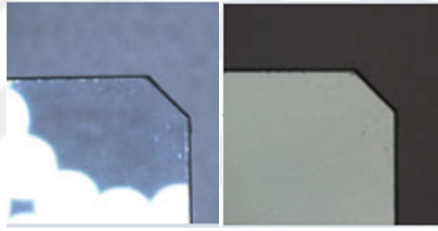
Şekil 4.8’de iki farklı aydınlatma tipinin (Speküler yansıma ve dağınık yansıma) etkisi görülmektedir. Dağınık yansıma resim üzerinde yumuşatma etkisi yaparken, speküler yansıma parlak yüzeyleri gün yüzüne çıkarmaktadır (Szeliski, 2010) .



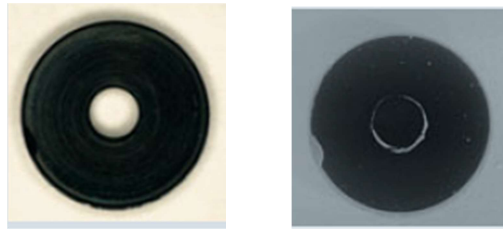
Şekil 4.9. Aydınlatma tiplerinin gösterimi

4.1.3.1. Aydınlatma kaynaklarının tipi

Aydınlatma kaynağı farklı geometrik özelliklerde olsa da uygulamaların genelinde homojen aydınlatmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Cisimden yansıtılacak ışığın aynı yansıma bölgesinden farklı bir yansıma olması, görüntü işleme kalitesini ciddi etkileyecek bir unsurdur. Bununla beraber homojen uygulanan ışık bazı durumlarda cismin tamamen kaybolmasına ya da bulunduğu zeminden ayırt edilememesine neden olabilmektedir. Bu gibi durumlarda aydınlatma kaynağının geometrik şekli önem arz etmektedir. Örneğin bir cam gibi şeffaf olan ürün üzerinde görüntü işleme işi yapılacak ise koaksiyal-dikey bir görüntü kaynağı kullanılacak iken siyah mat bir yüzey üzerinde bulunan kesik bölge düşük açılı bir ışık kaynağı vasıtası ile tespit edilebilmektedir. Özetlemek gerekirse, her uygulama için aydınlatma kaynağının hedef alacağı nesnenin ışığı yansıtma kabiliyetine göre kaynağın geometrik yerleşimi görüntü işleme kalitesini etkilemektedir.



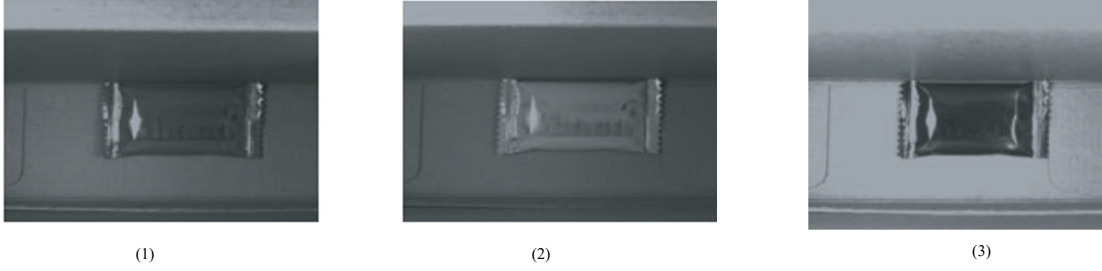
Şekil 4.10. Geleneksel ve Koaksiyal kaynak görünümü



Şekil 4.11. Geleneksel ve düşük açılı bir kaynak görünümü

4.1.3.2. Aydınlatma renk dalga boyu

Aydınlatma konusunda dikkat edilmesi gereken son konu ise renk dalga boylarıdır. Bu dalga boyu hedef nesne ve arka planın radikal bir şekilde ayrılmasına yardımcı olmaktadır. Renkli kameralarda bu seçim, genelde basit olup beyaz renk tercih edilmektedir. Monochrome tipli kameralarda daha detaylı bir analizle bu seçimlerin yapılması gerekmektedir. Şekil 4.12’de farklı kaynak renklerinin etkileri incelenmiştir.



Şekil 4.12. Farklı kaynak renklerinin etkileri
 (1) Beyaz ışık kaynağı kullanılan resim (2) Kırmızı ışık kaynağı kullanılan görüntü (3) Mavi ışık kaynağı kullanılan görüntü

Beyaz ışık uygulanan 4.12.1 nolu görüntüde, nesne üzerinden yansıyan ışıkla nesne üzerinde belirgin parlaklık görülmektedir. Fakat nesne ile arka plan kontrastında neredeyse hiçbir fark yoktur. Farkın olmayışı sınır şartlarının belirlenerek nesnenin pozisyon ve diğer belirleyici özellikleri işlemek, kararlı bir sonuç oluşturmamaktadır.

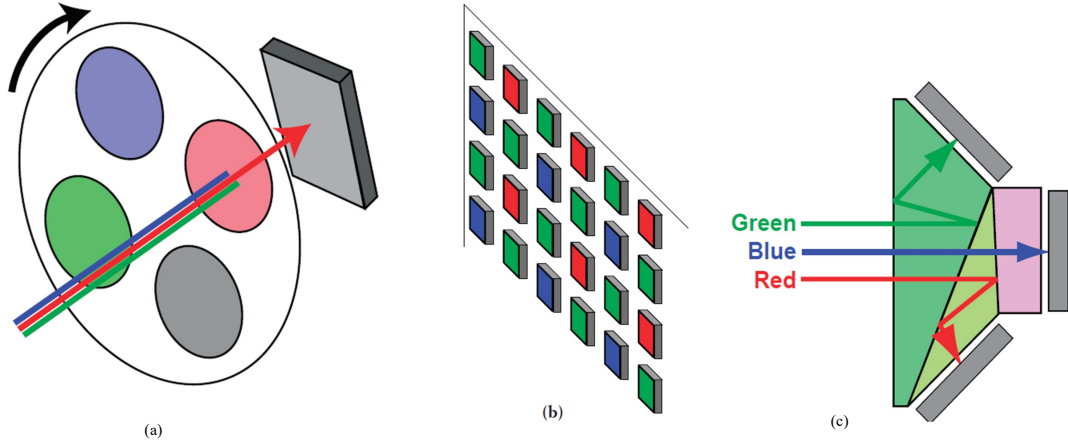
Kırmızı renk uygulanan 4.12.2 nolu görüntüde, nesne daha açık renkte görülmektedir. Fakat yine beyaz ışık kaynağında olduğu gibi, arka plan ile nesne arasında radikal bir kontrast ayrımı bulunmamaktadır.

Mavi renk uygulanan 4.12.3 nolu resimde ise, nesnenin siyah renkli görüldüğü arka planın ise çok belirgin olduğu açıkça görülmektedir.



Şekil 4.13. Tümleyici renk çemberi

Şekil 4.13'te görülen çemberde karşılıklı duran renkler birbirlerini tamamlayan renklerdir. Bu renklerde nesne ile arka plan farkı belirgin olmaktadır.



Şekil 4.15. (a)Döner filtreli renkli kamera,(b)tek çipli renkli kamera,(c)üç çipli renkli kamera (Russ, 2016)

Dijital kameralarda renkli kamera tipi olarak yoğun biçimde tek çipli sistem kullanılmaktadır. Çoğunlukla yüksek piksel dedektörlü kırmızı, yeşil ve mavi filtreli bir dizi kullanılmaktadır.

Tek çipli olmasının dezavantajı olarak, her renk kanalındaki görüntü çözünürlüğünün azalması gösterilebilir. Tek çipli sistemde parlaklık hassasiyeti ve renk yoğunluğunun dikkatlice optimize edilmesi gerekmektedir.

Ayrıca Faveon firmasının geliştirdiği her piksel konumunda 3 transiste bulunan bir renkli kamera tipi de bulunmaktadır. Fakat bazı potansiyel sorunlar sebebi ile kullanımı yaygın değildir (Russ, 2016).

Renkli bir görüntüyü yakalamak için kırmızı, mavi ve yeşil (RGB) bilgileri gerektiğinden CCD'nin her piksellerine RGB filtreleri eklenmektedir. Her piksel, kontrolcüye almış olduğu yoğunluk bilgisini 256 seviye (RGB) olarak iletmektedir.

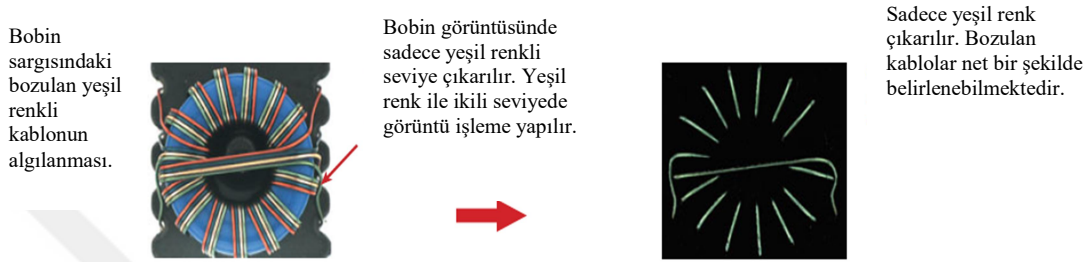
Renk sistemi, renkleri sayısal olarak ve genellikle de 3D uzayında 3 farklı eksenle tanımlamaktadır. Bunlar insan gözüne en yakın gelen ve görüntü işlemeye en uygun HSB yani "Hue, Saturation, Brightness" (ton, doygunluk, parlaklık) olarak adlandırılmaktadır.

4.2.1. Renkli görüntü işleme

Renkli görüntü işleme iki kategoride incelenmektedir. Tam renk görüntü işleme ve sahte renkli görüntü işleme (full-color and pseudocolor image processing) olarak isimlendirilmektedir. Tam renk görüntü işleme tv video kameraları ve tarama uygulamalarında kullanılmaktadır. Sahte renkli görüntü işleme ise, endüstride yaygın

olarak kullanılmaktadır. İlgili renk gruplarından seçilen seviyeler görüntü işlemede gri seviye döndürülerek işlenmektedir (Gonzalez ve Richard, 2002).

Renkli kamera 16,777,216 farklı seviyede ton bilgisi sunabilmektedir (256 seviye R,G ve B). Bu kadar bilgi, monokrom kameralara göre yaklaşık olarak 80.000 kat daha fazla bilgi anlamına gelmektedir (256 seviye gri). Sahte renkli işleme bu 16 milyon bilgidan sadece belirlenen seviyede işlem yapma özelliği sağlar (Anonymous, 2009).

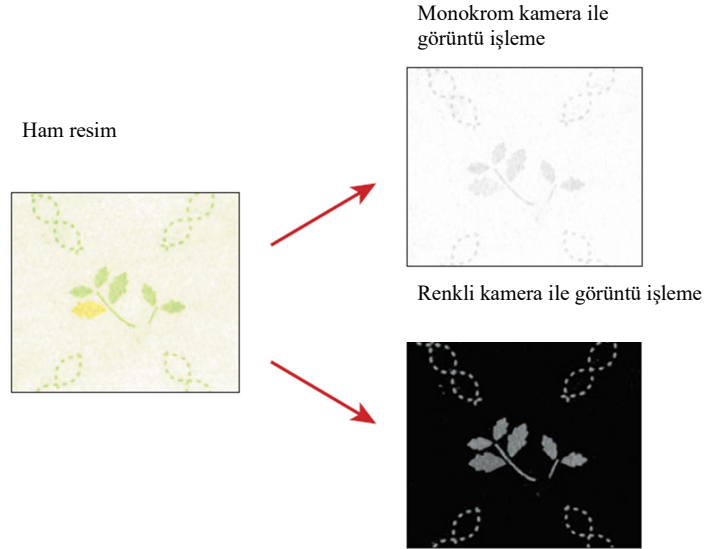


Şekil 4.16. Sahte renkli görüntü işleme örneği (Anonymous, 2009)

4.2.2. Renk tonu ölçeği işleme

Yüksek hızlı üretim hatlarında kullanılan görme sistemlerine yönelik talepler saniyenin binde biri gibi süreler şeklinde talep edilmektedir. Renk tonu ölçeği işleme özelliği ise tam renkli işleme sistemlerinin uzun zaman almasındaki sorunları çözmek için kullanılan bir yöntemdir.

Renk tonu ölçeği işleme metodu çok yüksek data bilgisine sahip renkli görüntüyü 256 seviye griye dönüştürmektedir. Bu işlem yapılırken belirlenen renklerin parlaklık seviyesi beyaz olarak ayarlanmaktadır. Bu işlem kullanılırken sadece parlaklıkla kalınmaz, renk bilgisi de işlenebilmektedir. Örneğin zor bir uygulama olan gümüş ve altın renklerin ayırt edilmesi gibi.



Şekil 4.17. Renk tonu ölçęi işleme metoduna ait bir örnek (Anonymous, 2009)

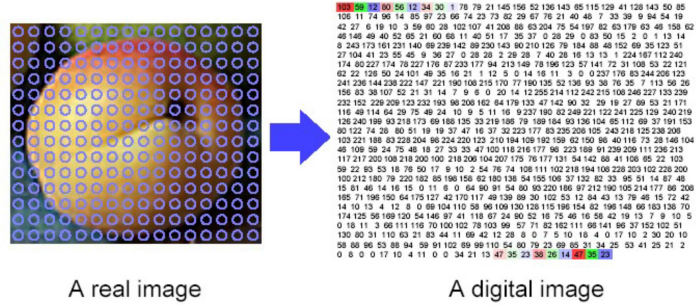
4.3. Modelleme

İnsanoğlu etrafına hızlı bir göz attığında bile yüzlerce güzel olguyu anında keşfedebilmektedir. Etraftaki bu 3 boyutlu yapı, gözler vasıtasıyla insan beyinde algılanmaktadır.

Gözün yapısı ve beraberinde çalışma sistematığı yüzyıllardır incelenmektedir. Bu incelemeler sonucunda fotoğraf makinelerinin kameraları günümüz teknolojisinde köşe taşı olmayı başarmış durumdadır. Gözle ilgili bu incelemeleri daha da derine indirgediğimizde ise, gerçek hayattaki somut olguların sanallaştırılarak beyne aktarıldığı gözlemlenmiştir.

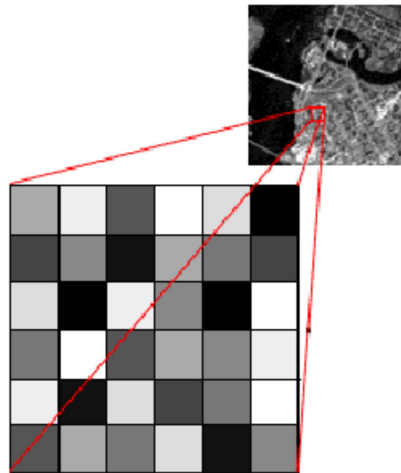
Görüntü gerçek yaşamdaki 3 boyutlu yapının 2 boyutlu dijital basit değişkenli bir fonksiyonla tanımlanmasıdır (Gonzalez ve Richard, 2002). Bir başka deyişle, görüntü x ve y koordinat düzleminin bir fonksiyonu olarak anılmaktadır (Akpınar, 2008).

Görüntü gerçek yaşamdan yakalanan 3 boyutlu görüntünün sanallaştırılarak dijital dünyaya aktarılmasıdır. Aktarılan bu görüntüler modellenerek işlenebilir hale getirilebilmektedir. Modellenerek sayısallaştırılan bu görüntüler çeşitli metotlar kullanılarak işlemeye hazır hale gelmektedir. Bu işlemler ile görüntünün düzenlenmesi, onarılması, çoğaltılması ve tekrar düzenlenmesi gibi uygulamalarda kullanılabilir (Akpınar, 2008).



Şekil 4.18. Gerçek görüntünün dijitalleştirilmesi (Yıldırım ve ark., 2003)

Görüntü işleme anlık olarak kaydedilen görüntünün çeşitli işlemlerle biçimlendirilerek sayısallaştırılmasıdır. Bu dönüşüm, kaydedilen görüntüyü 2 boyutlu Kartezyen koordinatlar olarak düşündüğümüzde, x ve y boyutlarında piksellerle bir matris oluşumu şeklindedir.



Şekil 4.19. Sayısal görüntü oluşum örneği, $f(x,y)$ (Mutlu, 2011)

4.3.1. Görüntü işleme modelleri

- Siyah beyaz görüntü: Bu modelde gri tona sayısallaştırılan görüntü belirli bir eşik değerine göre sınıflandırılarak 1 veya 0 kodlu piksellere dönüştürülmektedir. Bu dönüşümle beraber dijital resim artık sadece siyah:1 beyaz:0 piksellerden oluşmaktadır. Bu dönüşüm ile birlikte işlenecek görüntünün oluşturduğu sayısal veri çok azalacağından, bu verinin saklanması, transfer edilmesi ve işlenmesi çok hızlanacaktır. Fakat bu basit veri dizini, beraberinde dijital resmi de basite indirgeyeceğinden resim üzerinde yapılacak olan görüntü işleme detaylarını da en az seviyeye çekecektir.

- Görüntünün gri skalaya dönüşümü: Gri skala görüntünün 0 ile 255 sayısal değeri arasında piksellerin gri renk tonlarınca değerlendirilerek piksellere dağıtılma modelidir. Bu modelde 0 siyah rengi 255 ise beyaz rengi temsil etmektedir aradaki değerler ise gri rengin tonları olarak piksellere dağılmaktadır. Gri skala modelinde görüntünün analizi ve derinliği siyah beyaz modele göre daha derin yapılabilmektedir (Avuçlu, 2019).

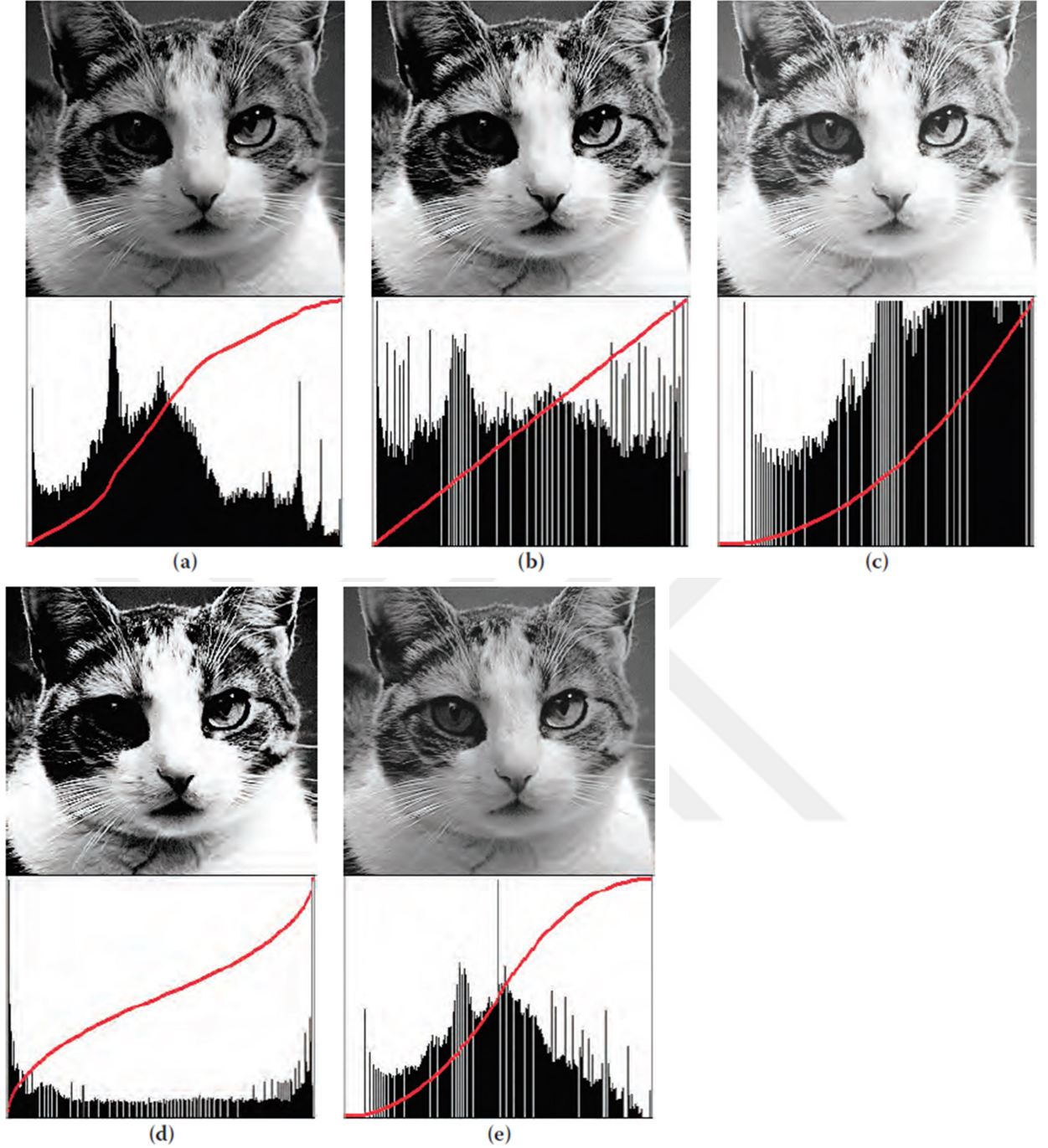
Görüntünün derinliği, hassasiyeti ve niteliği değiştirilmek istediğinde piksel değer aralığının belirlenmesi gerekmektedir. Bu belirleme ise; $P_g=2^n$ şeklinde ifade edilmektedir. Buradaki n bit değerini göstermektedir. Temelde görüntünün kaç bit yani beraberinde pikselden oluştuğunu da belirlemektedir. Örneğin, 8 bitlik bir resim bu çerçevede 256 farklı gri tonlamayı yansıtmaktadır (Yıldırım ve ark., 2003; Mutlu, 2011). Eğer bu değer 1 olursa bu binary bir resim yani, siyah beyaz bir görüntü modeli olur.

4.4. Histogram

Bir görüntüdeki piksel üzerine düşen aynı gri seviye adetlerinin sütun şeklinde grafikte toplanarak gösterilmesine denir. Diğer bir ifadeyle, aynı seviyedeki piksellerin bir sütunda toplanarak dikdörtgensel bir grafik hazırlanmasıdır. Histogram eşitleme, bir resim içerisinde öbeklenen renk değişiminin oluşturduğu renk dağılımının oluşturduğu renk dağılım bozukluğunun giderilmesi için kullanılan yöntemdir. Histogram renkli işlemede RGB seviyelerinin ayrı ayrı işlenmesini gerektirir.

4.4.1. Kümülatif histogram

Histogramdaki renk seviyelerinin bir önceki adet değerlerinin toplamını ifade etmektedir. Renk değerleri sıra ile toplanarak 256 seviye toplam elde edilmektedir. Bu toplam daha sonra görüntüdeki toplam piksel sayısına bölünmektedir. Görüntüde istenen maksimum renk değeri ile çarpılarak yuvarlama işleminden sonra, aynı sıranın karşısına yazılır. Elde edilen yeni histogram değerleri ile yeni grafik oluşturulmaktadır. Şekil 4.20'de her resmin histogram grafiği gösterilmiştir. Kümülatif histogram grafiği ise kırmızı renkte belirtilmiştir (Russ, 2016).



Şekil 4.20. Histogram modifikasyonu

4.5. Threshold Eşikleme İşlemi

Gri skalaya çevrilmiş bir görüntüde arka plan ile nesneyi keskin bir şekilde ayırtmaya yardımcı olan bir tekniktir. Piksellerin gri seviyesinde belirlenen eşik seviyesinin altı 0 üstü ise 1 rakamına eşitlenir. Bu sayede belirlenen eşik değerine kadar olan bütün gri seviyeler 0, eşğin üstündeki gri seviyeler ise 1 olarak değiştirilir. Bu

değişimden sonra resim tekrar oluşturulur oluşan bu resim artık siyah beyaz bir binary resim haline gelmektedir.

4.6. Görüntü İşleme Filtreleri

Filtreler, dijital görüntü matrislerinin belirli bir katsayı matrisi ile çarpılıp önceki piksel seviyesinin yeni seviye ile değiştirilerek yeni görüntü elde edilmesidir.



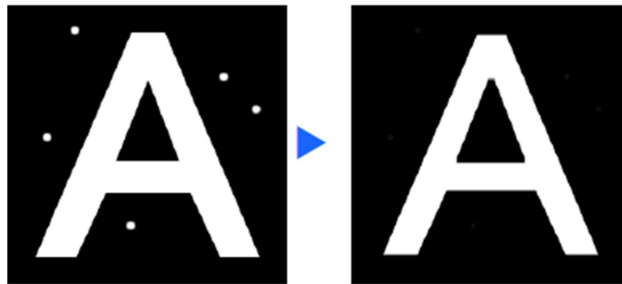
Şekil 4.21. Kontrast dönüşüm filtresi (Anonymous, 2013)

Kontrast dönüşüm filtresi resim üzerindeki tüm alanlarda parlaklık ayarlamasına yardımcı olmaktadır.



Şekil 4.22. Expand filtresi (Anonymous, 2013)

Expand filtresi koyu noktaları en yüksek gri skala seviyesindeki piksel seviyesine eşitlemektedir.



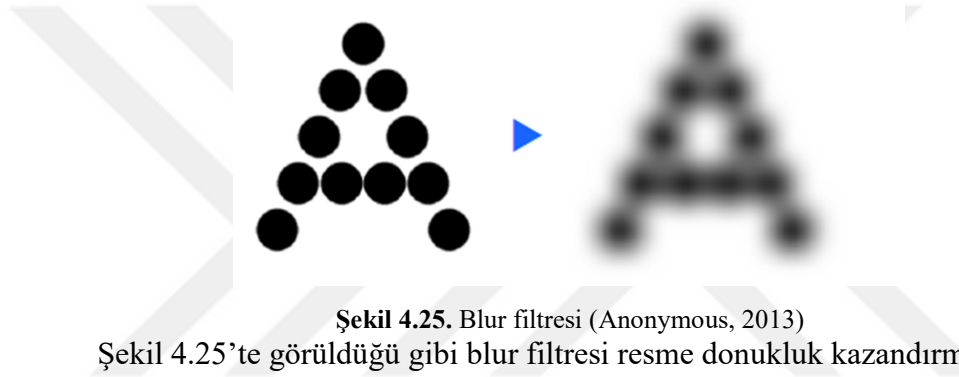
Şekil 4.23. Shrink filtresi (Anonymous, 2013)

Shrink filtresi ise beyaz noktaları en düşük gri skala seviyesine eşitlemektedir.



Şekil 4.24. Medyan filtresi (Anonymous, 2013)

Medyan filtresi etrafındaki piksel değerlerinin ortadaki piksel değeri olarak yer değiştirerek arka plandaki gürültüyü gideren ve en yoğun kullanılan filtrelerdir.



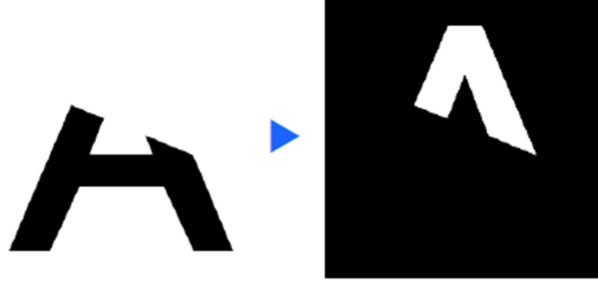
Şekil 4.25. Blur filtresi (Anonymous, 2013)

Şekil 4.25'te görüldüğü gibi blur filtresi resme donukluk kazandırmaktadır.



Şekil 4.26. Avarage filtresi (Anonymous, 2013)

Avarage filtresi, etrafındaki piksellerin ortalamasını alarak arka plandaki gürültüyü gidermektedir.



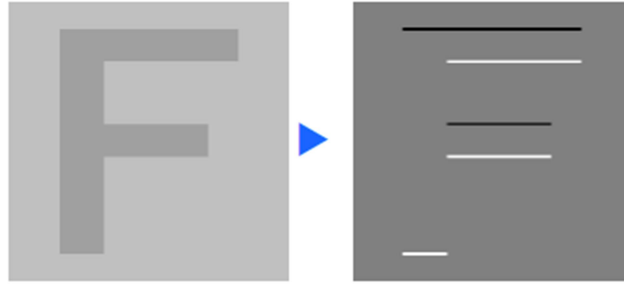
Şekil 4.27. Çıkarım filtresi (Anonymous, 2013)

Çıkarım filtresi referans ve mevcut resimlerin üst üste binen farklı tonlarını çıkaran filtredir.



Şekil 4.28. Sobel x filtresi (Anonymous, 2013)

Sobel x filtresi, yatay x yönündeki sınırları belirginleştirmektedir.



Şekil 4.29. Sobel y filtresi (Anonymous, 2013)

Sobel y filtresi, dikey y yönündeki sınırları belirginleştirmektedir.



Şekil 4.30. Prewitt filtresi (Anonymous, 2013)

Prewitt filtresi, gri tonlamadaki değişkenlere göre her yönde sınır hatlarını belirginleştiren filtredir.



Şekil 4.31. Sobel filtresi (Anonymous, 2013)

Sobel filtresi, düşük gölgeli ton değişim bölgesini kuvvetli bir şekilde ortaya çıkarmaktadır.



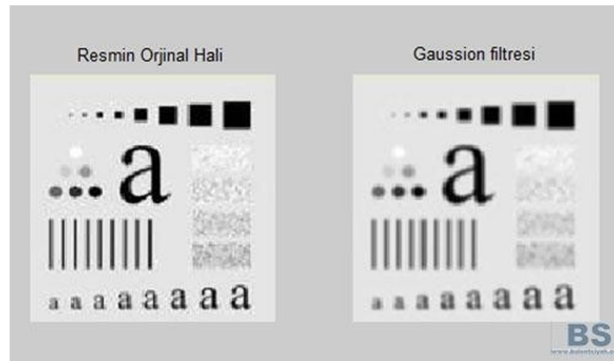
Şekil 4.32. Roberts filtresi (Anonymous, 2013)

Roberts filtresi, Prewitt filtresinden x ve y yönlerinde daha zayıf sınırları belirlemektedir. Eğik yönlerde daha uygundur.



Şekil 4.33. Laplacian filtresi (Anonymous, 2013)

Laplacian filtresi, yönden bağımsız bir şekilde kenar hatların belirginleştirilmesinde kullanılmaktadır.



Şekil 4.34. Gaussion filtresi (online, bulentsiyah.com)

Gaussion filtresi kenar yumuşatma operasyonları için kullanılmaktadır.

Basic 3x3 blurring filter

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \end{bmatrix} = \frac{1}{9} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Gaussian 3x3 blurring filter

$$\frac{1}{16} \times \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Gaussian 5x5 blurring filter

$$\frac{1}{112} \times \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & 2 & 1 \\ 2 & 6 & 9 & 6 & 2 \\ 4 & 9 & 16 & 9 & 4 \\ 2 & 6 & 9 & 6 & 2 \\ 1 & 2 & 4 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Şekil 4.35. Bazı filtrelerin matematiksel gösterimi (Yıldırım ve ark., 2003)

Horizontal **Vertical** **Diagonal**

Prewitt filters

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Roberts filters

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Sobel filters

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -2 \end{bmatrix}$$

Şekil 4.36. Bazı filtrelerin matematiksel gösterimi (Yıldırım ve ark., 2003)



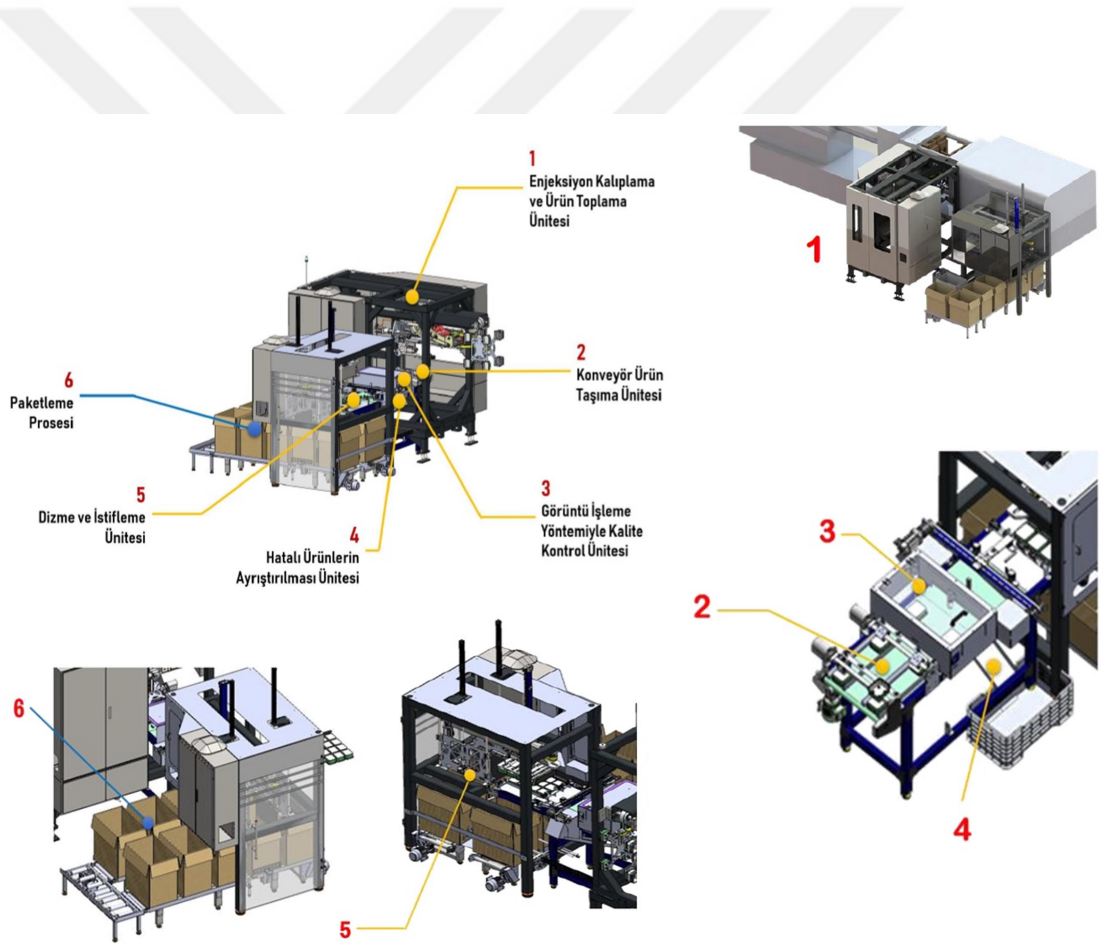
Şekil 4.37. Örnek bir görüntü matrisinin filtre işlemi (Yıldırım ve ark., 2003)



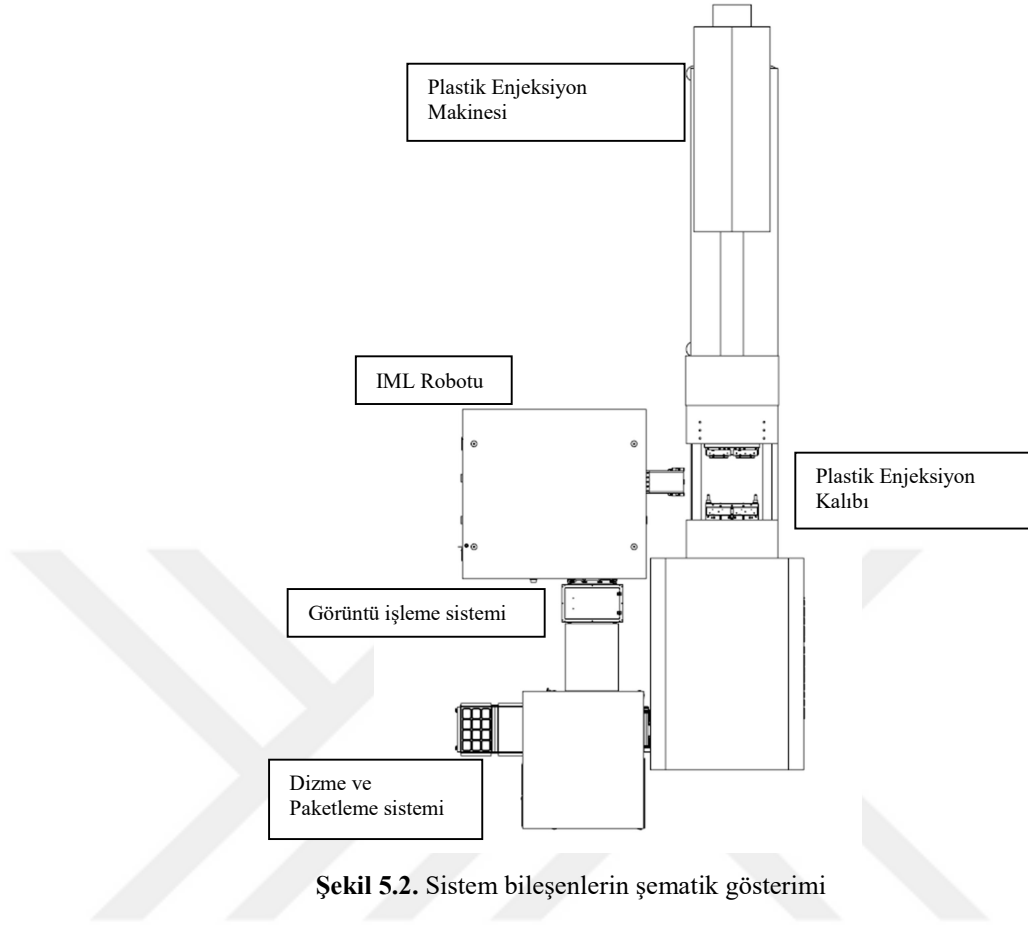
5. RİJİT PLASTİK GIDA AMBALAJI İMALAT PROSESİNDE GÖRÜNTÜ İŞLEME TABANLI ÜRÜN KALİTE KONTROLÜ UYGULAMASI

5.1.Sistemin Tanıtımı

Rijit gıda ambalajı üretiminde üretim yöntemi, personel yönetimi, malzeme kusurları ve organizasyonel süreçlerden kaynaklı sürdürülebilir üretim bazen mümkün olmamaktadır. Bu dönemde üretilen ürünlerin, müşteriye ulaşmadan önce kaynağında ayırmaya ihtiyacı vardır. Günümüzde birçok fabrikada bu işlemler, insan gücüyle yapılmaktadır. Bu sebeple aşağıda detaylarından bahsedeceğimiz bir proje hazırlanarak görüntü işleme ile kalite kontrol işlemi sağlanmıştır. Projede hazırlanan sistemin şeması Şekil 5.1’de görüldüğü gibidir.



Şekil 5.1. Rijit plastik gıda ambalajlarında görüntü işleme tabanlı kalite kontrol projesi şematik gösterimi



Şekil 5.2. Sistem bileşenlerin şematik gösterimi

5.1.1. Enjeksiyon kalıplama ve ürün toplama ünitesi

Kalıp içi etiketleme sisteminin parçası olan IML robotunda hazırlanan etiket, kalıbın içerisine yerleştirilmektedir. Plastik enjeksiyon makinesinin ocak kısmına üretilecek plastiğin hammaddesi dökülmektedir. Burada vida yardımı ile ocağın iç kısımlarına doğru iletilirken harmanlanarak eritme işlemi tamamlanmaktadır. Enjekte edilmeye hazır olan plastik mengenenin kapanarak kilitlemesinden sonra kalıbın içerisine enjekte edilmektedir. Nihai dayanım ve kalite şartlarının sağlanması için ütüleme, soğutma ve diğer işlemler tamamlandıktan sonra mengene açılarak IML robotunun yeni bir etiket bırakmasına ve üretilen ürünleri teslim almasına imkan sağlanmaktadır. IML sistemi kalıptan çıkardığı ürünleri kendi bileşeni olan istifleme sistemine aktarmaktadır. İstifleme sisteminde döndürülen ürünler bir sonraki istasyona (konveyör ürün taşıma ünitesi) iletilmektedir.



Şekil 5.3. IML robotun görünümü

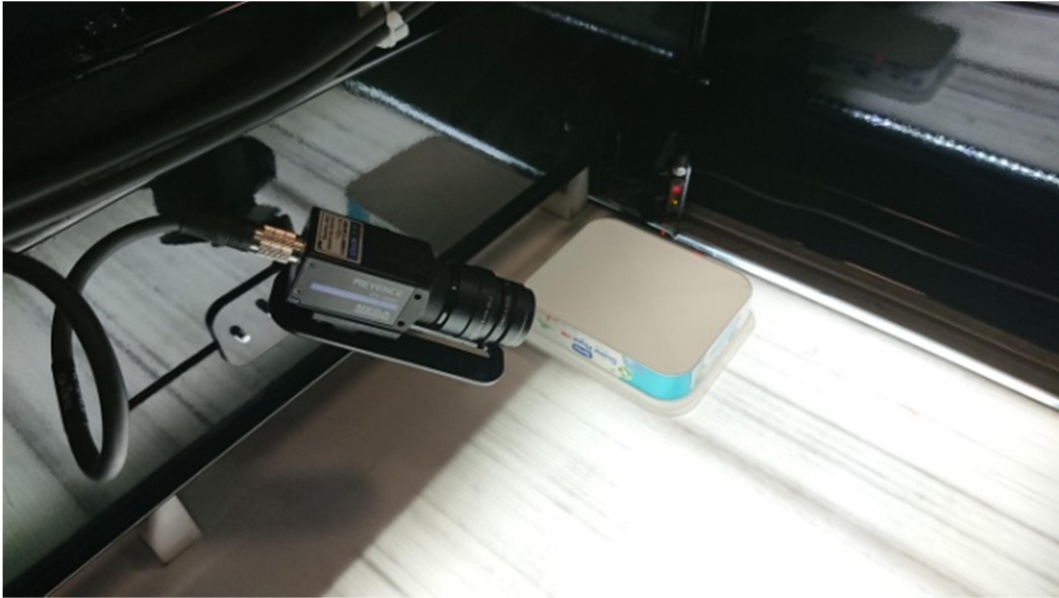
5.1.2. Konveyör ürün taşıma ünitesi

İstifleme grubundan alınan ürünler, burada 180 derece döndürülerek görüntü işleme prosesi için ön hazırlık yapılmaktadır. Bu döndürme işleminin temelde iki sebebi vardır. İlk olarak ürünün taban kısmı yukarı gelecek şekilde yerleştirilmektedir, bunun sebebi ürün kameralar önünden geçerken ürünün görüş açısını daha net yakalayabilmektir. İkinci sebep ise, kolileme işlemi esnasında ve müşterinin ürünleri kullanımı sürecinde herhangi bir dış kaynaklı kirlilik durumunda fiziksel bulaşmanın plastik ürünün içerisinde değil dışarısında kalmasını sağlamaktır. Döndürme işleminin akabinde konveyör bandın üzerinde ilerleyen ürünler sağlı sollu bulunan kılavuzlar yardımı ile görüntü işleme için ön hazırlık işlemi tamamlanmaktadır. Bu kılavuzlama, görüntü işleme sistemine girecek her ürünün yaklaşık olarak aynı bakış açısı ile kalite kontrolünün sağlanması için gerekmektedir. Ön hazırlık işlemi de tamamlandıktan sonra ürünler diğer istasyona (görüntü işleme yardımı ile kalite kontrol ünitesi) aktarılmaktadır.

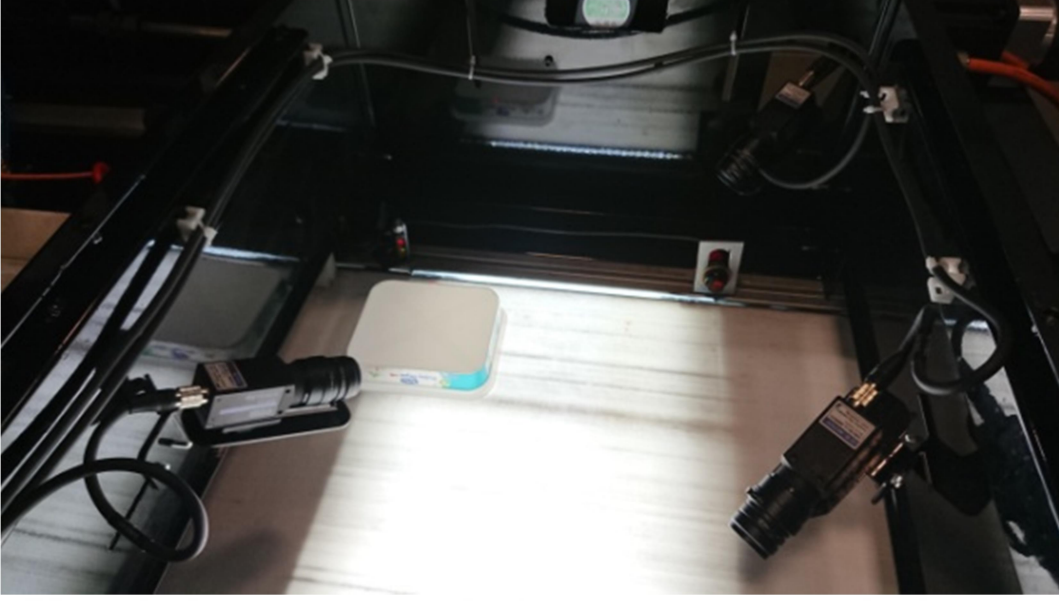
5.1.3. Görüntü işleme yardımı ile kalite kontrol ünitesi

Ön hazırlığı tamamlanan ürünler görüntü işleme ünitesine girmektedir. Ürünlerin sisteme girdiğini anlayabilmek adına cisimden yansımali bir optik bir sensörden yardım alınmaktadır. Ürünü gören sensör 24Vdc sinyali sistem kontrolcüsüne iletmektedir. Ürünlerin görüntü işleme sistemine girdiğini anlayan sensör görüntü işleme kontrolcüsüne dijital sinyali gecikmeli olarak iletmektedir. Beraberinde aynı bilgiyi sonraki istasyonlara ön hazırlık için iletmektedir. Görüntü işleme sistemine ilettiği

sinyali geciktirerek iletmesinin sebebi ise sinyalin alındığı nokta ile ürünün görüntü işleme için hazır bulunması gereken nokta arasında farklılık olmasından kaynaklıdır. Görüntü işleme sistemlerinin temel bileşenlerinden olan aydınlatma sistemi ise çalışır vaziyette uygun noktayı beklemektedir. Konveyör bant altına yerleştirilen aydınlatma sistemi geçirgen tipli beyaz ışık kaynağıdır. Homojen olarak ürünü aydınlatabilmesi için konveyör bantın beyaz mat şeklinde üretilmesi sağlanmıştır. Ürünler, konveyör bant üzerinde ilerlerken en uygun noktaya geldiğinde görüntü işleme sistemi kameraların görüntüyü kaydetmeleri için fotoğraf çekme sinyallerini iletmektedir. Çekilen fotoğraflar kaydedilerek görüntü işleme sistemine aktarılmaktadır. Aktarılan bu resimler sayısallaştırılarak işlem yapılmaya hazır hale getirilmektedir. Daha önce belirlenmiş kalite kusurlarına göre ilgili görüntü işleme filtreleri ve modifikasyonları yapılarak işlem tamamlanmaktadır. Görüntü işleme sisteminde daha önce kurulum esnasında kaydedilen referans ürünle yeni ürünler arasında her defasında kıyas yapılmaktadır. Yapılan kıyasla birlikte kalite standartlarınca belirlenen limitler dahilinde ürünlerin temiz veya kirli olduğuna karar verilmektedir. Bu karar ile birlikte görüntü işleme evresi tamamlanarak, bir sonraki istasyona (hatalı ürünlerin ayrıştırılması ünitesi) geçilmektedir.



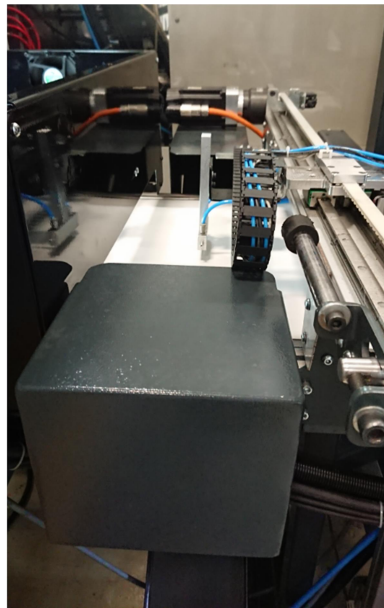
Şekil 5.4. Görüntü işleme sisteminin görünümü



Şekil 5.5. Görüntü işleme sisteminin görünümü

5.1.4. Hatalı ürünlerin ayrıştırılması ünitesi

Görüntü işleme sisteminden ayrılan ürünler ayrıştırma istasyonuna girmektedirler. Önceden belirlenen ürünlerin kalite tanımlanmasına göre ürünler ayrıştırılmaktadır. Eğer ürün hatalı bir ürün ise, ayrıştırma ünitesinde bulunan pnömatik valf ve sistemler yardımı ile sistemden uzaklaştırılarak bir haznede toplanması sağlanmaktadır. Eğer ürün temiz bir ürün ise, konveyör bant yardımı ile bir sonraki istasyona (dizme ve istifleme ünitesi) iletilir.



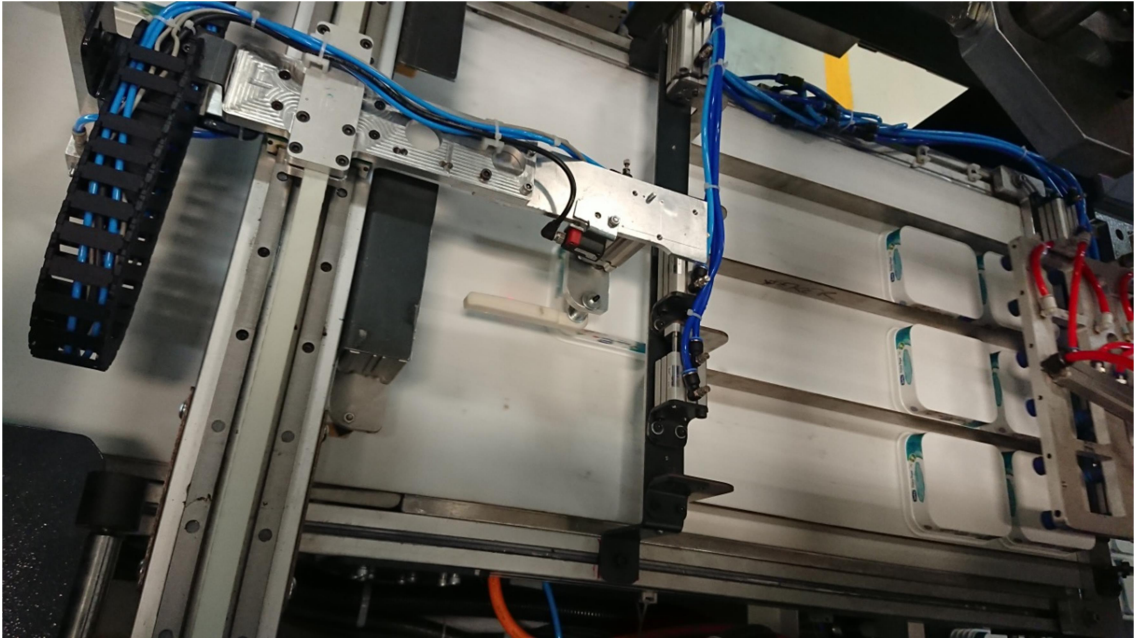
Şekil 5.6. Fireli ürünün sistemden ayrılma bölgesi

5.1.5. Dizme ve istifleme ünitesi

Ürünlerin bu üniteye girmeden önce sistem kontrolcüsünden elde ettiği veriler sayesinde optimum pozisyonlama zamanı elde edilmektedir. Görüntü işleme sistemine giren ürünlerin kontrolcüye ilettiği sinyal, bu ünite için bir ön hazırlık sinyali mahiyetindedir. Bu sinyalin ardından görüntü işleme prosesinin sonucuna göre ise dizme sistemi optimum zamanlama ile ilgili pozisyonda ürünleri beklemektedir.

Üniteye giren temiz ürünler, istifleme grubunda bulunan dizme kanallarına tek tek hizalanmaktadır. Burada 3 adet kanal bulunmakta ve koli içerisine tek seferde yerleştirme planından kaynaklı olarak 3 kanal 4 sıra şeklinde dizme kanallarına ürünler yerleştirilmektedir. Bu dizme işlemi servo motor ile kayış kasnak tahriki ile gerçekleştirilmektedir. Planet redüktör kullanılarak akuple edilen servo motorlu bu sistem kılavuzlama işlemi ile hizalanan ürünlerin kanal pozisyonun en hızlı ve kararlı iletilmesini sağlamaktadır.

12 adet temiz ürün (3 kanal, 4 sıra diziliminde), sistem kontrolcüsü tarafından dizildiğinin tespitinin ardından koli içine istifleme işlemi için son istasyon olan paketleme prosesine aktarılmaktadır.



Şekil 5.7. Dizme kanalından görüntü

5.1.6. Paketleme prosesi

Kanallara dizilen ürünler 12 adeti tamamlayınca, kanal sıkıştırma silindirleri vasıtası ile ürünlerin bir araya getirilmesi sağlanmaktadır. Bu işlem koli içerisine ürünleri sığdırabilmek için gereklidir. Sıkıştırılan bu ürünler bir tepe robot sistemi ile konveyör üzerinden kolinin içerisine doğru hareket ettirilmektedir. Kaldırma ve koli içerisine transfer işlemi, servo motorlar yardımı ile x ve z eksenleri boyunca belirlenen pozisyonlarda yüksek hassasiyet ve hızlarda sağlanmaktadır. Bu işlemde ayrıca ürünlerin 12'li bir şekilde taşınması işlemi, vakum vantuzları ile birlikte düşük hava tüketimli venturi prensibi ile çalışan vakum ejektörleri yardımı ile sağlanmaktadır.

Personel yardımı ile hazırlanan koliler, sistemde bulunan konveyör yardımı ile istifleme noktasına transfer edilmektedir. Bu noktada, pnömomatik silindirler marifeti ile koli kılavuzları koli içerisine yönlendirilmektedir. Koli içerisine giren bu kılavuzlar 12'li halde dizili bulunan ürünlerin koli çeperine temas etmemesi için rijit bir yapı görevi görmektedirler (karton kolilerin duvarları esnek yapıdadırlar). Tepe robotunun koli pozisyonuna gelmesi ile beraber koli içerisine dizme işlemi başlamaktadır. Belirlenen koli içi adedine ulaşıldığında ise, sistem kontrolcüsü tamamlanan kolileri yine bir konveyör bant yardımı ile sistemden uzaklaştırılmaktadır. Tamamlanan koli üzerine izlenebilirlik etiketi yapıştırılarak çevrim tamamlanmaktadır.



Şekil 5.8. Paketleme sisteminin görünümü

5.2. Görüntü işleme sisteminin işleyişi

Görüntü işleme sistemi çalıştırılarak, ilgili ekipmanlar sisteme tanıtılmaktadır (kamera, aydınlatma, lens vb.). Sonra sırasıyla kablo sinyal bağlantıları tamamlanmakta, kontrolcü üzerinde I/O kontrolleri sağlanarak tüm bağlantılar test edilmekte, kontrolcü

üzerinde bulunan sürekli fotoğraf çek komutu ile monitörden izleme yapılmakta, konveyör bant üzerinden ürün geçirilerek maksimum hız belirlenmekte ve belirlenen hıza göre deklanşör hızı ayarlanmaktadır. Hızın ayarlanması ile beraber kamera hassasiyeti belirlenmektedir. Deklanşör hızı aydınlatma işlevini doğrudan etkilemektedir. İzleme esnasında lens üzerinde bulunan ışık alma ayarı ile bu etki istenilen biçimde kaybedilebilmektedir. Homojen aydınlatma sağlandıktan sonra netlik ayarı yapılmaktadır. Netlik ayarı tamamlandıktan sonra fotoğraf kaydetme işlemine geçilmektedir. Kontrolcü üzerindeki butonlardan görüntü sisteme kaydedilmekte ve kaydedilen bu görüntü referans görüntü olarak temiz ürünü temsil etmektedir. Bu aşamadan sonra, işlenen her ürün bu görüntü ile kıyas edilmektedir.



Şekil 5.9. Referans olarak kaydedilecek temiz ürün

Referans olarak kaydedilen bu görüntü artık sayısallaşmış bir dijital fotoğraftır ve sıra ile işlem basamaklarına geçilir. İlk olarak bu projede renkli kamera kullanıldığı için renkli görüntü gri düzeye çevrilmektedir. Gri düzeye çevrilmesinin ardından kenar bulma işlemine geçilmektedir. Bu işleme geçilmeden önce görüntü işleme süresini minimize etmek için görüntü işleme alanları optimize edilmelidir. Resim üzerinde işlem yapılacak bölgeler daraltılıp, kenar bulma fonksiyonu çalıştırılmaktadır. Kenar bulma işleminde arka plan ve nesne arasındaki farkları belirginleştirmek için kontrast filtresi uygulanmaktadır. Filtre ile beraber sistem daha kararlı işlem yapmaya başlar. Kenar bulma işlemi ile plastik ambalajın görüntü içerisinde x, y koordinat düzlemine pozisyonu ve açısında tanımlanmaktadır. Bulunan kenar ve pozisyonlar ürün üzerine eşleştirilerek tanımlanmaktadır. Üç boyutlu ürünün hareketlerini 2 boyutta takip edebilmek ve diğer görüntü işleme işlemlerini devam ettirebilmek için bulunan bu kenar

referans olarak kabul edilerek diğer işlemlere bağlanır. Plastik ürünün ekrandaki yeri netleştikten sonra ürün üzerinde bulunan IML etiketin kontrollerine geçilmektedir. Kenar bulma fonksiyonundaki gibi etiket üzerinde bulunan şekil ve görseller taranır. Taranan bu resimlerin sınır şartları belirlenip, hafızaya kaydedilmektedir. Bu işlemle birlikte etiket pozisyonu, açısı ve yüzde benzerliği gibi kriterlerde ölçülebilir hale gelmektedir. Görüntü üzerinde sınır ve şekil tanımlamaları yapılan etiket daha önce referans olarak kaydedilen ürün kenar resmi ile eşleştirilerek 3 boyutlu hareketlerden kaynaklı boyut kayıpları ortadan kaldırılarak ve referans görüntü takip edilerek işlem devam ettirilmektedir. Örneğin ekran üzerinde 5mm ileri giden plastik ürünün kenar kontrol pozisyonu x ekseninde 1000 piksel değerinde ise etiket pozisyon kontrolünde de bu kayma telafi edilerek aynı pozisyon üzerine eşleştirilmelidir. Bu işlemler yapılırken sistemin daha kararlı halde çalışabilmesi için filtreler uygulanır. Plastik ürün bulma ve pozisyon tayini, etiket tanımlama, pozisyon tayini, yüzde tamlık işlemleri tamamlandıktan sonra kalite kusurları incelenebilmektedir. Bu aşamaya kadar yapılan işlemlerde plastik ürün üzerinde bulunan genel kusurlar tayin edilebilmektedir. Etiket üzerinde pozisyonlama hatası, etiket tamlığı belirlenebilmektedir.

Kalite kusurlarından plastik ürün çapak kontrolü için çapağın oluşması muhtemelen bölgelerine kontrol uygulanmaktadır. Bu bölgeler ürünün folyo yapışacak ağız kısımlarıdır. Bu kısımlar daha önceki komutlarda da uygulandığı gibi özel bir alana daraltılarak işlem başlatılır. Ağız kısımları ürünün çevresince akış modülü ile taranır bu modül, arka plan ile ürünün birleştiği noktaya bir takip çizgisi atar. Bu takip çizgisi belirli noktalardan oluşur ve bu noktalar sınır boyunca açık bölgeden koyu bölgeye veya ters fonksiyonda çalıştırılabilmektedir. Dikdörtgen şeklindeki ürünün 4 kenarına uygulanan bu modül, ürünün kenarında bulunan eksiklerin tespitinde kullanılmaktadır. Ürün üzerindeki kusur tespitinde çapak, eksik ürün modülü ile benzer çalışmaktadır. Eksik ve çapak kontrolü için çeşitli komut ve modüller kullanılabilir. Yüzde benzerlik, mesafe ölçümü vb. uygulamalar kullanılabilir ancak bu işlem için en uygun komut tek yönlü tarama ile kontrast geçişindeki bölgede oluşturulan çizginin bir önceki oluşturulan doğrudan sapa miktarına göre limit belirlenmesi işlemidir. Bu kusur tespitleri, anlatıldığı şekilde yapılmaktadır.

Etiket birleşim yerleri kusur oluşumunda en önemli noktadır. Projenin başında yapılan bir çalışmada ekipmanlardan oluşan yüzlerce farklı kusur incelenmiştir. Bu kusurları toplayıp bir değerlendirme yapıldığında ise görülüyor ki etiket birleşim noktasında herhangi bir kusur var ise (etiket yukarı, aşağı kayması etiketin içeri

katlanması vb.) %75 oranında ürünlerin diğer kusurlarını da tetiklediği gözlemlenmiştir. Ayrıca etiket birleşim yerinde herhangi bir problem olmadan başka bir bölgede etiket kusurunun oluşma ihtimali %5 seviyelerindedir. Bu sebeple birleşim yerinin önemi büyüktür ve birleşim yerinin tayini için iki farklı çalışma yapılmıştır.



Şekil 5.10. Birleşim yeri kusuru ve arka ton farkını görünümü

Öncelikle birleşim yerlerinde kenar bulma işlemi ile etiketin sınırı ve arka plan olan beyaz plastik ürünün sınır şartları belirlenerek birbirinden ayrıca tanımlanması sağlanmıştır. Ortaya çıkan iki farklı kenar çizgisi arasındaki mesafe ölçüm komutu ile ölçülerek araya limit tanımlaması yapılmıştır. Ancak 3 boyutlu hareketlerin rijit bir şekilde kısıtlanamamasından kaynaklı olarak, bu modülün kararlı çalışmasında bazı problemler görülmesinden dolayı ikinci yöntemle geçilmiştir. Resimde de görüleceği üzere birleşim yerleri, temiz üründe tamamen kapalı iken kusurlu üründe arası açık ve beyaz renkli olarak görülmektedir. Bariz ton farkından faydalanarak, Siyah beyaz kontrast filtresi ile eşikleme yaparak yüzde tamlık modülü kullanılmıştır. Bu komut mesafe ölçümüne göre daha kararlı çalışmaktadır.

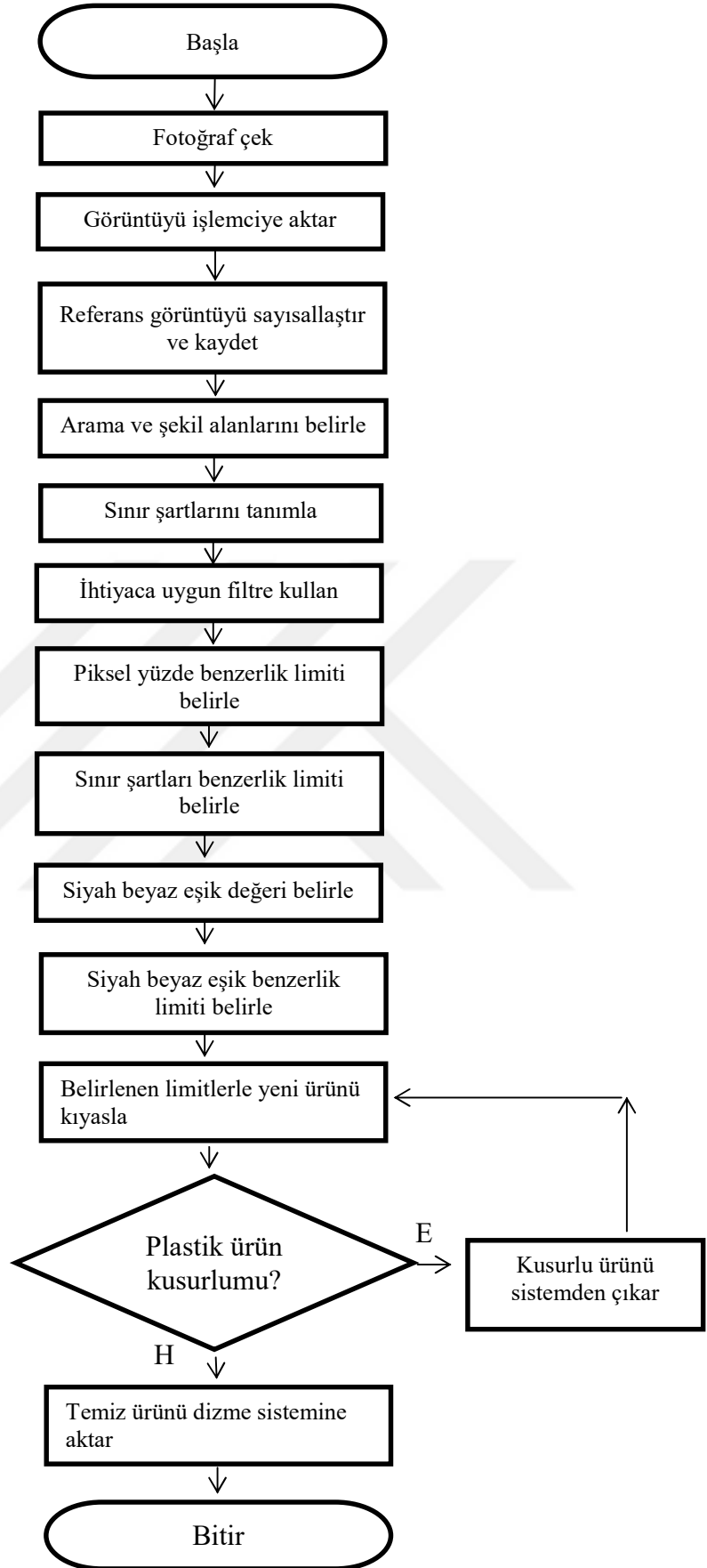
Referans ürün kaydedilip ürün üzerinde uygulanacak görüntü işleme adımları tamamlandıktan sonra sistem kıyaslama moduna alınarak çalıştırılmaktadır. Bu mod şunu ifade etmektedir: Sisteme bağlı olan sensörlerden gelen sinyalle çekilen yeni fotoğraf ile referans olarak kaydedilen görüntü kıyaslanmaktadır. Bu kıyaslama ise yukarıda bahsedilen işlemlerin tek tek yapılarak sonuçlanması manasına gelmektedir.

Bu kıyas daha önce belirlenen limit değerleri baz alınarak yapılmaktadır. Bu değerler sonucunda toplam durum, kamera bazlı veya modül bazlı sonuç çıktısı alınarak ana sistem kontrolcüsüne çıkış sağlanmaktadır. Alınan bu çıktı ile fire çıkarma ünitesi hatalı ürünleri sistemden uzaklaştırırken dizme Kartezyen sistemi temiz ürünleri dizme işlemine devam etmektedir.

Belirlenen limit değerlerince bu komutun çalışmasına devam edilmiştir. Sistemin akış şemasında belirlenen adımlarca görüntü işleme prosesi tamamlanmaktadır.

Görüntü işleme uygulamasının temeli kaliteli bir fotoğraf kaydetme süreci ile başlamaktadır. Bahsi geçen uygulamada çeşitli bakış açıları ve aydınlatma yöntemleri denenmiş olup nihai sisteme karar verilerek sistem çalıştırılmıştır.





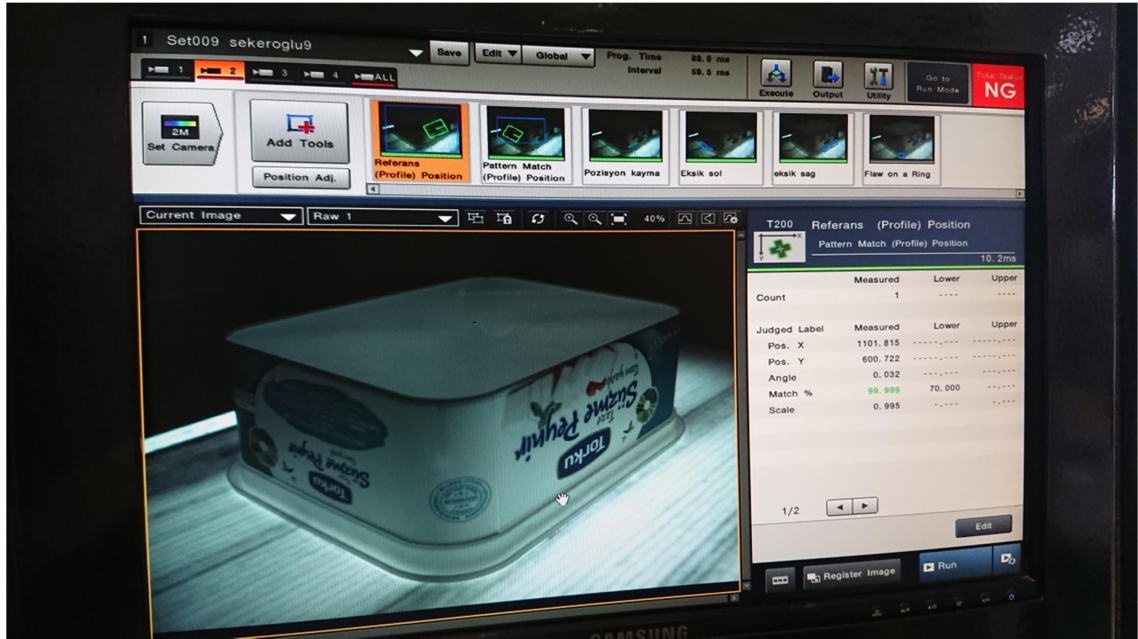
Şekil 5.11. Görüntü işleme akış şeması

6. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışma “Keyence endüstriyel görüntü işleme sistemi” ile yapılmıştır. Bu bölümde daha önce bahsi geçti üzere rijit plastik gıda ambalajlarında görüntü işleme tabanlı kalite kontrol uygulamasının araştırma bulguları gösterilecektir.

6.1. Referans Ürün Tanıtma

Görüntü işleme işlemine başlamadan önce kaydedilen görüntünün hangi renk seviyesinde işlem yapılacağı belirlenmesi gerekmektedir. Bu renk seviyesinin belirlenmesi için örnek görüntü seviyeleri Şekil 6.1, 6.3 ve 6.5 olarak gösterilmektedir.



Şekil 6.1. Renkli görüntü



Şekil 6.2. Yakınlaştırılmış renkli görüntü



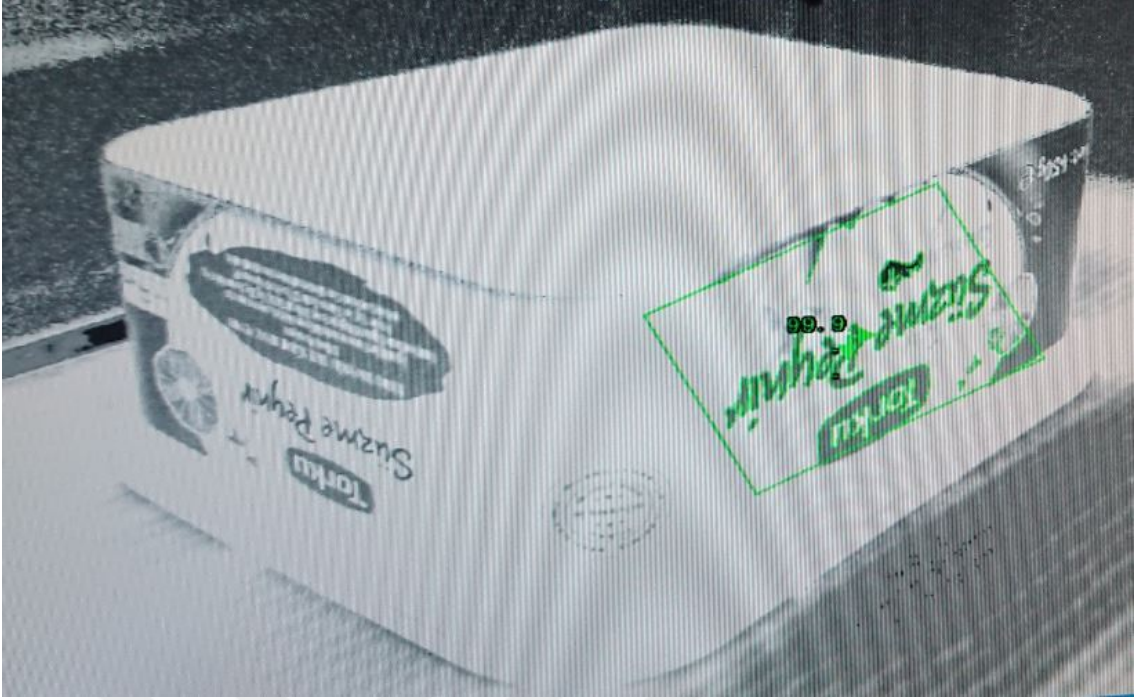
Şekil 6.3. Binary görüntü



Şekil 6.4. Yakınlaştırılmış binary görüntü



Şekil 6.5. Gri görüntü

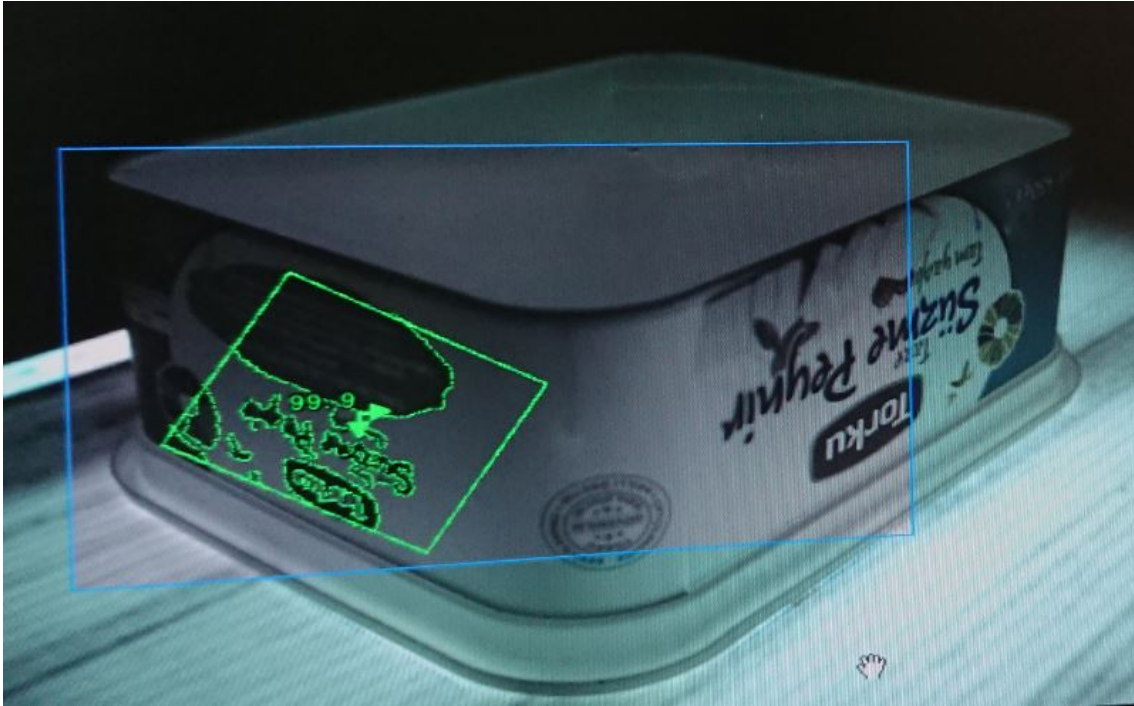


Şekil 6.6.Yakınlaştırılmış gri görüntü

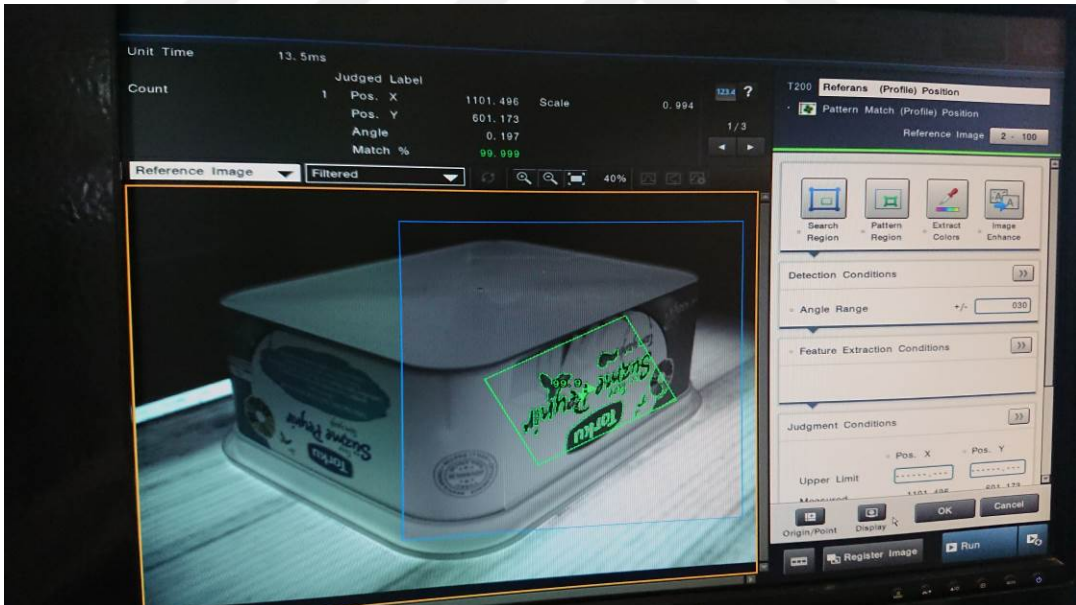
Bu uygulamada görüntü yapılacak bölgelerin tarama alanları sadece işlem yapılacak alana odaklanarak gerçekleştirilmiştir. Görüntü seviyeleri ise sadece tarama alanlarında işleme göre belirlenerek uygulanmıştır. Bu sayede daha hızlı işlem yapılabilmektedir.



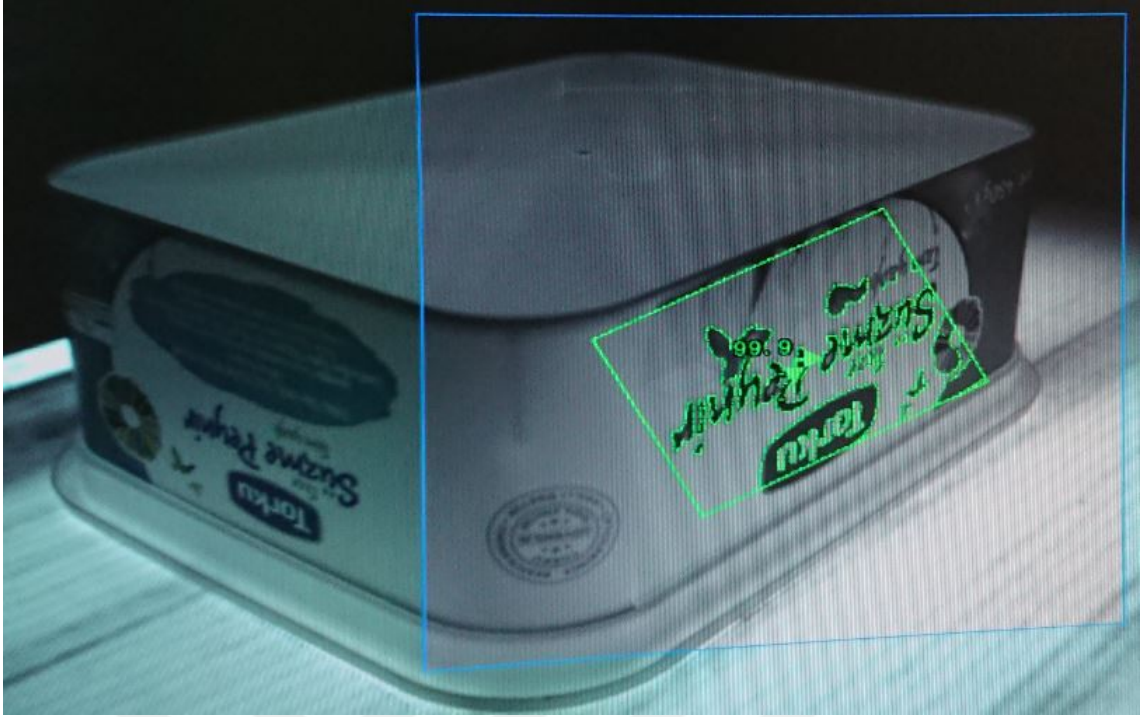
Şekil 6.7. Sol bölge kontrolü



Şekil 6.8. Yakınlaştırılmış sol bölge kontrolü

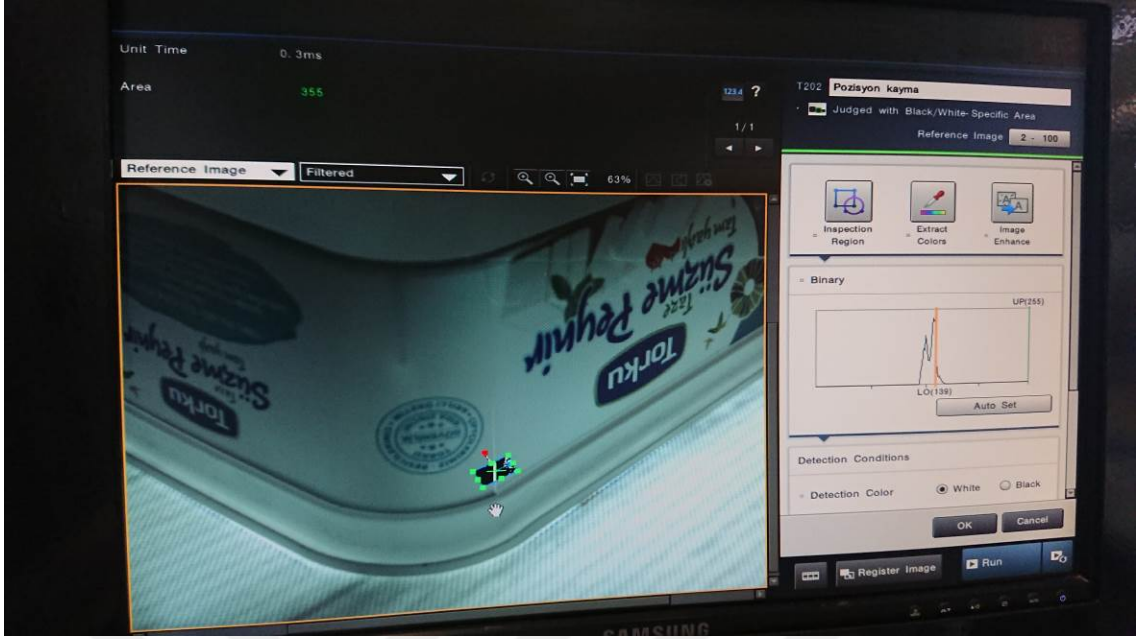


Şekil 6.9. Sağ bölge kontrolü

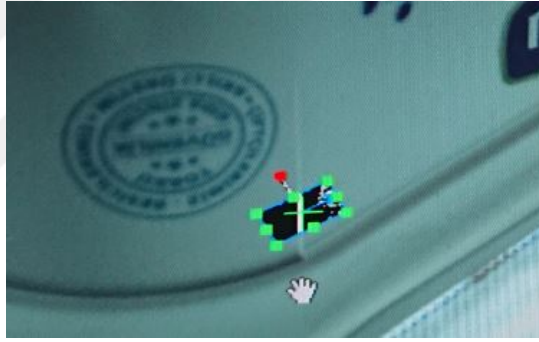


Şekil 6.10. Yakınlaştırılmış Sağ bölge kontrolü

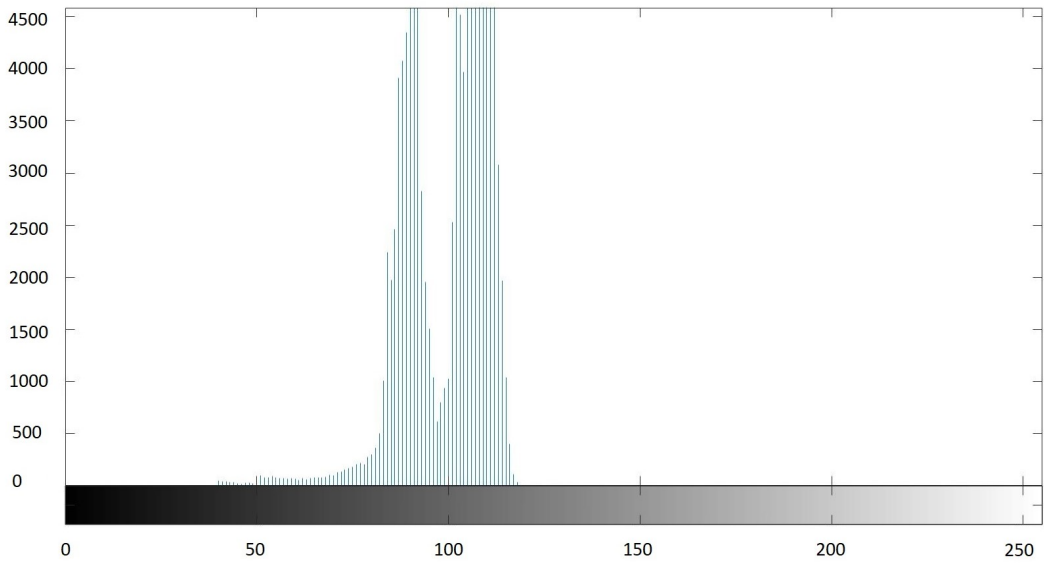
Şekil 6.7 ve 6.9’da referans görüntü üzerinde incelemeler yapılmaktadır. Ekrandaki görüntü sistemde iki farklı bölgeye ayrılarak incelenmektedir. Sağ bölge ve sol bölge diye tanımlanan bu bölgeler sadece kolay tanımlama amaçlıdır. Bu ayrımın görüntü işleme işlemi ile bir bağlantısı yoktur. Görüntü işleme sistem basamaklarında bahsedildiği üzere, görüntü işleme işleminin temelinde kıyas yapabilmek için bir görüntünün kaydedilmesi gerekmektedir. Kaydedilen bu görüntü test edilecek her bir yeni ürün ile kıyas edilmektedir. Bu kıyaslama sonucu elde edilen çıktı kullanılarak işlem tamamlanır. Bu şekilde kaydedilen referans görüntü kaydedilirken aynı zamanda görüntü içerisinde de bazı referans çizgi, nokta ve harf gibi bazı görsel belirteçlerin kullanılması gerekmektedir. İlk yapılan çalışmalarda pozisyon için ayrı referans etiket bölgesi için ayrı referans şekilleri kullanılmaktaydı. Bunun için resimde ürünün en üst kenar çizgilerinin tayini ile etiketin kenar çizgileri ayrı ayrı kullanılmaktaydı. Ancak çalışma ilerledikçe referans işlemi görüntünün iki bölgesine alınmış ve sadece etiket üzerinden tanımlanarak alınması ile daha stabil sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Bu sebeple Şekil 6.7 ve 6.9’te görmüş olduğunuz görüntülerde iki bölgeye ayrılmış etiket tanımlama sınır modülü ile gösterilmiştir. Bu işlemde hem etiket pozisyon tanımı hem yüzde benzerlik tanımı belirlenirken ayrıca ürünün ekrandaki 3 boyutlu referanslama işlemleri de tamamlanmaktadır.



Şekil 6.11. Etiket birleşim yeri kontrolü

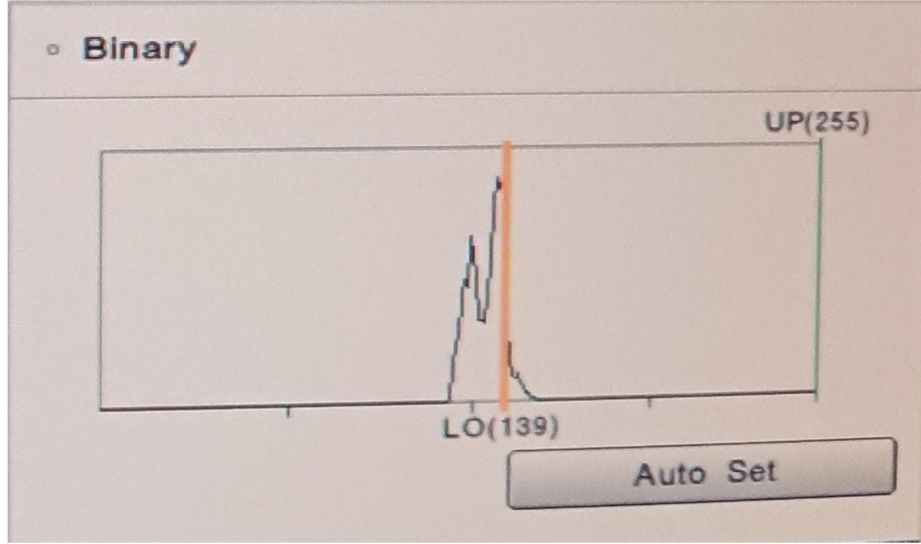


(a)



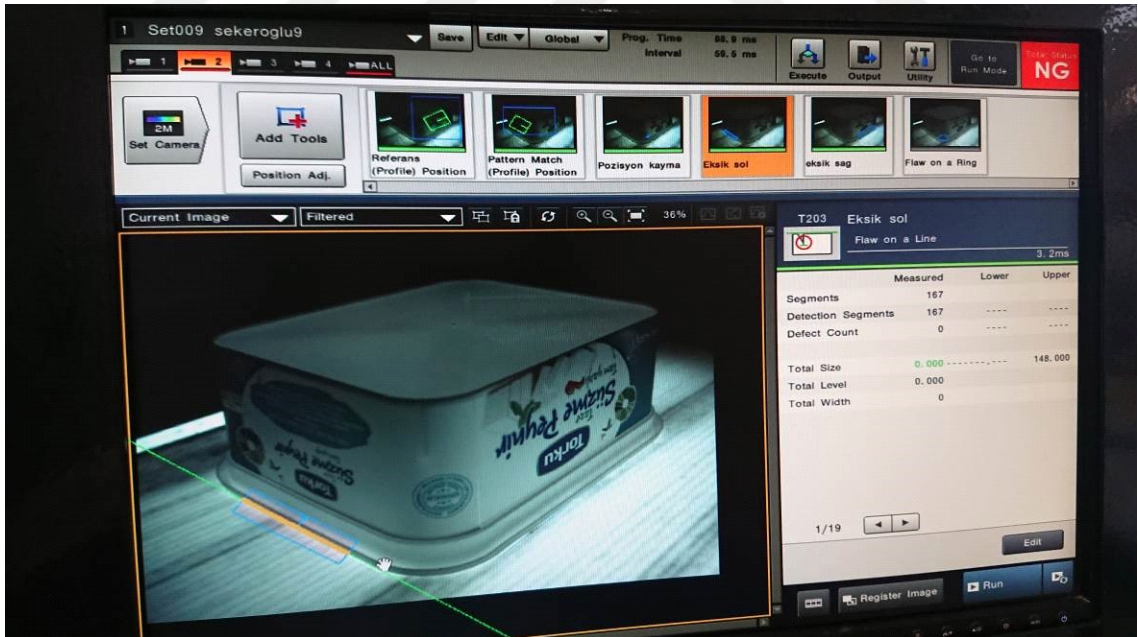
(b)

Şekil 6.12. (a) Etiket birleşim yeri kontrolü (Yakınlaştırılmış görünüm) (b) Tarama alanının histogramı



Şekil 6.14. Birleşim yeri bulma uygulaması histogram grafiği

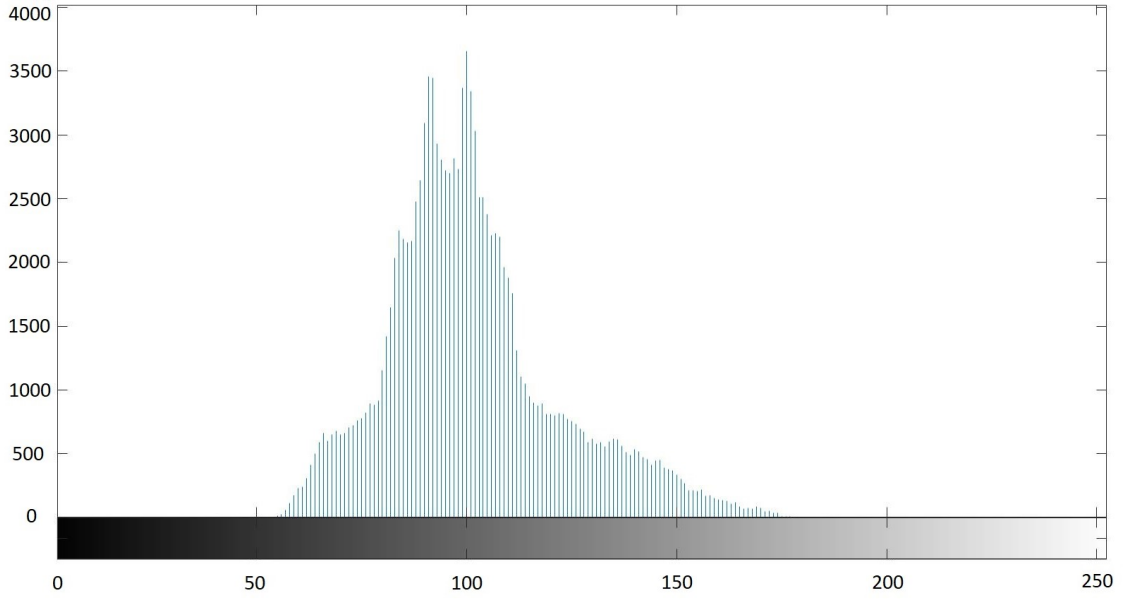
Ekranın sağ tarafında bulunan bu grafik üzerinde turuncu renkle eşik değeri görülmektedir. Eşik değerinin ayarlanması ile siyah beyaz piksellerin görüntü üzerindeki dağılımı tayin edilmiştir.



Şekil 6.15. Eksik kusurlu ürünün tespiti çalışmasının referans özelliklerinin gösterimi

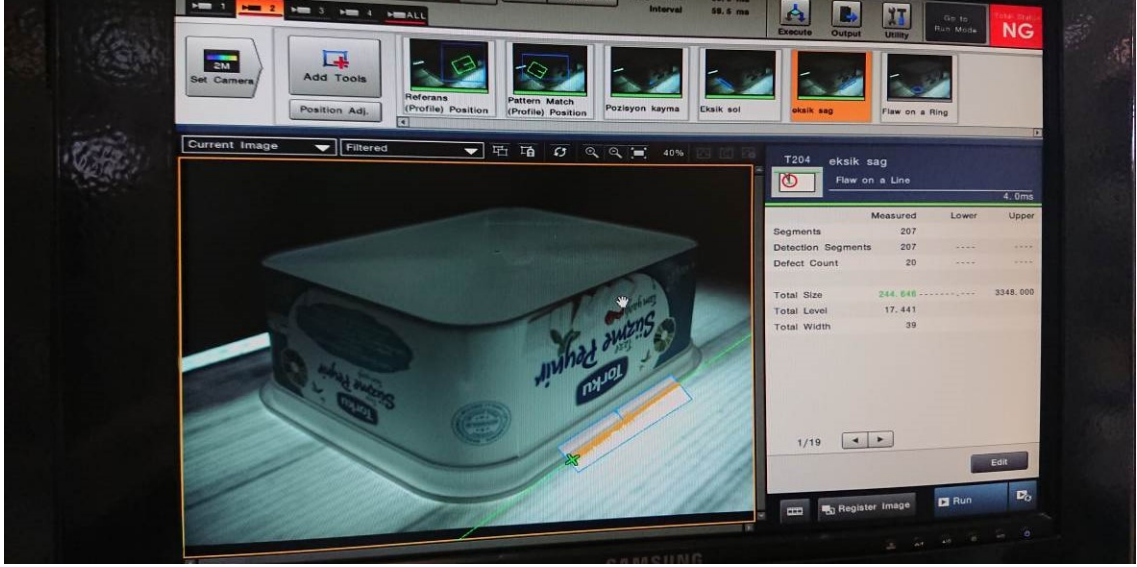


(a)

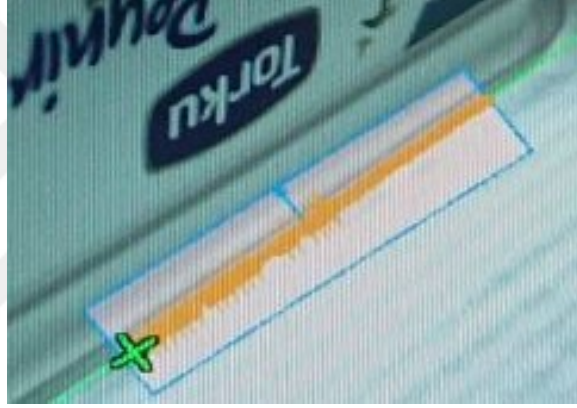


(b)

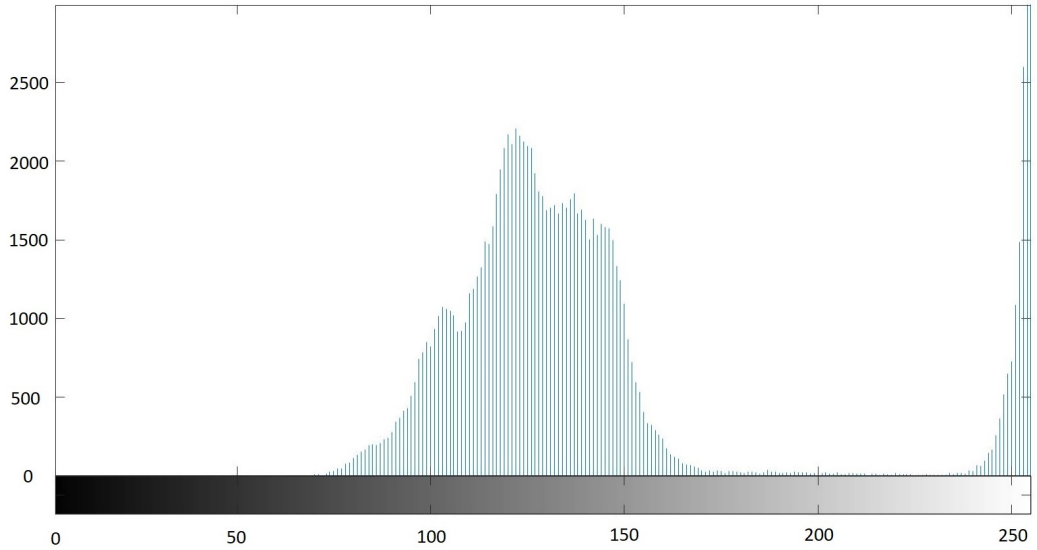
Şekil 6.16. (a) Eksik kusurlu ürünün tespiti çalışmasının referans özelliklerinin gösterimi (Yakınlaştırılmış görünüm) (b) Tarama alanının histogramı



Şekil 6.17. Eksik kusurlu ürünün tespiti çalışmasının referans özelliklerinin gösterimi



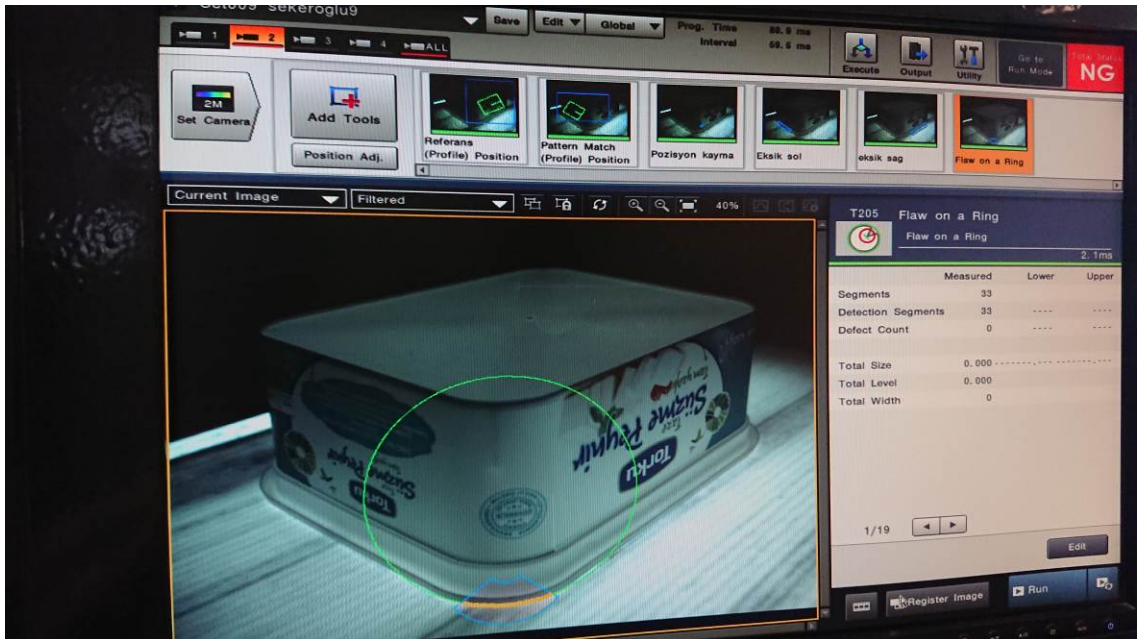
(a)



(b)

Şekil 6.18. (a) Eksik kusurlu ürünün tespiti çalışmasının referans özelliklerinin gösterimi (Yakınlaştırılmış görünüm) (b) Tarama alanının histogramı

Şekil 6.15 ve 6.17’de ise eksik kusurların tespiti için hazırlanan referans görüntü kaydetme işlemi görülmektedir. Bu işlemin çalışma prensibi ise resim üzerinden kolayca tarif edilebilir. Bu işlemde tarama yönü önemli olduğundan referans için ayrılan ve kıyas esnasında, bölümler tek tek incelenmektedir. Sol kısım baz alındığında görüntüdeki tarama alanında yapılan işlemde aşağıdaki ürüne doğru bir tarama işlemi yapılmaktadır. Bu işlem görüntü işleme dilinde ise şu şekilde tanımlanmaktadır: Tarama alanı içerisinde belirtilen ok işaretinin ters yönünde koyu renk seviyesi olarak belirlenmiş piksellerden açık renk seviyesi olarak belirlenen sınıra ya da köşedeki piksellerin farklı renkte boyanması ile başlar. Akabinde bu piksellerin üzerine segment noktaları atanmaktadır. Bu noktalar hangi piksel köşelerine atacağı ise segment sayısı aralığı boyutu gibi parametrelerce belirlenerek segment çözünürlüğü bu şekilde belirlenmiş olur. Belirlenen segment çözünürlüğüne göre bir limit değeri atanır. Atanan limit değeri segment sayısının kaybolması ve segment pozisyon değişimi şeklinde iki türlü olabilir. Kaybolması o bölgedeki piksellerin artık yerinde olmaması durumudur ki bu uygulamada eksik diye tabir edilmektedir (Büyük miktardaki eksikliklerde kayıp gözlenir). Segment pozisyon değişimi ise segmentlerin hepsinin referansın görüntüde çizdiği hayali çizginin dışına taşması durumunu ifade etmektedir. Taşma miktarına girilen limit ile kusur durumu tespit edilmektedir. Bu uygulamada, küçük eksiklikler veya çapak tayini bu şekilde tespit edilmiştir.



Şekil 6.19. Eksik kusurlu ürünün tespiti çalışmasının referans özelliklerinin gösterimi



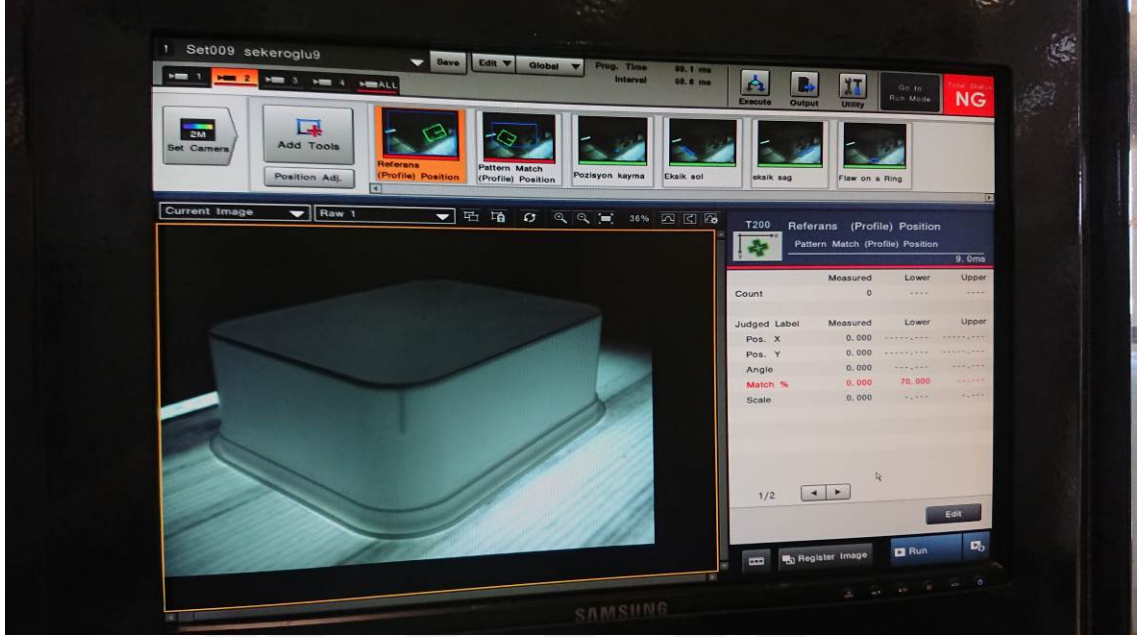
Şekil 6.20. Eksik kusurlu ürünün tespiti çalışmasının referans özelliklerinin gösterimi (Yakınlaştırılmış görünüm)

Şekil 6.19 de, Şekil 6.15 ve 6.17’de yapılan çalışmalarla aynı metodolojidedir. Ancak aradaki en temel fark, tarama alanının şekli ve buna bağlı olarak çalışma prensibidir. Yine aynı şekilde yapılan taramada yön kavramının dairesel bir şekil içerisinde olmasından kaynaklı içeriden dışarıya doğru ya da dışarıdan içeriye doğru şeklinde değişmektedir.

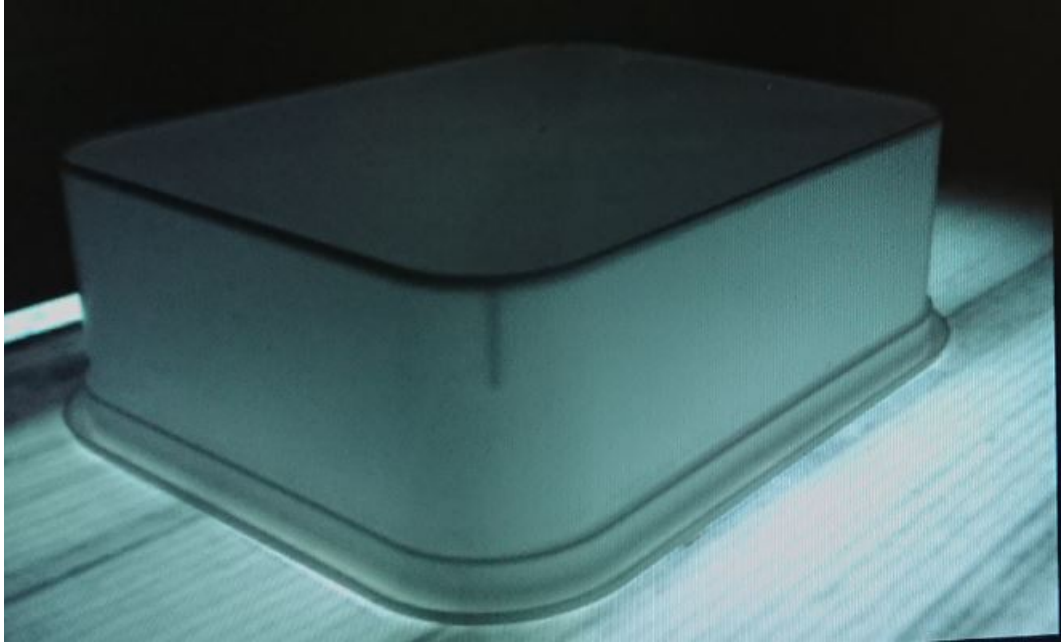
Plastik ambalajın eksik diye tabir edilen kusurunun tespiti ile ilgili referans çalışma Şekil 6.15, 6.17 ve 6.19’de gösterilmiştir. Plastik ambalajın yine aynı bölgede olan çapak diye tabir edilen kusurun çözümü için de benzer bir yöntem uygulanması gerekmektedir. Önceki yapılan çalışmalarda tarama alanının ürün üzerinde eksik tarama alanının bir miktar üzerinde farklı bir alan içerisinde yapılan çalışmalarda ışık şiddeti ve çeşitli değişkenlerden kaynaklı olarak o bölgede çalışmanın kararsız sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Bu sebeple aynı tarama alanında iki farklı işlemi koşturmanın işlemci için yük olduğu tespit edilmiş ve eksik ve çapak işlemleri tek bir komut üzerinde takip edilmektedir.

6.2. Kıyaslama İle Ürün Kusur Tayini

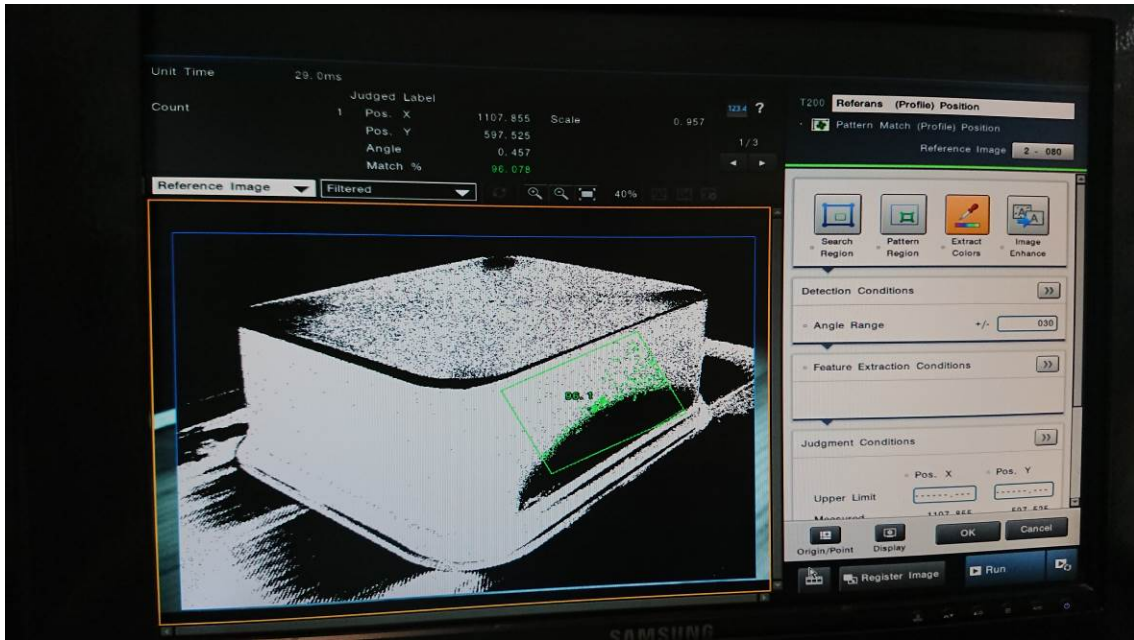
6.2.1. Etiket yok kusurunun tayini



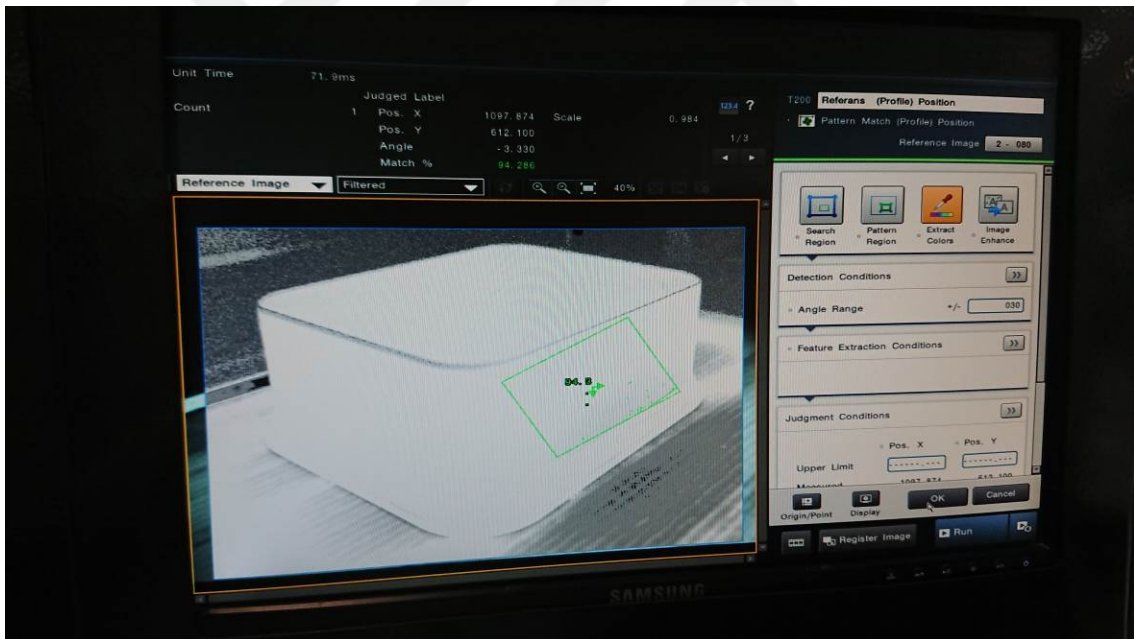
Şekil 6.21. Kusurun renkli görüntüsü



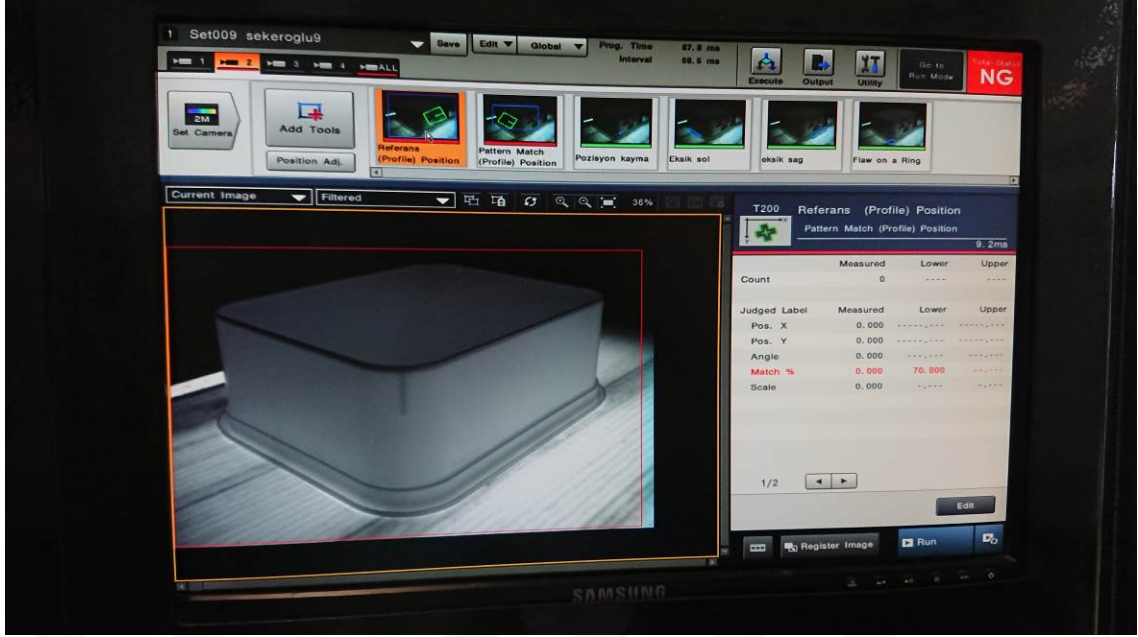
Şekil 6.22. Kusurun renkli görüntüsü (Yakınlaştırılmış görünüm)



Şekil 6.23. Kusurun binary görüntüsü



Şekil 6.24. Kusurun gri görüntüsü



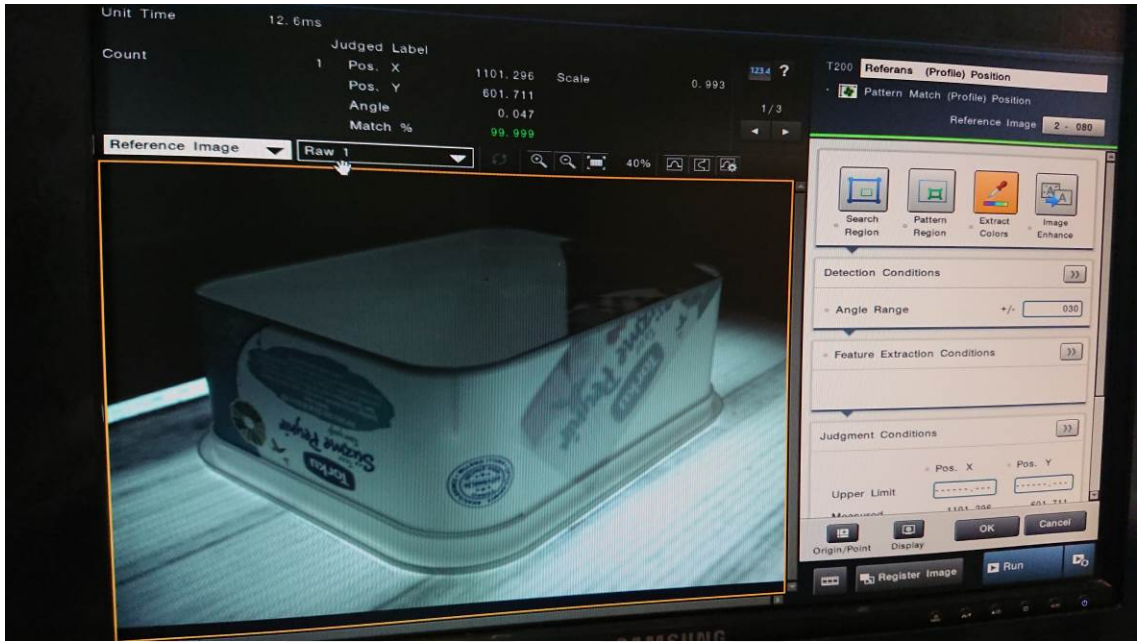
Şekil 6.25. Kusurun tespit edildiği görüntü

Şekil 6.20, 6.22 ve 6.23'te kusurlu görüntünün farklı renk seviyelerinde görünüşleri gösterilmektedir.

Şekil 6.24'te kusurun tespit edildiği resim görülmektedir. Kusurun tespiti tek bir resimde anlatılabilmektedir. Kalite kontrol politikaları gereğince sistem %100 kontrol mantığı ile çalışmaktadır. Belirlenen tolerans limitlerinin dışına çıkan herhangi bir kontrolde ürün kusurlu sayılacağından, birinci kontrol şartının sağlanmadığı durumlarda sistem çıkışı verir.

Şekil 6.24'te referans kaydedilen görüntü ile resmin kıyaslanması sonucunda hiçbir benzerliğin bulunmadığı tespit edilerek sistem kusur sinyalini çıktı olarak vermiş ve kusurlu ürün sistemden uzaklaştırılmıştır. Bu işlem yapılırken etiket üzerindeki görsellerden yararlanılmıştır. Bu görseller üzerindeki örneğin firma logosu kenar bulma yöntemi ile bulunarak referans görüntü üzerinde gösterilmekteydi ancak kusurlu görüntüde bu piksellerin hiçbirine rastlanmadığı ve logonun oluşmadığı barizce görülmektedir. Bu sebeple görüntü işleme sonucu ret şeklindedir. Ürün üzerinde etiket tespit edilememiştir.

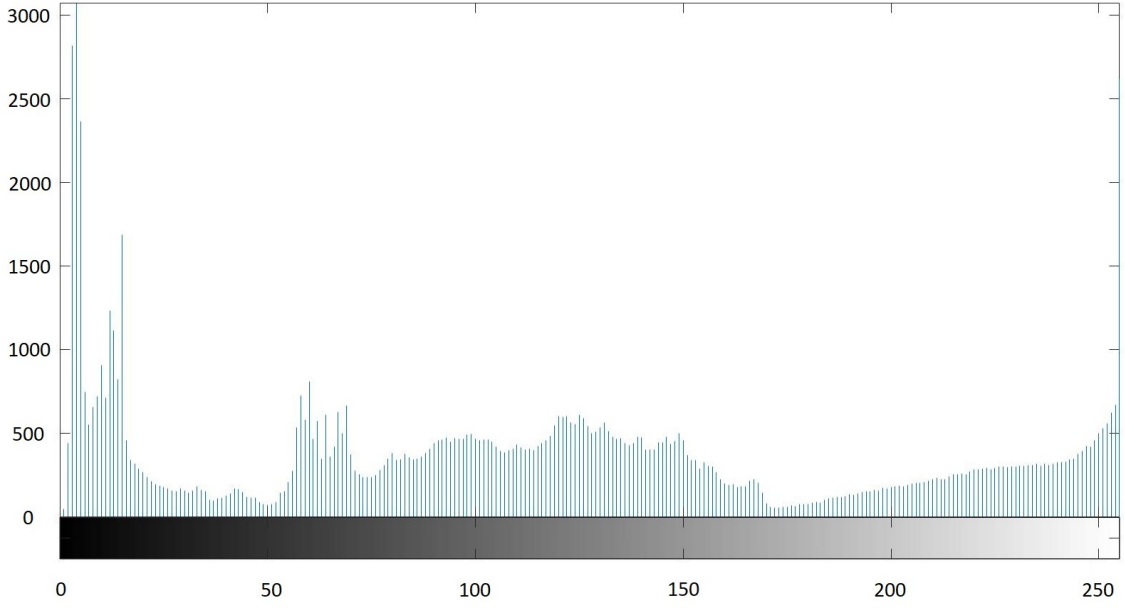
6.2.2. Etiket fire kusurunun tayini



Şekil 6.26. Kusurun renkli görüntüsü

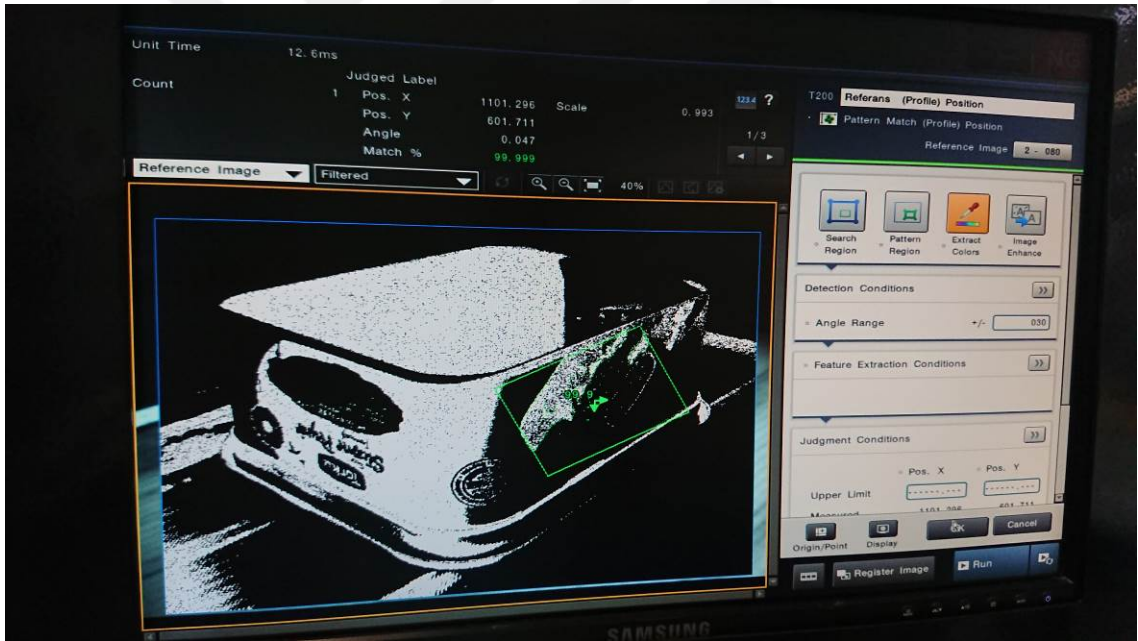


(a)



(b)

Şekil 6.27.(a) Kusurun renkli görüntüsü (Yakınlaştırılmış görünüm) (b) Tarama alanın histogramı



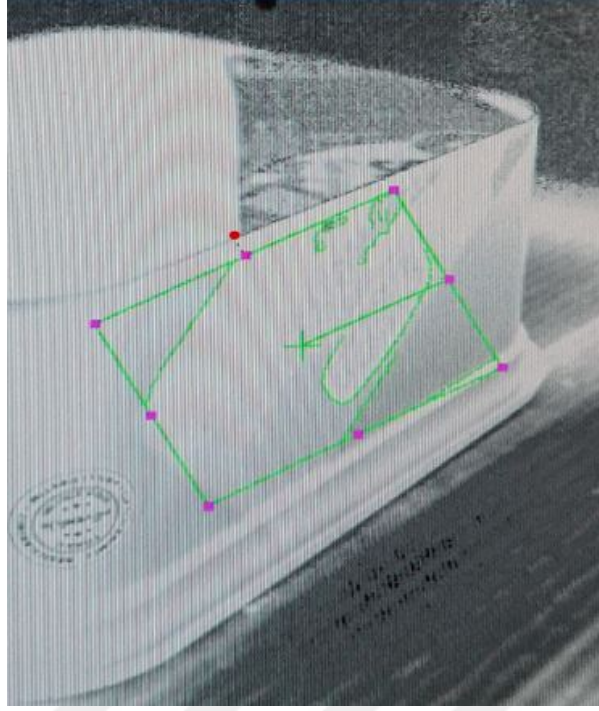
Şekil 6.28. Kusurun binary görüntüsü



Şekil 6.29. Kusurun binary görüntüsü(Yakınlaştırılmış görünüm)



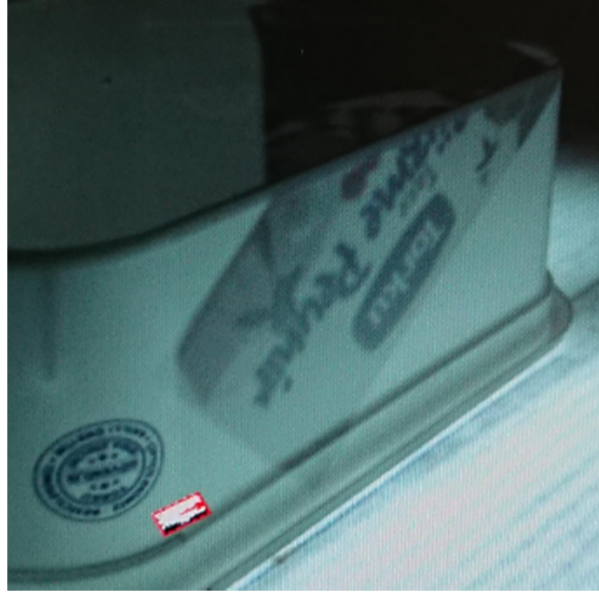
Şekil 6.30. Kusurun gri görüntüsü



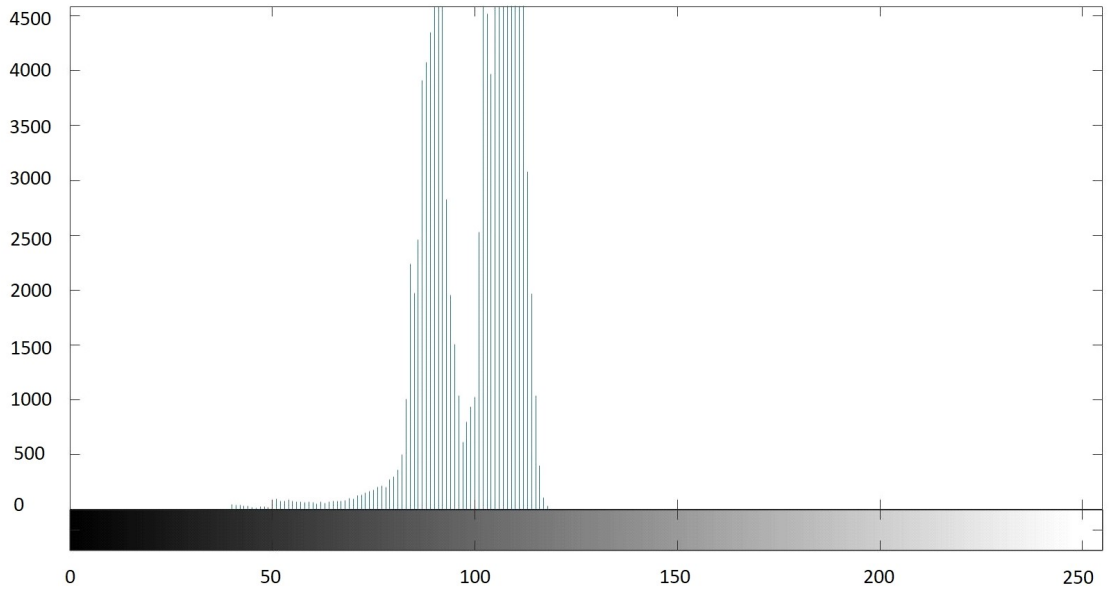
Şekil 6.31. Kusurun renkli görüntüsü (Yakınlaştırılmış görünüm)



Şekil 6.32. Kusurun tespit edildiği görüntü

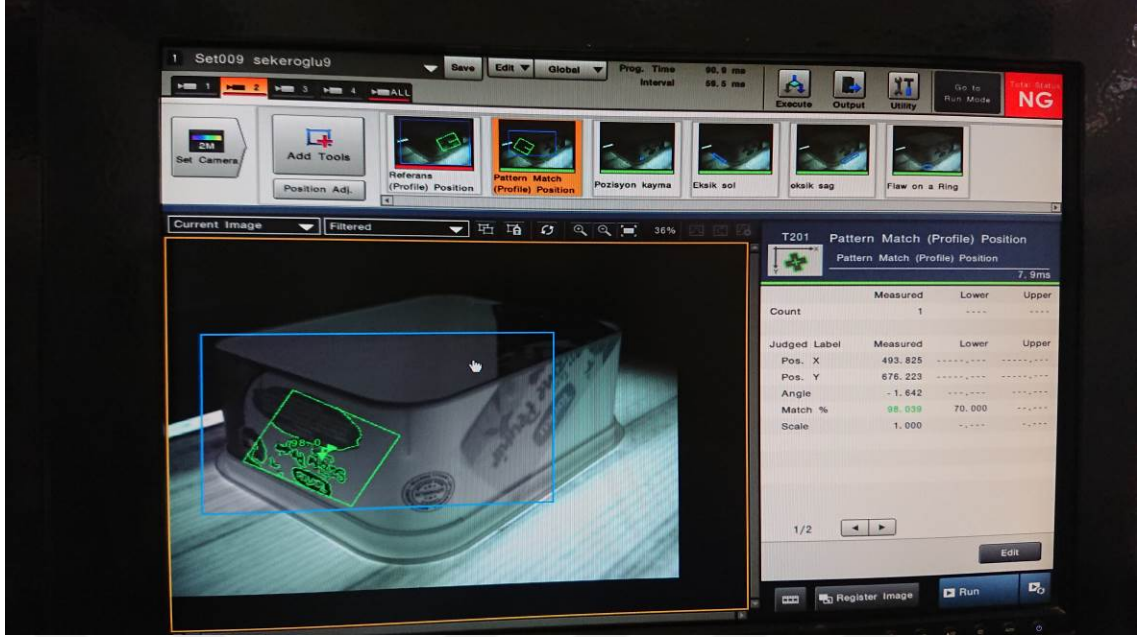


(a)

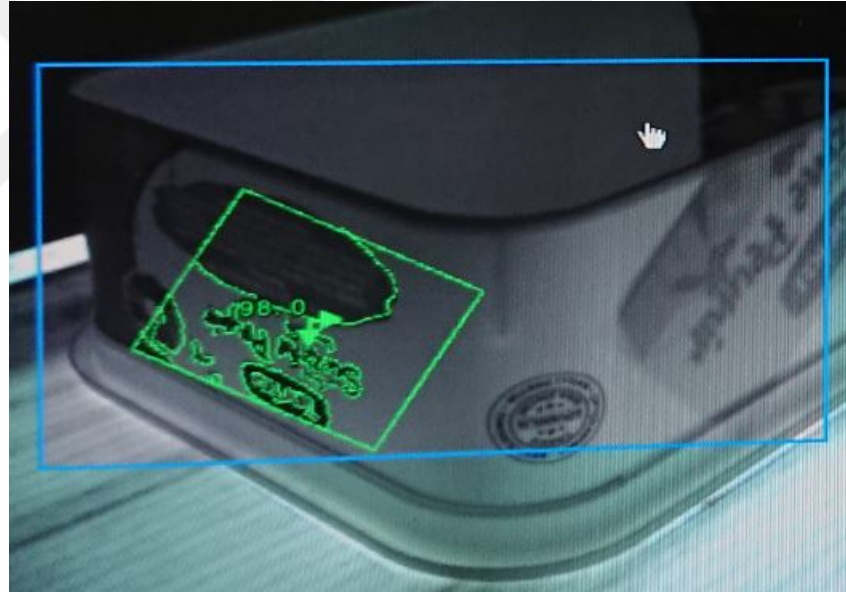


(b)

Şekil 6.33. (a) Kusurun tespit edildiği görüntü (Yakınlaştırılmış görünüm) (b) Tarama alanın histogramı



Şekil 6.34. Kusurun tespit edilemediği görüntü



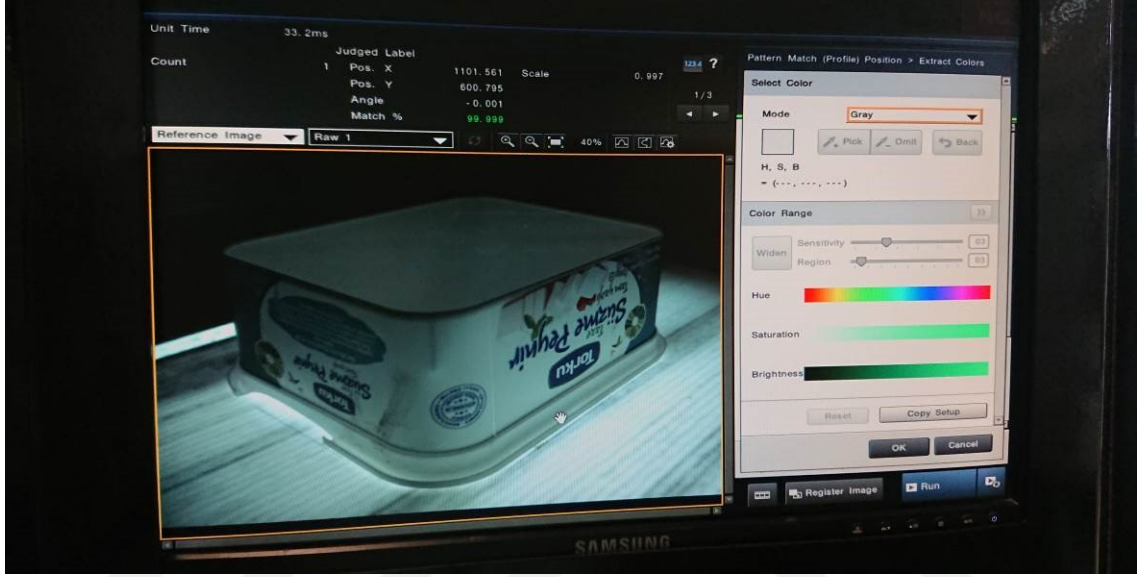
Şekil 6.35. Kusurun tespit edilemediği görüntü (Yakınlaştırılmış görünüm)

Şekil 6.25, 6.27, 6.29'de kusurlu görüntünün farklı renk seviyelerinde görünüşleri gösterilmektedir.

Şekil 6.31'da kusurun tespit edildiği görüntü Şekil 6.33'de ise kusurun tespit edilemediği görüntü görülmektedir. Burada sağ ve sol bölge referans farkının önemi görülmektedir. Şekil 6.33'de referans görüntü ile kıyas sonucunda %98 benzerlik tespit edilmiş ve bu bölgede kusur olmadığı referans piksellerle uyumun olduğu

gözlemlenmiştir. Ancak Şekil 6.31’da (aynı ürün üzerindeki farklı referans bölgesi) bu bölgede yapılan görüntü işleme işlemi sonucunda referans görüntü ile hiçbir eşleşmenin bulunmadığı ve bu sebeple ret çıkışının verildiği gözlemlenmektedir. Bu sonuçla etiket firesinin görüntü işleme ile tespit edildiği görülmektedir.

6.2.3. Eksik ürün kusurunun tayini



Şekil 6.36. Kusurun renkli görüntüsü



Şekil 6.37. Kusurun renkli görüntüsü (Yakınlaştırılmış görünüm)



Şekil 6.38. Kusurun binary görüntüsü



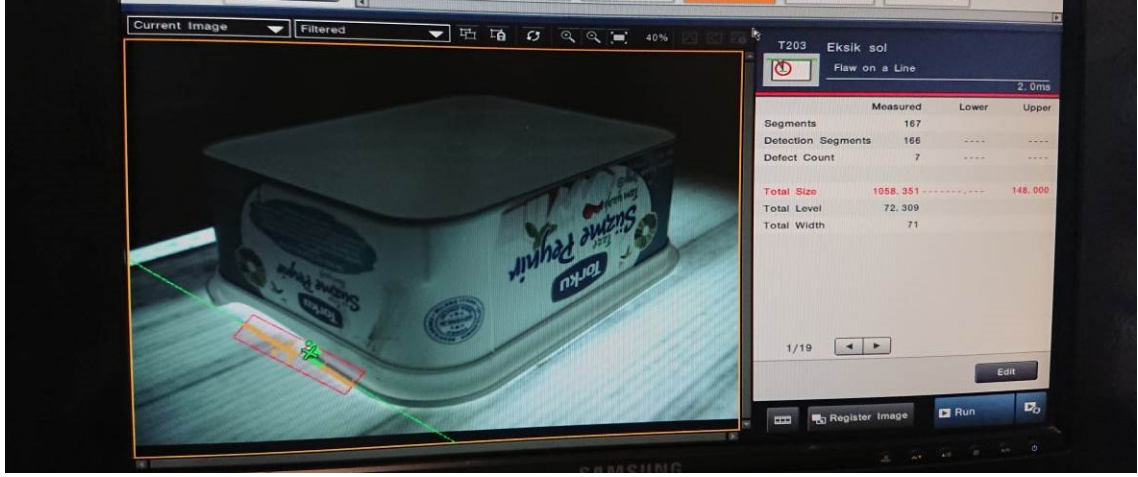
Şekil 6.39. Kusurun binary görüntüsü (Yakınlaştırılmış görünüm)



Şekil 6.40. Kusurun gri görüntüsü



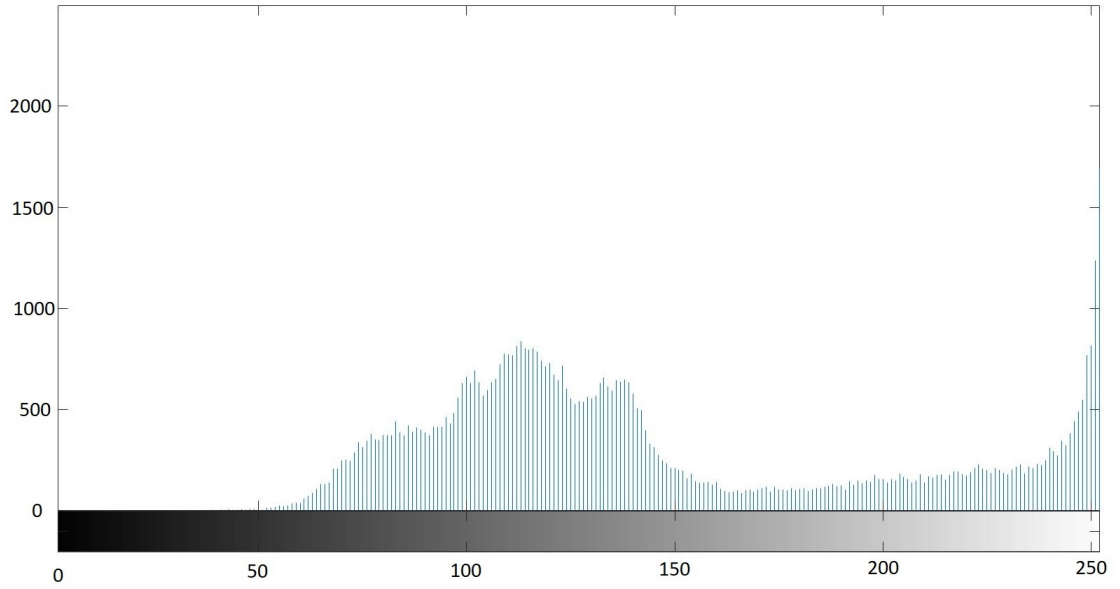
Şekil 6.41. Kusurun gri görüntüsü (Yakınlaştırılmış görünüm)



Şekil 6.42. Kusurun tespit edildiği görüntü



(a)



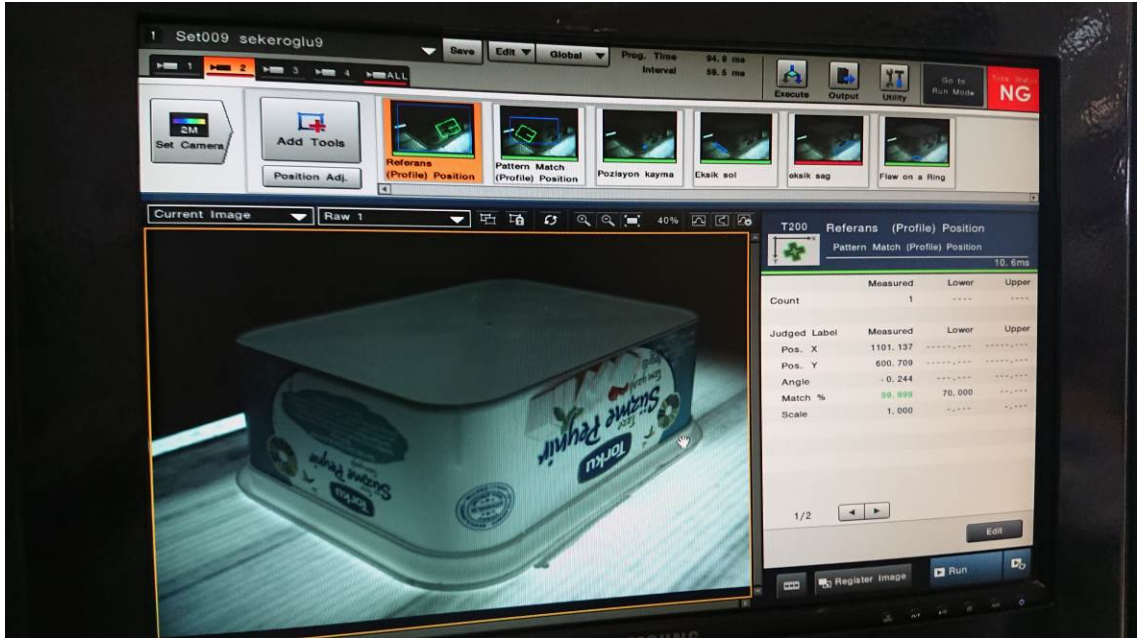
(b)

Şekil 6.43. (a) Kusurun tespit edildiği görüntü (Yakınlaştırılmış görünüm) (b) Tarama alanın histogramı

Şekil 6.35, 6.37 ve 6.39’te kusurlu görüntünün farklı renk seviyelerinde görünüşleri gösterilmektedir.

Şekil 6.41’te ise kusurun tespit edildiği görülmektedir. Referans görünümde bahsi geçen segmentlerin kaybolduğu ve ürünün o bölgesinde eksik olduğu, görüntüde ve görüntü işleme tarama alanı içerisinde net bir şekilde gözlemlenmektedir. Segmentlerin oluşturacağı hayali çizgi görünmüş, ancak takip edecek segment kalmadığı için sistem ret sinyali vermiştir. Bu sayede ürün plastik eksik kusuru görüntü işleme sisteminde tespit edilmiştir.

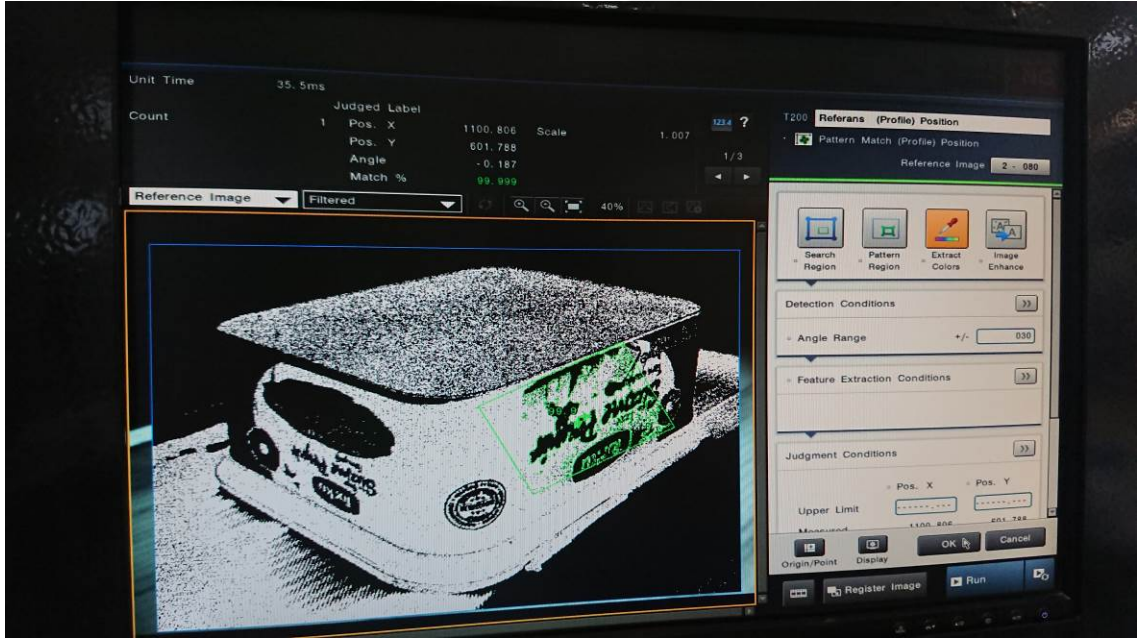
6.2.4. Çapaklı ürün kusurunun tayini



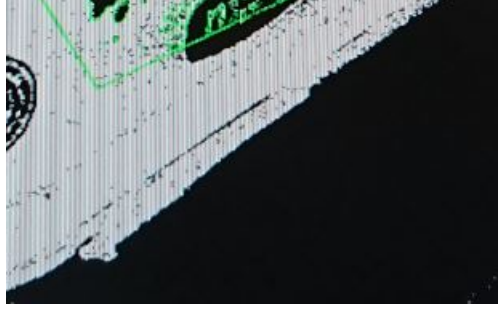
Şekil 6.44. Kusurun renkli görüntüsü



Şekil 6.45. Kusurun renkli görüntüsü (Yakınlaştırılmış görünüm)



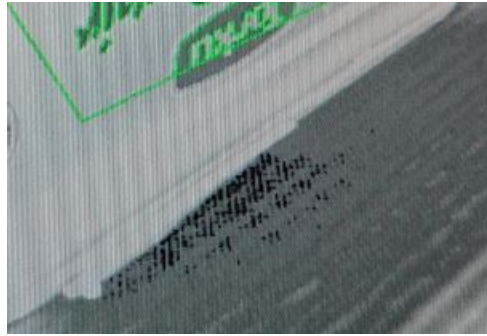
Şekil 6.46. Kusurun binary görüntüsü



Şekil 6.47. Kusurun binary görüntüsü (Yakınlaştırılmış görünüm)



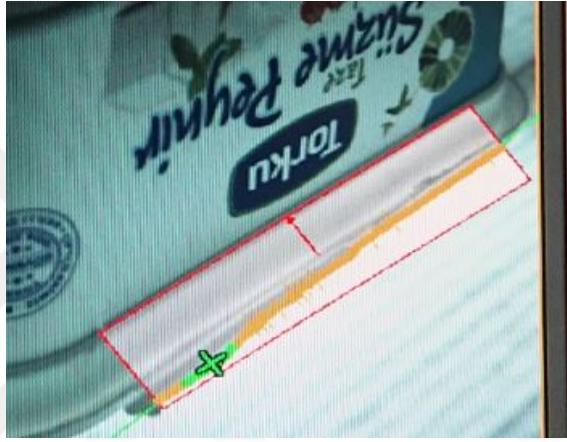
Şekil 6.48. Kusurun gri görüntüsü



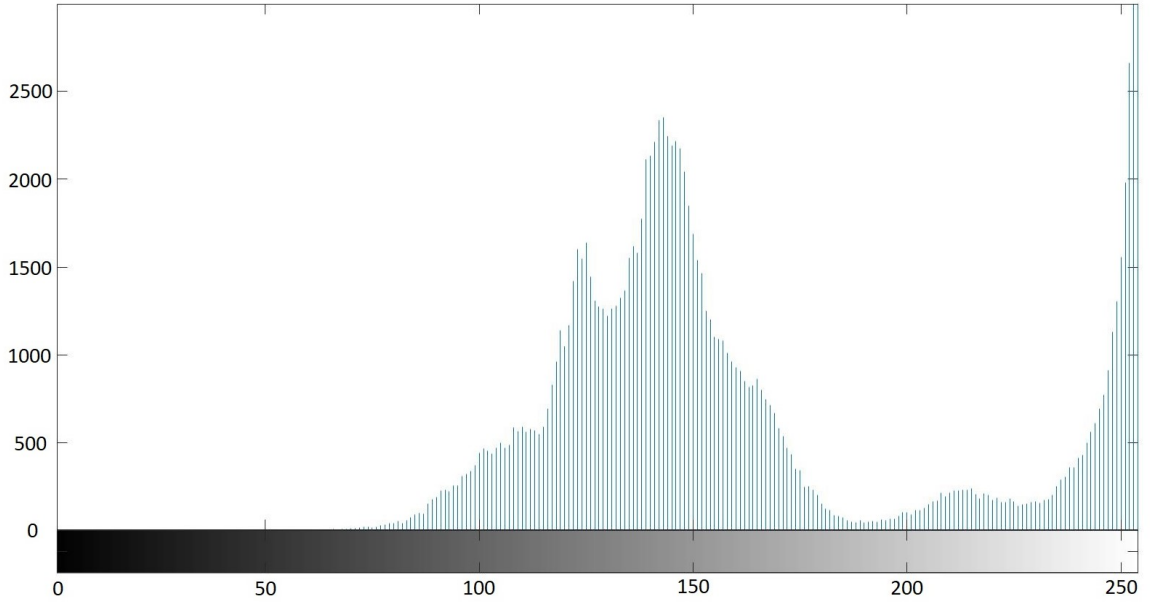
Şekil 6.49. Kusurun gri görüntüsü (Yakınlaştırılmış görünüm)



Şekil 6.50. Kusurun tespit edildiği görüntü



(a)



(b)

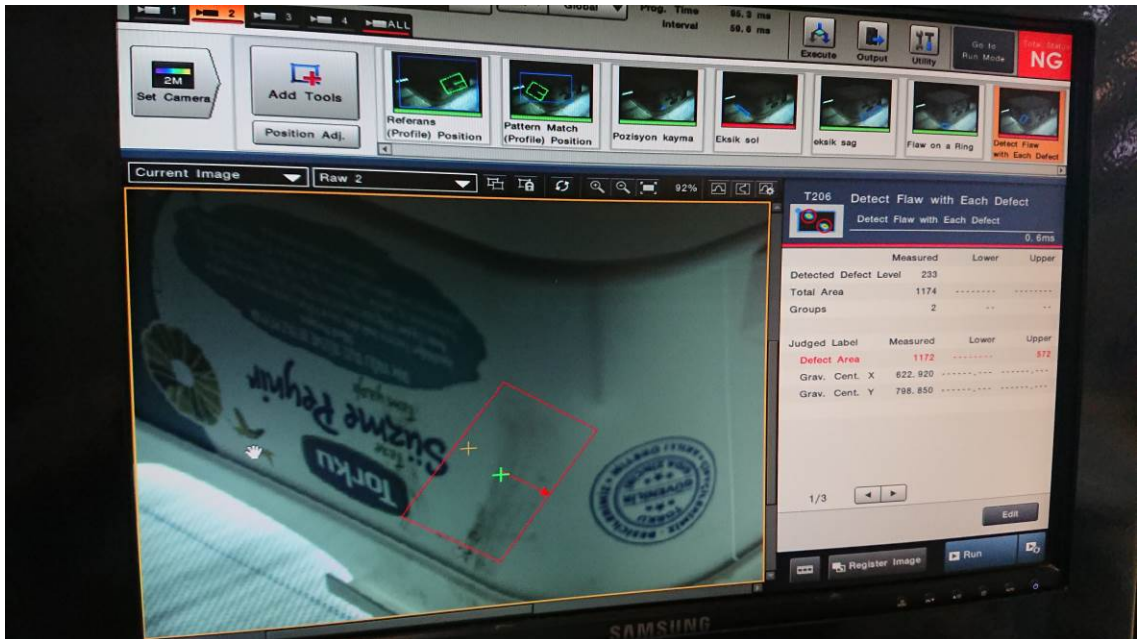
Şekil 6.51. (a)Kusurun tespit edildiği görüntü (Yakınlaştırılmış görünüm) (b) Tarama alanın histogramı

Şekil 6.43, 6.45 ve 6.47’de kusurlu görüntünün farklı renk seviyelerinde görünüşleri gösterilmektedir.

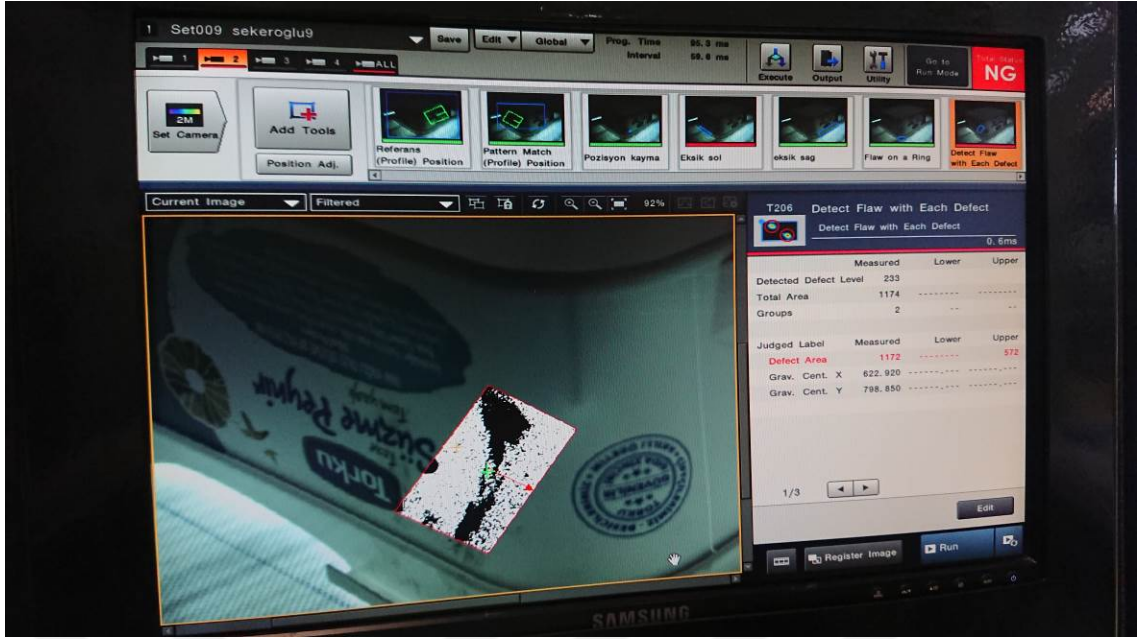
Şekil 6.49’de ise kusurun tespit edildiği görülmektedir. Referans görünümde bahsi geçen segmentlerin kaybolduğu ve ürünün o bölgesinde eksik olduğu, görüntüde ve görüntü işleme tarama alanı içerisinde net bir şekilde gözlemlenmektedir. Segmentlerin oluşturacağı hayali çizgi görünmekte ve bu çizginin doğrusallığını kaybettiği görülmektedir. Referans işleme konusunda bahsedildiği üzere limit değerlerinin dışına çıktığı için sistem bu ürüne ret sinyali vermiştir. Bu sayede plastik ürünün çapaklarının olduğu kusur görüntü işleme sisteminde tayin edilmiştir.

6.2.5. Lekeli ürün kusurunun tayini

Şekil 6.51 ve 6.52’de kusurun ham resmi görülmektedir. Şekil 6.52’de ise kusurun görüntü işleme neticesinde tespit edildiği görülmektedir. Diğer işlemlere göre nispeten basit bir işleme yöntemidir. Bu noktada referansın piksellere kıyasla farklı piksellerin sayılarının toplamının tolerans limit değerlerine kıyasla düşük ya da büyük olmasına bakılmaktadır. Sonuç olarak büyük farklılıklar tespit edilerek sistem tarafından ret sinyali verilmiştir. Bu sayede plastik ürün üzerindeki yanık ve lekeler görüntü işleme sistemi tarafından tespit edilmiştir.



Şekil 6.52. Kusurun ham görüntüsü



Şekil 6.53. Kusurun tespit edildiği görüntü

6.3.Parametre optimizasyonu

Bu bölümde görüntü işleme ile plastik ambalajların kusurlarının tayin edilmesinden önce yapılan parametre çalışmalarının basit bir kısmana yer verilmiştir. Bu veriler göstermektedir ki görüntü işleme ile kusur tayini prosesi ciddi optimizasyon gerektiren bir süreçtir. Örneğin şekil 6.53 te eksik kusuru ile ilgili bir çalışma resmi görülmektedir. Görüntünün referans resminde eksik tayin edebilmek için çalıştırılan komut filtrelerin yoğun kazanç değerleri altında kenar tespiti noktasında zorlandığı görülmektedir. Ancak yine de sanal çizgi tanımlanabilmekte referans görüntü kaydedilebilmektedir.

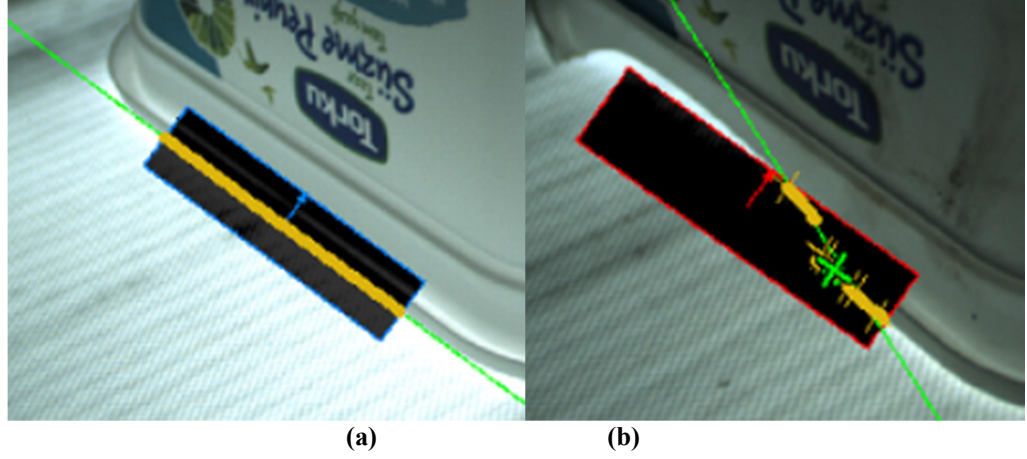


Şekil 6.54. Tarama alanındaki filtrenin görünümü

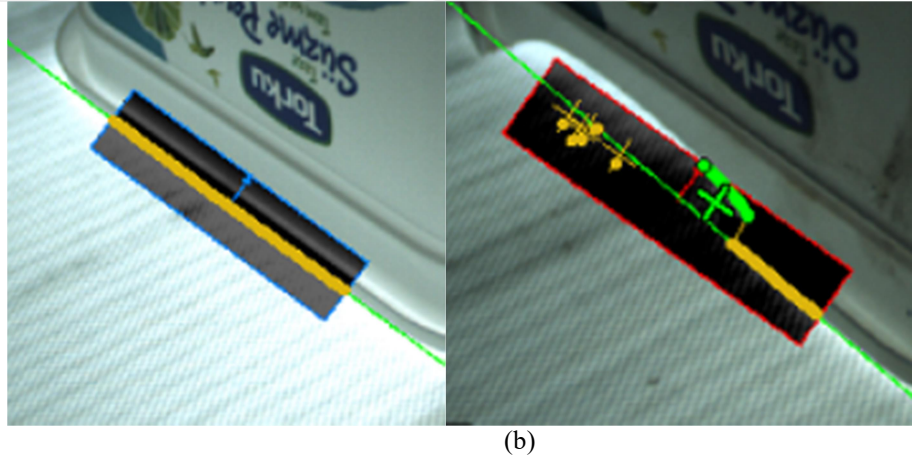
Şekil 6.54. incelendiğinde ise eksik kusurlu ürünün filtrelerin kazanç değerlerinin uygun olamamasından kaynaklı sanal çizginin tamamen kaybolduğu ve kenar tespitinin yapılamadığı görülmektedir.



Şekil 6.55. Tarama alanındaki yoğun filtre görünümü

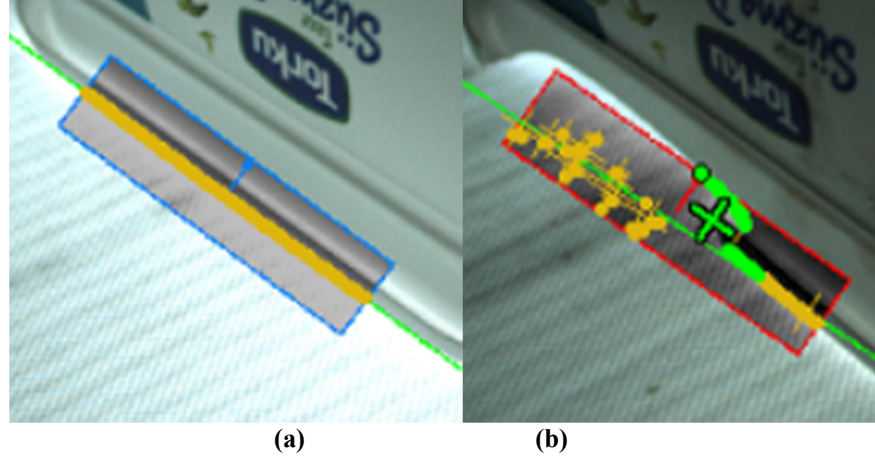


Şekil 6.56. (a) Referans görüntü kazanç iyileştirme.(b)Kazanç iyileştirme ile sanal çizginin ilk oluşumu



Şekil 6.57. (a) Referans görüntü kazanç pekiştirme (b)Kazanç pekiştirme ile sanal çizginin ikinci pozisyonu.

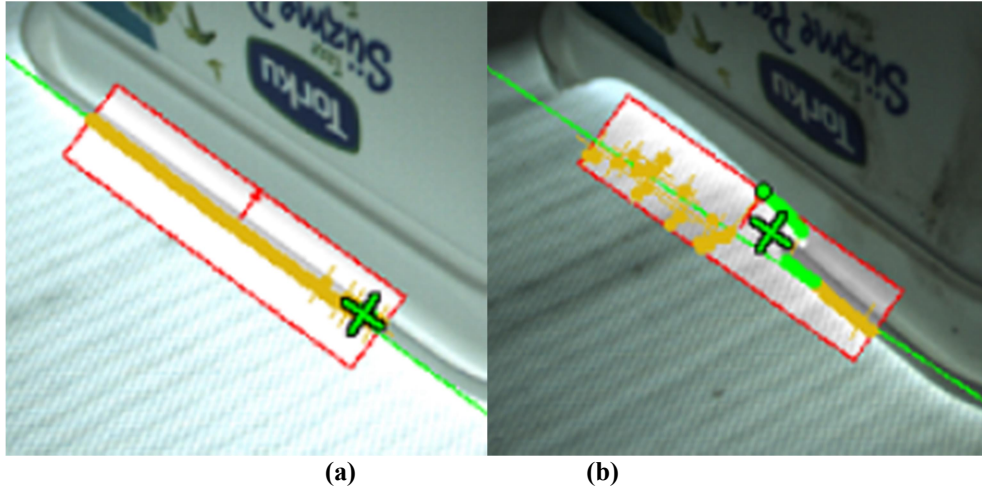
Şekil 6.55. te iki farklı resim görülmektedir. İlk resimde referans görüntünün tarama alanı içerisinde filtre kazançlarının iyileştirme çalışmaları görülmektedir. İkinci resimde ise bu iyileşmenin kusur bölgesinin tanımlanması için nasıl bir faydası olduğu görülmektedir. Görüntülerden de anlaşıldığı üzere filtre kazanç parametreleri ile yapılan iyileştirmeler sonucunda daha önce belirlenmeyen sanal çizgi oluşmuş ancak kusur tespiti için yeterli kararlık gözlemlenmemiştir.



Şekil 6.58. (a),(b) Referans ve kusurlu görüntünün iyileştirilmiş görünümü

Şekil 6.56. ise bu kazanç değerleri daha da iyileştirilerek pekiştirilmiştir. Bu optimizasyonun sonucunda sanal çizgi pozisyonuna çok yaklaşmış ve bazı segment değerlerinin belirlediği gözlemlenmiştir.

Şekil 6.57de ise kazanç değerlerinin etkisi gözle apaçık görülmekle birlikte sonuca somut etkisi ise kusurun üzerinde belirginleşen segmentler den anlaşılabilir. Şekil 6.59. ise kazanç ayarlarının referans görüntüyü kararsızlaştırmaya geçişi. (b) Kusur görüntüsünün sabit durumu



Şekil 6.59. (a) Kazanç ayarlarının referans görüntüyü kararsızlaştırmaya geçişi. (b) Kusur görüntüsünün sabit durumu

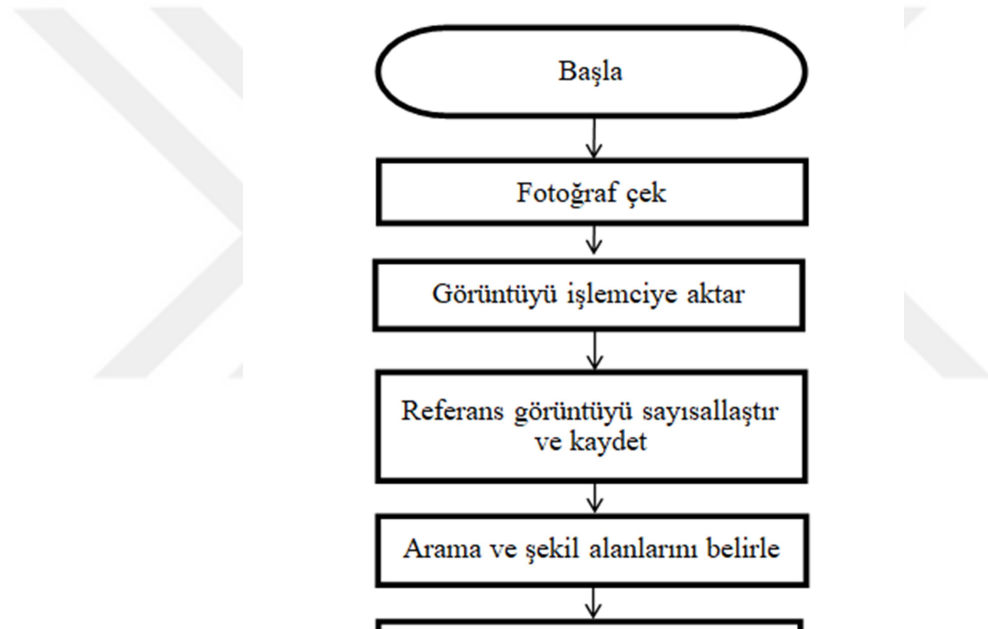
Şekilde 6.58 parametre optimizasyonunun önemini çok net bir şekilde göstermektedir. İyileştirilen kazanç değerleri belirli bir noktadan sonra görsel tayini artırmaya devam etmekte fakat sınır şartlarının kaybolmasına sebep olmaktadır. Bu

çıkarmıyla en iyi kazanç değerleri belirlenerek en kararlı kusur tespit parametreleri belirlenmiştir.

Yukarıda örnek bir kusurun en iyi parametre tespit aşamaları incelenmiştir. Diğer kusurların tespiti ve genel görüntü işleme çalışmalarında bu veya buna benzer yüzlerce parametrelerin optimizasyonu gerekmektedir.

6.4.Görüntü işleme sistemi uygulama adımları.

Görüntü işleme sisteminin çalışmasında takip edilen işlem adımları Şekil.5.11 de belirtilen görüntü işleme akış şemasında belirtilmiştir. Bu adımların içerikleri 6.1 ve 6.2 bölümlerinde açıklanmıştır. Açıklanan bu detaylarca görüntü işleme aşamalarının adım adım işlenmesi ise aşağıdaki gibidir.

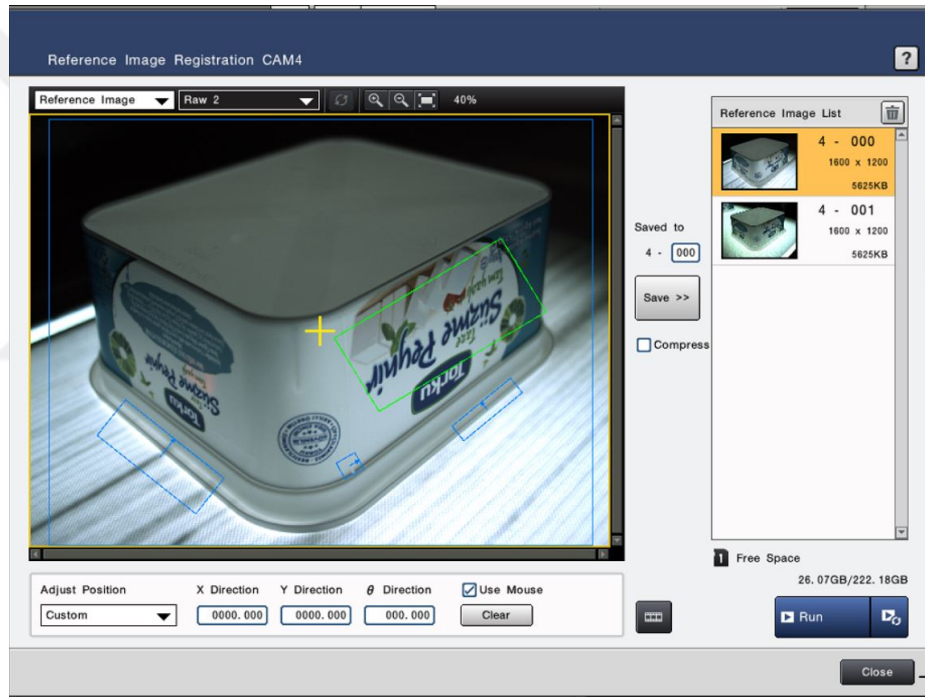


Şekil 6.60.Akış şemasının başlangıç kısmı

İşlem adımları ilk olarak referans görüntünün kaydedilmesi ile başlar. Kamera yardımı ile görüntü yakalanır ve akabinde görüntü işlemciye aktarılır.



Şekil:6.61. Çekilen fotoğrafın görüntüsü

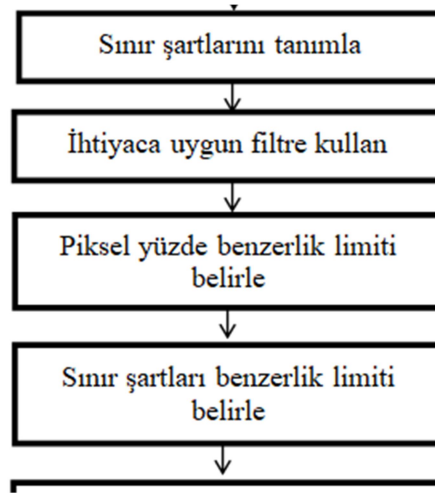


Şekil:6.62. Referans görüntünün kaydedilmesi

İşlemciye aktarılan görüntülerin içerisinde en uygun olanı referans görüntü olarak sisteme kaydedilir. Kaydedilen görüntü üzerinde diğer işlem basamağı olan arama ve şekil alanları belirlenir. Burada arama alanı, görüntüyü oluşturan bütün piksellerin değil x ve y koordinat sistemine göre numaralandırılan piksel dizilerini gösterir. Buradaki amaç görüntü içerisinde uygulanmak istenen görüntü işleme adımlarında bütün piksellerin işleme dahil edilmeden ilgili piksellerin işleme alınmasını sağlamaktır. Şekil alanı ise işlemin yapılacağı piksel grubunu belirler. Arama alanı Şekil.6.63.te mavi, şekil alanı ise yeşil renkte görülmektedir.



Şekil:6.63. Arama ve şekil alanlarının görüntüsü



Şekil:6.64. Akış şemasının bir kısmı

İşlem adımlarının en önemli iki aşaması sınır şartları ve filtre kısmıdır. Bu iki adım birlikte çalışarak sonuç verir. Ancak bu adımlara geçilmeden önce renkli görüntünün gri seviyeye dönüştürmesi gerekmektedir. Bu dönüşüm sağlandıktan sonra diğer görüntü işleme işlem basamaklarına geçilebilir. Sınır şartların belirlenmesinde ise çeşitli algoritmalar (Canny,Hough,Harris ve Stephens gibi)kullanılmaktadır. En yaygın uygulama ise Canny sınır tanımlama algoritmasıdır. Bu çalışmada keyence in

geliştirdiği algoritma ile sınır şartları tanımlanmaktadır. Ayrıca çalışmalar esnasında sobel ve prewitt filtreleri kullanılarak sınır en iyileştirme optimizasyonları yapılmıştır.



Şekil:6.65. Renkli görüntünün gri skalaya dönüşümü



Şekil:6.66. Sobel (solda) ve prewitt (sağda) filtrelerin ürün üzerinde uygulanması

Kullanılan filtrelerden sobel, sınırları daha keskin belirtirken prewitt daha yumuşak kalması neticesinde sobel filtresinin kullanımına devam edilmiştir. Ancak kenar belirginliğini artırmak için çarpanın 2 ve katları olması sonucunda yüksek oranda gürültü ile karşılaşılacak çarpanın artırılmadan işleme devam etmesi daha kararlı sonuç almaya yardımcı olmuştur.

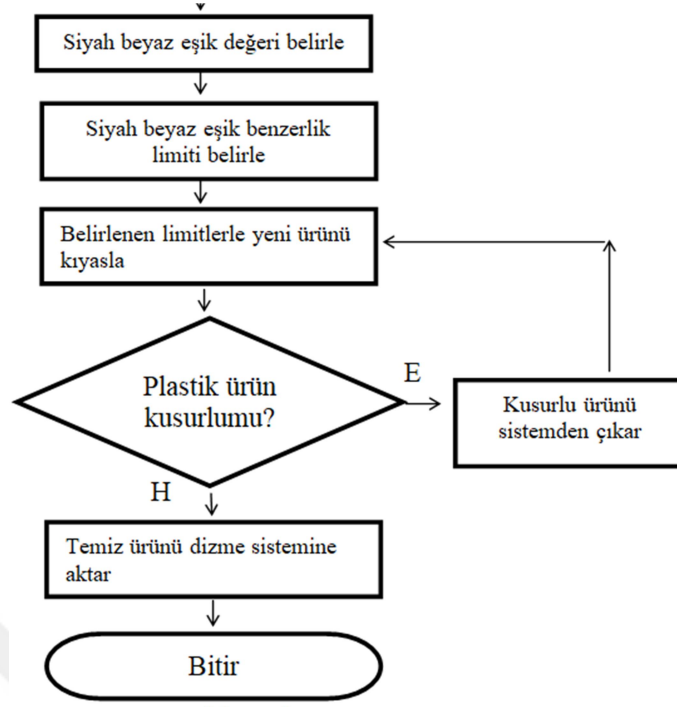
Filtreler yardımı ile sınır şartlarının tanımlanması ile birlikte benzerlik sınıflandırılması işlemine geçilir. Sisteme kaydedilen referans görüntü ile hatta üretilen her bir ürünün kıyas edilmesi işleminde, işleme yapılan her ürünün referans görüntü üzerinde belirlenen piksel adet ve pozisyonlarına göre limit belirlenir. Aynı zamanda bu limitler hata sınıflarını belirler.

Limitler piksellerin sayısının ve bulunduğu yerin referans görüntüye oranla ne kadar benzediğini kıyaslamak için belirlendiği gibi sınır şartları içinde belirlenir.

	◦ Pos. X	◦ Pos. Y
Upper Limit	01140.000	00593.000
Measured	1129.616	582.695
Lower Limit	01119.000	00572.000
	◦ Angle	◦ Match %
Upper Limit	001.000	-. .-. .
Measured	-0.221	98.148
Lower Limit	-001.000	70.000

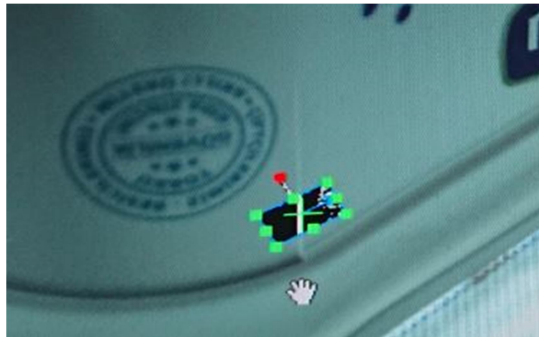
Şekil:6.67. Piksel yüzde benzerlik ve sınır şartlarının limitlerinin belirlenmesi

Limitler belirlendikten sonra sistem çalıştırılarak hatta üretilen ürünlerin her birine tek tek görüntü işleme uygulanır. Her bir görüntüden elde edilen değerler karşılaştırılır ve limit tipleri ve değerlerine göre hata sınıflandırılması ve hatanın varlık durumu belirlenir.



Şekil:6.68.Akış şemasının son kısmı

Sınıflandırma için kullanılan limitler ve tipler uygulamanın tipine göre değişiklik göstermektedir. Etiket birleşim yeri uygulamasında belirlenen arma alanı içerisinde baskın bir şekilde birleşim yerinin örtemediği bölgede arka planda bulunan plastikle farkı çok net görülebilmektedir. Burada arama alanı içerisinde siyah beyaz eşikleme işlemi yaparak eşik değeri belirlenir. Belirlenen eşik değerince bölge içerisindeki siyah ve beyaz piksel adetleri sayılabilir hale gelir. Sayılan adetlerce limitler belirlenerek sınıflandırma işlemine geçilir.



Şekil:6.69.Birleşim yeri piksellerin siyah beyaz dağılımı

Şekil 6.69 da görüleceği üzere etiket bölgesini pikselleri siyah, plastik ürün bölgesinin pikselleri beyaz olacak şekilde çok net görülmektedir. Bölgede bulunan siyah yada beyaz piksellerin toplam sayısına göre limitler belirlenerek kıyas işlemine geçilir. Belirlenen bu limitlerle leke, yanık gibi arka plan farkı olan hataların sınıflandırılması daha kolay belirlenebilir.

Bütün limitlerin ve şartların belirlenmesinin ardından sistem çalıştırılarak hatta akan tüm ürünler referans görüntü ile kıyas edilir. Bu kıyaslar sonucunda belirlenen farklı limitler baz alınarak ürünlerin kusurlu olup olmadığı ve aynı zamanda hangi tip kusurlu olduğu limit ve sınır şart tiplerine göre belirlenerek görüntü işleme ile kalite kontrol işlemi tamamlanır. Bu işlem her bir plastik ürün için döngü şeklinde tekrarlanır.



7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar

Bu tez çalışmasında rijit plastik gıda ambalajı imalat prosesinde görüntü işleme tabanlı ürün kalite kontrolü uygulaması yapılmıştır. Bu uygulama yapılmadan önce tasarım ve sistemin algoritmaları, değişen talep ve tasarım zorluklarından kaynaklı çeşitli kez güncellenmiştir. Sistemin tasarımı, mühendislik hesapları, algoritmalar yaklaşık bir yıl sürmüştür. Teorik olarak hazırlanan proje Şekeroğlu Kimya ve Plastik A.Ş. tesislerinde yaklaşık sekiz ay süren prototip üretim ve test süreci ile tamamlanmıştır. Ayrıca bu projeye, TÜBİTAK tarafından “1507- KOBİ AR-GE BAŞLANGIÇ DESTEK PROGRAMI” nca ekonomik olarak fon desteği verilmiştir. Projenin hedeflenen çıktıları başarı ile sağlanarak sistem çalıştırılmıştır.

Sistemin çalıştırılması ile aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmıştır:

- Üretim prosesinde ürün fire oranı %0.5 artmış (Sistem devreye almadan ölçülen değer referans olarak kabul edildiğinde),
- Müşteri memnuniyeti analizinde daha önce insan gözüyle yapılan kontrollerde ortaya çıkan kusur karışması ortadan kalmış,
- Piksel benzerlik yüzdesi %95 ila %98 arasında sistem çalışmakta,
- Sistemin tekrarlanabilirliği yapılan çok sayıdaki test neticesinde %98 olarak bulunulmuş,
- Görüntü işleme süresi 240 ms ile 310 ms arasında değişmekte,
- Çevrim süresi 6.5 saniye,
- Proses maliyetlerinde % 10-15 seviyesinde azalma olmuştur.

Yukarıda bahsi geçen sonuçlar incelendiğinde en çok göze batan kısım fire oranının artmasıdır. Yeni yapılan ve geliştirilen bir süreçte fire oranının azalması beklenirken bu noktada artış görülmüştür. Görüntü işleme sistemi çalışmadan önce bu kontroller manuel olarak yapılmakta ve her ne kadar deneyimli personeller de kullanılsa insan gözünün sürekli aynı işi yapması sonucunda dikkat dağınıklığından kaynaklı olarak hatalı ürünlerin müşteriye hatasızmış gibi gittiği gözlemlenmiştir. Bu karışan ürünler hata oranını etkilemediğinden kusur oranı, belirlenen kalite şartlarının altında

ölçülmekteydi. Sistemin devreye girmesi ile birlikte müşteriye giden kusurlu ürünler artık görüntü işleme sistemi tarafından tespit edildiğinden net kusur oranında artış gözlemlenmiştir. Bu noktadan sonra bu oranın düşmesi için farklı çalışmalar da başlatılacaktır.

7.2. Öneriler

Görüntü işleme sisteminin en önemli konularından birisi, doğru resmi kaydetmektir. Bu resmin kaydedilmesi esnasında bazı donanımsal ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ekipmanlar incelendiğinde ise, çeşitli ayarlar veya sinyallerle sistemin çalıştırılabildiği görülmektedir. Bu sebeple görüntü işleme sisteminin çalıştığından emin olmak için belirli periyotlarda kalite şartlarının test edilmesi önerilmektedir. Bu öneri çalışan sistemin ayar şartlarının değişebileceği durumlar (lens aydınlatma ve netlik bölgesi ayarı) için de geçerli olup, aynı denetimlerin bu durumlar için de yinelenmesi önerilmektedir.

Görüntü işleme sisteminin çıktısı ile kusurlu ürünler yine farklı bir sistemin kontrolünde pnömatik valf gibi çeşitli donanımsal ekipmanlar yardımı ile sistemden dışarı atılmaktadır. Yukarıda bahsi geçen kontrollere benzer bir kontrolün de bu noktada yapılması gerekmektedir. Zamanla aşınabilecek donanımsal sistemler bozularak ve %100 kalite şartlarını tehdit ederek risk oluşturabilmektedir.

Sistemin sürekli çalışmasıyla beraber istatistiksel olarak veri setleri hazırlanabilir. Bu veri setleri hazırlanırken üretim esnasında hangi tip kusurların hangi oranlarda gerçekleştiği kaydedilebilir. Bu sayede elde edilen veri setleri ile bir histogram oluşturulabilir. Oluşturulan bu histogram ile de süreç iyileştirilmesi çalışması yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Acar, M. O., 2015, Havalimanı terminal kapasitesinin görüntü işleme yöntemi ile belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.
- Adem, K., Orhan, U. ve Hekim, M. J. E. S. w. A., 2015, Image processing based quality control of the impermeable seams in multilayered aseptic packages, 42 (7), 3785-3789.
- Akbar, H., Prabuwno, A. S. J. I. J. o. C. S. ve Security, N., 2008, Webcam based system for press part industrial inspection, 8 (10), 170-177.
- Akpınar, ö., 2008, Depolama amaçlı görüntü işleme tabanlı bir kartezyen robot tasarımı, Yüksek lisans tezi, *Sakarya üniversitesi fen bilimleri enstitüsü*, Sakarya.
- Al-Salihi, M. Q. J., 2018, Detection of imperfections in non-metal sewer pipes by image processing, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Algaç, H. Y. D., 2006, Buğday tanelerinin bazı fiziksel özelliklerinin görüntü işleme tekniğiyle belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Amon, T., 2017, Diagnosis of The Pseudomonas Aeruginosa Disease on Human and Plants With Image Processing Techniques and Pattern Recognition, Masters Thesis, *Ege University Institute Of Sciences*, İzmir.
- Amutha, S., Babu, D. R., Shankar, M. R. ve Kumar, N. H., 2011, Mammographic image enhancement using modified mathematical morphology and Bi-orthogonal wavelet, *2011 IEEE International Symposium on IT in Medicine and Education*, 548-553.
- Anonymous, 2009, Machine vision academy, master the latest application techniques. CVacademy-KA-EN0519-E 0059-1. Corporation, K. Japan.
- Anonymous, 2013, Easy Setup, Auto-Teaching, Machine Vision System 12376A 1053-2. Corporation, K. Japan.
- Anonymous, 2018, Machine Vision Peripheral Equipment & Effective Image Acquisition Techniques. CAGeneral5-WW-C-GB 1068-2. Corporation, K. Japan.
- Avuçlu, E., 2019, Yapay zeka ve görüntü işleme teknikleri kullanarak dış röntgen görüntülerinden kronolojik yaş tayini, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Bağkur, S., 2013, Fabric defect detection using image processing techniques, *DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Baxes, G. A., 1994, Digital image processing principles and applications, USA, JohnWiley & Sons, Inc., p.
- Chen, L., Liang, Y. ve Wang, K., 2010, Inspection of rail surface defect based on machine vision system, *The 2nd International Conference on Information Science and Engineering*, 3793-3796.
- Derganc, J., Likar, B. ve Pernuš, F., 2003, A machine vision system for measuring the eccentricity of bearings, *Computers in Industry*, 50 (1), 103-111.
- Dilan, R. J. Y. L., Haziran, 2010, Unstructured road recognition and following for mobile robots via image processing using anns.
- Girit, A., 2014, DROWSY DRIVER DETECTION USING IMAGE PROCESSING, *MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY*.
- Gonzalez, R. C. ve Richard, E. J. e. P. H. P., ISBN 0-201-18075, 2002, Woods, digital image processing, 8.
- Gökhan, V., 2018, Design of the fast Gaussian filters for image processing, Yüksek Lisans Tezi, *Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gaziantep.

- Horozoğlu, E., 2013, Görüntü işleme ile yüzey pürüzlülüđü ölçümü ve analizi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Işık, E. ve Güler, T., 2003, Elma Yüzey Alanlarının Görüntü İşleme Tekniği Yöntemiyle Saptanması.
- Janssen, Y. H., de Jong, A. N., Winkel, H. ve van Putten, F. J., 1996, Detection of surface-laid and buried mines with IR and CCD cameras: an evaluation based on measurements, *Detection and Remediation Technologies for Mines and Minelike Targets*, 448-459.
- Kafee, A. A., 2013, Skin cancer detection using image processing techniques, Yüksek Lisans Tezi, *Fatih University The Graduate School of Sciences and Engineering*, İstanbul.
- Kan, C., Chen, R. ve Yang, H. J. P. C., 2017, Image-guided quality control of biomanufacturing process, 65, 168-174.
- Karagöz, A., 2013, Fish freshness detection by digital image processing, *DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Kim, T.-H., Cho, T.-H., Moon, Y. S. ve Park, S. H. J. P. R., 1999, Visual inspection system for the classification of solder joints, 32 (4), 565-575.
- Kızılkaya, R., 2012, Implementation of image processing algorithms on FPGA demonstration board, *DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Kumar, M., Thakkar, V., Bhadauria, H. ve Kumar, I., 2016, Mammogram's denoising in spatial and frequency domain, *2016 2nd International Conference on Next Generation Computing Technologies (NGCT)*, 654-659.
- Lahmiri, S. ve Boukadoum, M. J. J. o. m. e., 2013, Hybrid discrete wavelet transform and Gabor filter banks processing for features extraction from biomedical images, 2013.
- Le, P. Q., Dong, F. ve Hirota, K. J. Q. I. P., 2011, A flexible representation of quantum images for polynomial preparation, image compression, and processing operations, 10 (1), 63-84.
- Mahmood, S. D., 2017, Automatic detection of epidural hematoma on the brain by using image processing techniques, Master Thesis, *Yildiz Technical University Graduate School Of Natural And Applied Sciences*, İstanbul.
- Mutlu, G., 2011, Görüntü işleme tabanlı konum denetimi, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Öncü, S., 2015, A Robot's Image Recognition System, *Electronic Letters on Science & Engineering*, 11 (2), 26-33.
- Örger, N. C., Çay, Y. ve Karyot, T. B., 2015, Design of mobility, manipulation and vision system of a conceptual lunar micro-rover, *2015 7th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST)*, 571-576.
- Özdemir, S. J. M. E. T. U., Ankara, 2005, Investigation of Air Bubble Motion in Water Through a Vertical Narrow Rectangular Channel by Using Image Processing Techniques.
- Rashid, M. K., 2019, Feature detection and classification of pistachio by using image processing, Master Thesis, *Gaziantep University Graduate School Of Natural & Applied Sciences*, Gaziantep.
- Russ, J. C., 2016, The image processing handbook, CRC press, p.
- Shi, G. ve Chen, D., 2017, Research and applications of the hybrid cameras visual servo robot, *2017 8th International Conference on Mechanical and Intelligent Manufacturing Technologies (ICMIMT)*, 74-79.
- Sonugür, G., 2016, İnsansız Kara Araçları için Dinamik Nesnelerin Tanınması Amacıyla Görüntü İşleme Tabanlı Bir Sistem Geliştirilmesi.

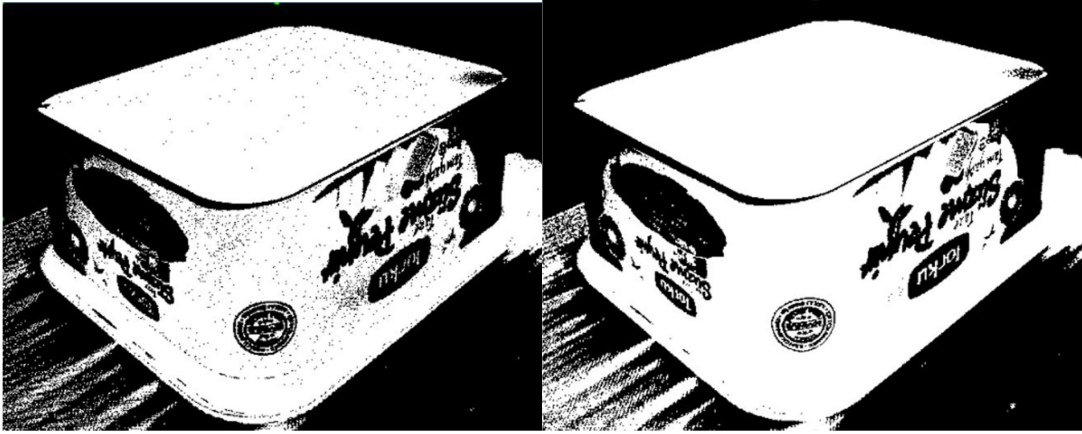
- Sun, T.-H., Tseng, C.-C., Chen, M.-S. J. I. ve Computing, V., 2010, Electric contacts inspection using machine vision, 28 (6), 890-901.
- Szeliski, R., 2010, Computer vision: algorithms and applications, Springer Science & Business Media, p.
- Şenel, G., 2019, Delineation of water bodies with landsat 8 and sentinel 2 satellite imagery using different image processing algorithms, Master Thesis, *Istanbul Technical University Graduate School Of Science Engineering and Technology*, İstanbul.
- Tekerek, M., 2006, Esnek üretim sisteminde görüntü işleme tekniği ile robotik eğitim modeli geliştirmesi, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Yıldırım, K., İnce, C. ve Kalaycı, T. J. E. Ü., 2003, Görüntü işleme.
<http://www.ambalaj.org.tr/tr/ambalaj-ve-cevre-plastik-ambalajlar.html>, [Ziyaret Tarihi: 4 Mart 2018].
<http://www.sepa.org.tr/uploads/pdf/sertplastikambalajsektoru.pdf>, [Ziyaret Tarihi: 4 Mart 2018].
<http://pagcev.org/ambalaj>, [Ziyaret Tarihi: 4 Mart 2018].
<https://www.keyence.com/products/vision/vision-sys/cv-x100/index.jsp>, [Ziyaret Tarihi: 2 Nisan 2018].
<http://entek.com.tr/urun/cv-x-goruntu-isleme-sistemleri/95/katalog>, [Ziyaret Tarihi: 2 Nisan 2018].
<https://www.cognex.com/products/machine-vision/2d-machine-vision-systems/in-sight-vc200>, [Ziyaret Tarihi: 2 Nisan 2018].
https://www.tutorialspoint.com/dip/applications_and_usage.htm, [Ziyaret Tarihi: 19 Nisan 2018].
<http://www.yildiz.edu.tr/~bayram/sgi/saygi.htm>, [Ziyaret Tarihi: 19 Nisan 2018].
<https://www.bulentsiyah.com/goruntu-filtreleme-uygulamaları-ve-amaçları-matlab/>, [Ziyaret Tarihi: 19 Şubat 2019]

EKLER

EK-1. Rijit plastik gıda ambalajı kalite kontrolünde kullanılan görüntü işleme uygulamasına yönelik örnek bazı yazılım kodları:

A. Resim üzerinde bulunan görüntünün parazitinin giderilmesine yönelik kodlar aşağıdaki gibidir:

```
RGB = imread('225726suz.bmp');
I = rgb2gray(RGB);
J = imnoise(I, 'gaussian', 0, 0.225);
imshow(J(200:4000, 1:2000));
```



Şekil:A.1. Ham görüntü(solda),Gürültü giderilmiş görüntü (sağda)

B. Resmin bir bölümünün kırılması uygulamasının kodları aşağıdaki gibidir:

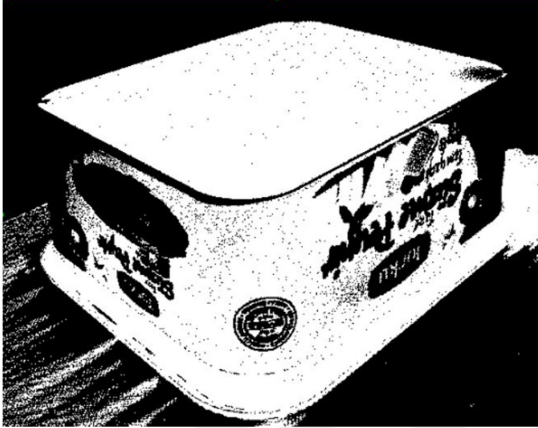
```
Im = imread('225726suz.bmp');
Im2 = imcrop(Im, [37 58 183 130]);
imshow(Im), figure, imshow(Im2)
```



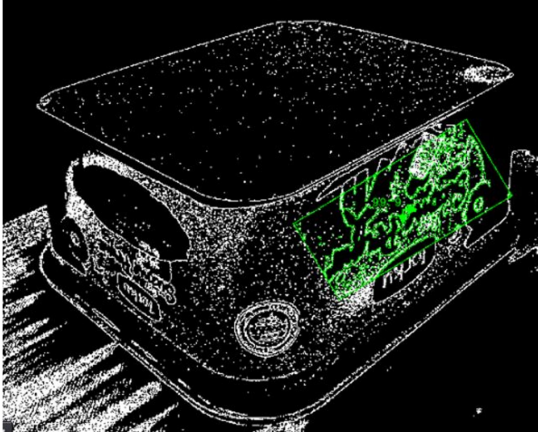
Şekil:A.2. Orjinal resim (solda),Kırılmış resim (sağda)

C. Kenar tayini uygulaması için kullanılan kodlar aşağıdaki gibidir:

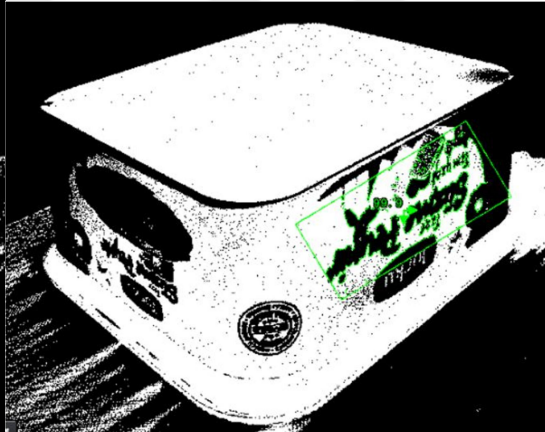
```
I = imread('225726suz.bmp');
imshow(I)
BW1 = edge(I, 'sobel');
BW2 = edge(I, 'key');
figure;
imshowpair(BW1, BW2, 'montage')
```



Şekil:A.3. Referans resim



Şekil:A.4. Sobel filtresi uygulama görünümü



Şekil A.5. Keyence kenar bulma görünümü

D. Referans resim ile kıyas ürünün benzerlik incelemesini içeren kodlama aşağıdaki gibidir:

```
function resim_benzerlik(pic1,pic2)
pic1 = imread('225726suzref.bmp');
pic2 = imread('225713suzkıy.bmp');
[x1,y1,z1] = size(pic1);
if (z1==1);
else
```

```

pic1 = rgb2gray(pic1);
end
[x2,y2,z2] = size(pic2);
if(z2==1);
else
pic2 = rgb2gray(pic2);
end
edge_det_pic1 = edge(pic1,'prewitt');
edge_det_pic2 = edge(pic2,'prewitt');
OUTPUT_MESSAGE = ' Aynı resim ';
OUTPUT_MESSAGE2 = 'Farklı resim ';
matched_data = 0;
white_points = 0;
black_points = 0;
x=0;
y=0;
l=0;
m=0;
for a = 1:1:x1
for b = 1:1:y1
if(edge_det_pic1(a,b)==1)
white_points = white_points+1;
else
black_points = black_points+1;
end
end
end
for i = 1:1:x1
for j = 1:1:y1
if(edge_det_pic1(i,j)==1)&(edge_det_pic2(i,j)==1)
matched_data = matched_data+1;
else;
end
end
end
total_data = white_points;
total_matched_percentage = (matched_data/total_data)*100;
if(total_matched_percentage >= 90)
total_matched_percentage
OUTPUT_MESSAGE
else
total_matched_percentage
OUTPUT_MESSAGE2
End

```


ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : İsmet Fatih ŞEKEROĞLU
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Konya / 15.04.1987
Telefon : 0.533.5768123
Faks :
E-Posta : ismet@sekeroglu.com.tr

EĞİTİM

Derece	Adı	İlçe/İl	Bitirme Yılı
Lise	: Özel Büyükkoyuncu Fen Lisesi-Selçuklu/KONYA		2004
Üniversite	: Tobb Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi/Makine Mühendisliği/ANKARA		2011
Yüksek Lisans	: Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü / Makina Müh. A.B.D / Makina Teorisi ve Dinamiği B.D.		Devam ediyor
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2011	Şekeroğlu Kimya ve Plastik A.Ş	Ar-Ge Merkezi Yöneticisi

UZMANLIK ALANI: Endüstriyel Otomasyon, Görüntü İşleme

YABANCI DİLLER: İngilizce (iyi), Almanca (orta)

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR

Şekeroğlu, İ. F. ve Kalyoncu, M., 2019, Mathematical Modelling in Image Processing for Quality Control of Rigid Plastic Food Packaging manufacturing process, *International Conference on Mathematics and Mathematics Education, July 11-13, 2019, Konya*