İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PET ŞİŞE DOLUM HATLARINDA PC TABANLI ÜRÜN KONTROLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Kutsal BAŞER

Anabilim Dalı : DİSİPLİNLER ARASI

Programı : MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ

EYLÜL 2006

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PET ŞİŞE DOLUM HATLARINDA PC TABANLI ÜRÜN KONTROLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Kutsal BAŞER
(518021023)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12 Eylül 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 14 Eylül 2006

Tez Danışmanı : **Y.Doç.Dr. Levent OVACIK**

Diğer Jüri Üyeleri **Prof.Dr. Tayfun AKGÜL (İ.T.Ü.)**

Prof.Dr. Bilge GÜNSEL (İ.T.Ü.)

EYLÜL 2006

ÖNSÖZ

Bu çalışmada PET şişe su dolum hatlarında, temel bilgisayar ve çevresel bağlantıları kullanılarak, bir PC kamera ile ürün kontrolü yapılması gösterilmiştir. Buna göre çok pahalı sistemler yerine, bilinen genel yöntemler kullanılarak üretim hattı üzerinde uygun olmayan ürünlerin nasıl yakalanacağı gösterilmiştir.

Çalışmada katkı ve desteğinden dolayı Sayın hocam Y.Doç.Dr. Levent OVACIK ve Nestle Waters Bursa Fabrika Müdürümüz Sayın Gıda Y.Müh.Volkan ERKUTLU'ya teşekkürü borç bilirim.

Eylül 2006 **Kutsal BAŞER**

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **v**
TABLO LİSTESİ **vi**
ŞEKİL LİSTESİ **vii**
SEMBOL LİSTESİ **ix**
ÖZET **x**
SUMMARY **xi**

1. GİRİŞ **1**
1.1. Genel Bakış 1
1.2. Çalışmanın Amacı 1
1.3. Çalışmanın Kapsamı 2

2. PET ŞİŞE SU DOLUM HATLARINA GENEL BAKIŞ **3**
2.1.Genel Durum 3
2.2. Üretim Hatlarında Makineler 4
2.2.1. Pet Şişe Üretim (Şişirme) Ünitesi 4
2.2.2. Çalkalama-Dolum-Kapaklama Ünitesi 5
2.2.3. Etiketleme Ünitesi 6
2.2.4. Paketleme Ünitesi 6
2.2.5. Paletleme Ünitesi 7
2.3. Üretim Hatlarında Konveyörler 7
2.3.1. Zincir Konveyörler 7
2.3.2. Bant Konveyörler 9
2.4. Üretim Hatlarında Makine-Konveyör İlişkisi 9
2.5. Kullanılan Temel Ürün Kontrol Sistemleri 10
2.6. Gıda Ürünlerinde Güncel Uygulamalar 14

3. BİLGİSAYARLA GÖRÜ SİSTEMİNİN UYGULANMASI **16**
3.1. Genel Bilgisayarla Görü Sistem Modeli 16
3.2. Uygulanan Sistemin Donanım ve Yazılım Bileşenleri 17
3.2.1. Paralel Bağlantı Noktası ve MATLAB Data Acquisition Toolbox 20
3.2.2. PC Kamera ve MATLAB Image Acquisition Toolbox 22
3.3. Sayısal İmge 25
3.3.1. İmge Format ve Bileşenleri 26
3.3.2. Ön plan-Arka plan İstatistiksel Analizleri 28
3.4. İmge İşleme 41
3.4.1. İmge Eşikleme 42
3.4.2. İmge Filtreleme 56

3.4.3. İmge Analizi 57
3.5. Toplam Analiz Süresi 61
3.5.1. Zamanlayıcı ile Tetikleme 63
3.5.2. Ürün ile Tetikleme 64
3.6. Ürün Atma Sistemi 66

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME 70

KAYNAKLAR 71

ÖZGEÇMİŞ 73

KISALTMALAR

CCD	: Charged Coupled Device
CMOS	: Complementary Metal Oxide Semiconductor
DAT	: Data Acquisition Toolbox
FOV	: Field of View
IAT	: Image Acquisition Toolbox
IPT	: Image Processing Toolbox
PC	: Personal Computer
PET	: Polyethylene Terephthalate
PLC	: Programmable Logical Controller
ROI	: Region of Interest
SMF	: Sample Moment Function
USB	: Universal Serial Bus

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1 : Gıda ürünlerinde seçilmiş bazı uygulamalar..... 15
Tablo 3.1 : Paralel bağlantı noktası giriş- çıkış uç tanımlamaları…..... 21
Tablo 3.2 : Testte kullanılacak momentlerin histogram analizinde anlamları..... 31
Tablo 3.3 : Farklı bileşenlere ait ortalama, standart sapma ve skewness (Test 1)... 35
Tablo 3.4 : Test imgelerinin sınıflandırılması……..……..... 36
Tablo 3.5 : Farklı bileşenlere ait ortalama, standart sapma ve skewness (Test 2).. 37
Tablo 3.6 : Farklı bileşenlere ait ortalama, standart sapma ve skewness (Test 3).. 38
Tablo 3.7 : En uygun format bileşeni seçim tablosu..... 39
Tablo 3.8 : Örnek imge histogramına ait aday eşik değerleri ve yüzdeleri..... 52
Tablo 3.9 : Farklı eşikleme yöntemlerinin mevcut test imgeleri ve binary maskeleri kullanılarak karşılaştırılması.....55
Tablo 3.10: Uygulamanın yapıldığı paketleme makineleri ve konveyör bilgileri.... 65

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1 : Üretimde ortaya çıkabilen uygun ve uygun olmayan..... 2
Şekil 2.1 : Makineler arası ürün akış bağlantısı..... 3
Şekil 2.2 : Dolum hatları makine bağlantı sırası..... 3
Şekil 2.3 : Genel mekatronik gösterim..... 4
Şekil 2.4 : Dönel tip makine çalışma gösterimi..... 4
Şekil 2.5 : PET preform şişirme makinesi..... 5
Şekil 2.6 : Paketleme makinesi..... 6
Şekil 2.7 : Şişe tabanındaki sürtünme katsayısının ölçülmesi..... 8
Şekil 2.8 : Şişe hızının konveyör bölgelerine göre değeri..... 8
Şekil 2.9 : Örnek bir sensör yerleşim düzeneği..... 10
Şekil 2.10: Endüktif yaklaşım sensörü iç yapısı 11
Şekil 2.11: Konveyör doluluk bilgisi veren endüktif sensör ve ilgili düzenek..... 11
Şekil 2.12: Kapasitif yaklaşım sensörü yapısı 12
Şekil 2.13: Cisimden yansımalı fotoelektrik yaklaşım sensörü 13
Şekil 2.14: Reflektörden yansımalı fotoelektrik sensör 13
Şekil 2.15: Makine giriş şişe hizalamasının fotoelektrik sensör ile kontrolü..... 14
Şekil 3.1 : Bilgisayarla görü alt sistemler modeli 16
Şekil 3.2 : PC tabanlı önerilen ve kullanılan sistem 18
Şekil 3.3 : Uygulanan ürün takip sisteminin PC ilişkisi ve blokları 18
Şekil 3.4 : Bir veri toplama sistemi temel diagramı 19
Şekil 3.5 : PC tabanlı bir enstrumantasyon sistemi 19
Şekil 3.6 : Matlab DAT ile Paralel port giriş çıkış örneği..... 20
Şekil 3.7 : Paralel bağlantı noktası pin gösterimi 21
Şekil 3.8 : Tipik bir sayısal kamera sistemi blok diyagramı..... 22
Şekil 3.9 : Video Input ve VideoSource nesnelerinin oluşturulması 23
Şekil 3.10: Video Input nesnesinin ayarlanabilir özellikleri..... 23
Şekil 3.11: VideoSource nesnesinin ayarlanabilir özellikleri..... 24
Şekil 3.12: Kamera değerleri alt ve üst limitlerin bulunması değerleri 24
Şekil 3.13: 3 bileşenli renk formatının bileşenleri..... 25
Şekil 3.14: RGB (240x320x3) formatlı görüntü..... 26
Şekil 3.15: YCbCr (240x320x3) formatlı görüntü 27
Şekil 3.16: Gri Ton (240x320) formatlı görüntü 27
Şekil 3.17: Sırasıyla R-G-B ve Y-Cb-Cr bileşenleri 27

Şekil 3.18: Algılama yapılacak hedef noktalar ve kullanılacak maske 28
Şekil 3.19: Yapay olarak ayrılmış ön plan, arka plan imgeleri 30
Şekil 3.20: Test edilecek R-G-B ön plan arka plan histogramları 32
Şekil 3.21: Test edilecek Y-Cb-Cr ön plan arka plan histogramları..... 33
Şekil 3.22: Test edilecek Gri ton ön plan arka plan histogramları..... 34
Şekil 3.23: Analizde kullanılacak Matlab program kodu 34
Şekil 3.24: Histogramlara ait ortalama,standart sapma ve skewness (Test 1)..... 35
Şekil 3.25: Diğer testlerde kullanılan ikinci ve üçüncü imgeler 36
Şekil 3.26: Histogramlara ait ortalama,standart sapma ve skewness (Test 2)..... 37
Şekil 3.27: Histogramlara ait ortalama,standart sapma ve skewness (Test 3)..... 38
Şekil 3.28: Farklı noktalardan alınmış ham görüntüler 40
Şekil 3.29: Üç tip bölütleme yöntemi 41
Şekil 3.30: Riddler eşikleme sonucu ve imgeler……..... 44
Şekil 3.31: Riddler yöntemi Matlab kodu…….. 45
Şekil 3.32: Kısım 3.3.2'deki analizlerde kullanılan format bileşenleri..... 46
Şekil 3.33: Otsu yöntemi Matlab kodu ve akış şeması……..... 47
Şekil 3.34: Otsu yöntemi ile elde edilen fonksiyon, eşik değeri ve imgeler..... 48
Şekil 3.35: Kapur yöntemi Matlab kodu ve akış şeması……..... 49
Şekil 3.36: Kapur yöntemi ile elde edilen fonksiyon, eşik değeri ve imgeler..... 50
Şekil 3.37: Bir önceki yöntemde kullanılan imge histogramı SMF sonucu..... 51
Şekil 3.38: SMF yöntemi için kullanılan program akış şeması……..... 52
Şekil 3.39: SMF yöntemi için kullanılan Matlab program kodu……..... 53
Şekil 3.40: Değişik eşik değerlerinde eşiklenmiş paketlenmiş ürün imgeleri..... 54
Şekil 3.41: Karşılaştırmada kullanılan Matlab program kodu……..... 56
Şekil 3.42: En uygun eşikleme sonrası elde edilen imge ve filtrelnmiş hali..... 56
Şekil 3.43: Üretim hattından alınan imge ve filtrelenmiş binary hali……..... 57
Şekil 3.44: Piksel bağlantıları 58
Şekil 3.45: Örnek binary imge ve etiket matrisi 58
Şekil 3.46: 'centerTest.m' tarafından bulunan kapak merkezleri 59
Şekil 3.47: 'centerTest.m' programı akış şeması 60
Şekil 3.48: 'centerTest.m' program parçası ve komut satırından çağırılması..... 61
Şekil 3.49: Üretim ve analiz süreçleri……..…..……..... 62
Şekil 3.50: Doğrusal makinede kamera tetikleme yöntemi ……..……..... 62
Şekil 3.51: Dönel makinede kamera tetikleme yöntemi ……..……..... 63
Şekil 3.52: Kapaklama makinesinde ilgi bölgesi ve ilgili değişkenler..... 63
Şekil 3.53: Çalışmada tetikleme amaçlı kullanılan fotoelektrik sensör..... 65
Şekil 3.54: İmge işleme ve analiz süresinin ölçülmesi 66
Şekil 3.55: Medyan filtre maske boyutuna göre başarım ve süre değerleri 66
Şekil 3.56: Kurulu sistemin resim ve devre şeması ……..... 67
Şekil 3.57: Uygulamada kullanılan 'parportGui.m' Matlab program kodu..... 68
Şekil 3.58: Uygulamada kullanılan 'parportGui.m' akış şeması……..... 69

SEMBOL LİSTESİ

$\mathbf{F_x}$, $\mathbf{F_y}$	**:** Yatay ve dikey kuvvetler
$f(x,y)$, $g(x,y)$	**:** Sayısal imge
g	**:** Renk yoğunluğu seviyesi
$h(g)$	**:** Histogram
H_0, H_1	**:** Entropi
k	**:** Moment derecesi
$\mathbf{L_{ROI}}$	**:** İlgi alanı uzunluğu
$\mathbf{L}$	**:** Toplam gri ton seviyesi
$m(x,y)$	**:** İmge maskesi
m_0, m_1	**:** Ortalama değer
$\overline{m_0}, \overline{m_1}$	**:** Ağırlıklandırılmış ortalama
n	**:** Birim zamanda geçen şişe sayısı
$\mathbf{N}$	**:** Toplam geçen şişe sayısı
$\mathbf{N_4}$, $\mathbf{N_8}$	**:** 4 ve 8'li piksel komşuluğu
$p(g)$	**:** Toplam renk yoğunluğu seviyesi
$\mathbf{Q_p}$	**:** Üretim hızı
x, y	**:** İmgede piksel koordinatları
$\mathbf{X_I}$, $\mathbf{X_{II}}$	**:** Konveyör bölgeleri
$\mathbf{T}$	**:** Analiz periyodu
$\mathbf{T}$, $\mathbf{T_o}$	**:** Eşik değeri
$\mathbf{\nu_c}$, $\mathbf{\nu_m}$	**:** Konveyör hızları
$\mathbf{\mu}$	**:** Sürtünme katsayısı
$\mathbf{\mu_0}$, $\mathbf{\mu_1}$	**:** Birinci moment
$\mathbf{\mu 3_0}$, $\mathbf{\mu 3_1}$	**:** Üçüncü moment (skewness)
$\mathbf{\Delta_b}$	**:** Şişe aralığı
$\mathbf{\omega_0}$, $\mathbf{\omega_1}$	**:** Sıfırıncı moment
σ_0, σ_1	**:** Standart sapma

PET ŞİŞE DOLUM HATLARINDA PC TABANLI ÜRÜN KONTROLÜ

ÖZET

Bu çalışmada, endüstrinin her alanında kullanılmakta olan bilgisayar ve bilgisayar çevre aygıtlarını kullanarak maliyet, basitlik ve kararlı çalışma gibi kriterler ön planda tutularak, ürüne özel bir ürün kontrol sistemi tasarımı ve uygulaması yapılmıştır. Çalışmanın yapıldığı PET şişe su üretim ortamı, değişik hızlarda çalışan üretim hatlarından oluşmaktadır, ancak çalışma belirli makinelerde ve belirli noktalarda yapılmıştır. Kullanılan sistem ise görsel olarak ürün durumunu takip edecek olan PC kamera ve bilgisayar donanım ve yazılımıdır.

Çalışmada, önerilen sistem için, önce en uygun kamera görüntü renk formatı olan YCbCr formatının Cb bileşeninin deneysel olarak seçimi yapılmıştır. Daha sonra da en uygun eşik noktasının bulunması için literatürde bilinen en genel eşikleme yöntemleri araştırılmış, test imgelerinde yapılan karşılaştırılmalar sonucunda en uygun yöntem olarak örnek moment fonksiyonu kullanılmıştır. Sonuç olarak temel imge işleme yöntemleri ve analizle uygun olmayan ürünlerin kararlı bir şekilde algılanması gösterilmiştir. Mekatronik bileşenlerden oluşan üretim hattı, sensör ve aktüatörler ile sisteme gerekli bilgiyi (tetikleme) sağlamakta ve analiz sonucunu da yine sistemden eş zamanlı olarak almaktadır. Uygulamanın yapıldığı hat noktasına göre, gerçek zamanlı çalışan sistemler kadar iyi sonuçlar alınabilmektedir.

Hatlarda kullanılan konveyörler üzerinde çok çeşitli tipte sensörler bulunmakta ve kısmen bu sensörler ürün durumunu izlemektedir. Ancak oldukça kısıtlı olan katkıları ve üretim ortamlarında yaptıkları arızalar göz önüne alınırsa en iyi çözümün ihtiyaca göre kolayca programlanabilecek ve temassız olarak ürünleri teker teker veya grup halinde izleyebilecek bir sistem olduğu düşünülmektedir. Çalışmada hangi noktalarda ne tip izleme (tetikleme) yapılacağı gösterilmiştir.

.

PC BASED PRODUCT CONTROL ON PET BOTTLING LINES

SUMMARY

In this study a product specific manufacturing control system is designed and applied by using PC and PC peripheral devices which has been used in every field of industry. Design and application is made, by taking cost, simplicity and stability criterias in account. Production environment is composed of many lines with different speeds, but this study has been carried out on specific machinery and specific nodes. The working system is PC camera and computer hardware and software that to control product condition visually.

In the study, first, choice of YCbCr, which is the most convenient camera image format, and its Cb component is carried out experimentally. Then to detect the threshold points, different methods in the literature are compared by using test images where it is shown that the most convenient method is sample moment function to detect the threshold point. Finally by using basic image processing techniques and analysis, detection of faulty products is shown. The production line which is equipped with mechatronics components, by sensors and actuators, is providing required signal (trigger) and taking the result of the analysis from the system synchronously. Depending on the application points ont the lines, good results can be seen as real time systems.

There are also various kinds of sensors are in use on the conveyors and they partially inspecting the product condition. But taking their limited contribution and their failures, it is thought that, the best solution will be a simply programmable system when needed and inspecting the products one by one or as groups. In the study, kinds of inspection depending on the nodes is shown.

1. GİRİŞ

1.1 Genel Bakış

Günümüzde kullanım alanları çok genişleyen kişisel bilgisayarlar, işlem kapasitesinin de artması ile tüm alanlarda belirgin bir şekilde kullanılmaktadırlar. Endüstriyel gerçek zaman uygulamalarında ise kişisel bilgisayarlar, genelde arayüz olarak veya kendisine eklenen gerçek zaman donanımları desteğiyle doğrudan kullanılmaktadırlar.

Bilgisayar teknolojisinin ilerlemesi, beraberinde diğer aygıtların da aynı oranda gelişmesini getirmiştir. Aygıt kapasiteleri ile veri aktarım hızları da yüksek değerlere ulaşmıştır. Örneğin bu çalışmada kullanılan PC kameralar, USB 1.1 ve daha sonra geliştirilen USB 2.0 standartlarında sırasıyla 12 Mb/s ve 480 Mb/s hızlarında bilgisayara aktarım yapabilmektedirler [1]. Maliyet olarak kamera gibi çevresel aygıtlar bilgisayarlara göre çok daha hızlı bir şekilde cazip hale gelmektedirler. Artan hız ve kalite, düşen maliyetler sayesinde basit kullanım amaçlı bu aygıtlar kullanılarak bazı önemli uygulamalar yapılmaktadır. Örneğin evlerde güvenlik amaçlı olarak ağ üzerinden kullanımları konusunda çalışmalar yapılmıştır [2].

Genelde bilgisayarlar ve çevresel aygıtları her ne kadar tam olarak gerçek zaman uygulamalarında doğrudan kullanılamasalar da, destek verilecek uygulamanın akışını aksatmayacak şekilde istenen süre, işlemi gerçekleştirmesi için yeterliyse endüstriyel ortamlarda da kullanılması gayet doğal karşılanmalıdır.

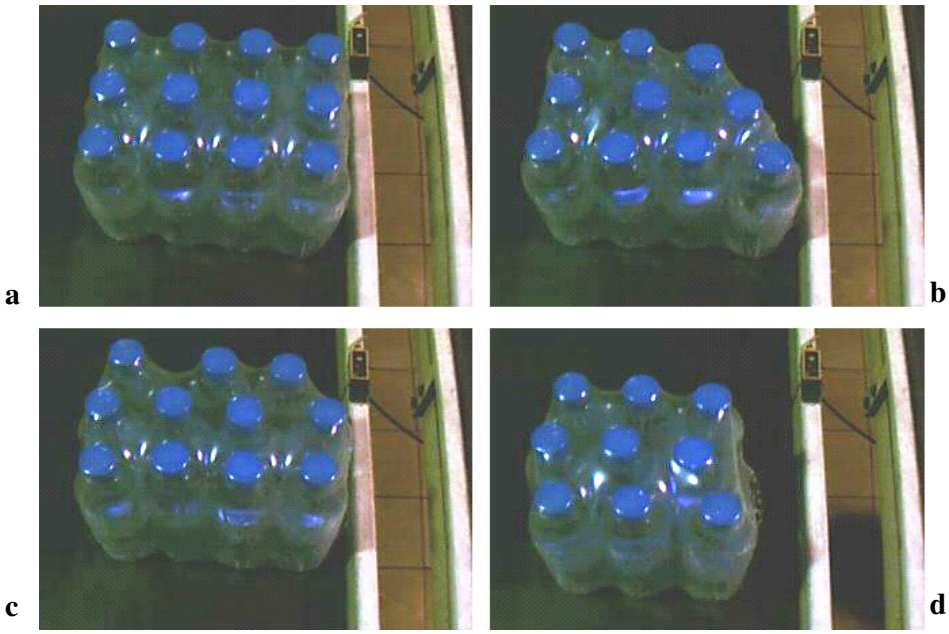
1.2 Çalışmanın Amacı

Yüksek miktarlarda yapılan üretimlerde, makineleşme ne kadar fazla da olsa, insan faktörü göz ardı edilemez. Özellike gıda ve içecek sektöründe her bir makine operatörü veya hat işçisi diğer sektörlere göre üretim kalite kontrol sisteminin bir parçası olarak görevini yapmak zorundadır. Bu açıdan bakıldığında yeterince yoğun olan üretim ortamı insan kontrolü ile beraber makine kontrolüne de ihtiyaç duymaktadır. Bu amaçla üretim hattı üzerindeki makineler ve konveyörler üzerinde ürün takibi yapılabilmesi için iyi analiz edilmeli, özellikle ürün kontrol süreleri iyi

hesaplanıp ona göre bu işi yapacak sistem kurulmalıdır. PET şişe su dolum hatları bu açıdan bakıldığında bu amaca uygun bir yapıya sahiptir. Ürünün hızlı aktığı ve tek tek kontrolünü gerektiren bazı noktalarda yüksek maliyetli hızlı sistemler gerekse de, bazı noktalarda da uygun konum ve kontrol süreleri ayarlanarak önerilen sistemle takip edilebilirler.

1.3 Çalışmanın Kapsamı

Bu çalışmada PC tabanlı sistem çevresel birimler olarak PC kamera ve hat üzerinde kurulu mekatronik elemanlarla ortak çalışmakta, bağlantı noktası olarak da paralel bağlantı noktası kullanılarak maliyet ve ek donanım ihtiyacı en temel seviyede tutulmuştur. Aslında yüksek üretim hızlarında her bir şişeyi tek tek kontrol edebilen çok pahalı sensör görü sistemleri ticari olarak bulunabilse de, PC tabanlı bir sistemin maliyeti böyle bir ticari sistemden çok ucuz olmaktadır [3]. Bu sebeple Kısım 3.5'de gösterildiği gibi en uygun kontrol noktası ve zaman aralığı ayarlanırsa başarılı sonuçlar alındığı gösterilmiştir. Bu çalışmada kullanılan PC tabanlı sistem tarafından algılanması istenen ürün imgeleri Şekil 1.1'de görülmektedir. Buna göre uygun ürünün (a) diğerlerinden farklı olarak belirli bir düzende olması gerekirken diğerleri (b,c,d) çok değişik şekillerde olabilmektedir.

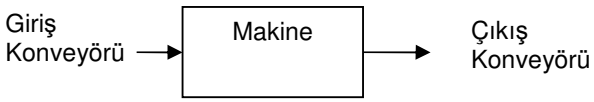


Şekil 1.1 : Üretimde ortaya çıkan (a) uygun, (b,c,d) uygun olmayan ürünler

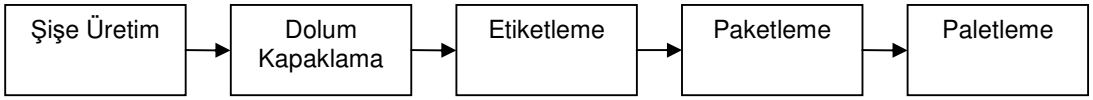
2. PET ŞİŞE SU DOLUM HATLARINA GENEL BAKIŞ

2.1 Genel Durum

Üretim bandları şeklinde kurulan PET şişe su dolum hatları temelde Şekil 2.1'deki gibi makineler ve konveyörlerden oluşmaktadır. Her makine veya ünite bir sonraki makine veya üniteye konveyörler ile bağlıdır. PET şişe su dolum hatları genel olarak baştan sona Şekil 2.2'de gösterildiği gibi bir yapıda oluşmaktadırlar.

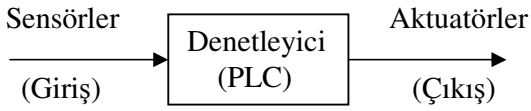


Şekil 2.1 : Makineler arası ürün akış bağlantısı



Şekil 2.2 : Dolum hatları makine bağlantı sırası

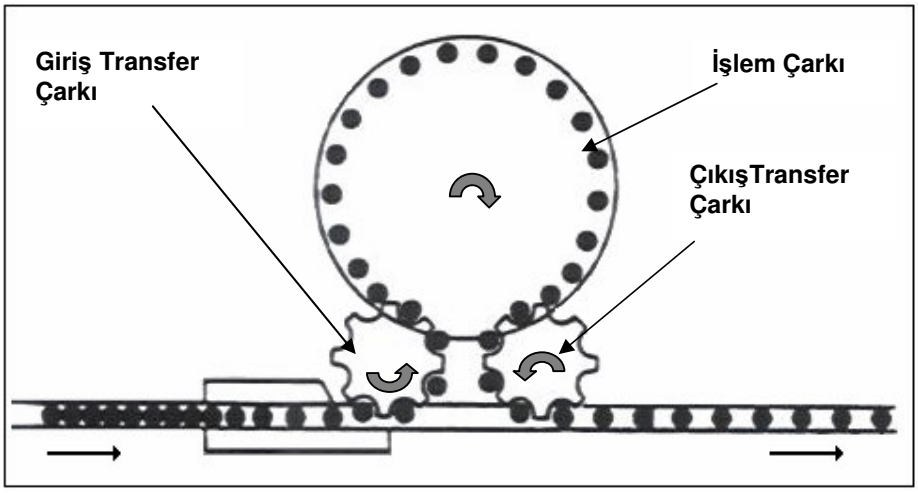
Hatlar üzerinde herbir makine ve konveyör de kendi içinde, tüm mekatronik sistemlerde olduğu gibi, girişler ve çıkışları olan bir kumanda sistemine sahiptir (Şekil 2.3). Denetleyici olarak PLC'ler veya benzer fonksiyona sahip mikroişlemci tabanlı üniteler kullanılmış olup, bazı sistemlerde operatör panel veya PC tabanlı sistemler de daha esnek bir arayüz için kullanılmaktadır. Her makine yapılan üretim işlemine göre ve makine çalışma prensibine göre özelleşmiş sensör - aktüatör sistemleri kullanmaktadır. Bunun dışında ortamın fiziksel şartları da kullanılan elemanların belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Örneğin yoğun su ve nem şartlarında kullanılan elemanlar bu şartlara uygun olarak seçilmektedir.



Şekil 2.3 : Genel mekatronik gösterim

2.2 Üretim Hatlarında Makineler

Su ve içecek hatlarında makineler genelde dönel tip olup temel olarak giriş çıkış çarkları ve işlem çarkından oluşur (Şekil 2.4). İşlem çarkına giren şişe, bu çarktan çıkana kadar ilgili süreç tamamlanmış olur. İşleme göre, çark boyunca yıkama, dolum, kapaklama veya etiketleme yapılır. Bunun dışında doğrusal çalışan makineler de genelde paketlemeden itibaren kullanılmaktadır. Bu tip makineler ürünleri gruplar halinde doğrudan alarak ilgili işlemi gerçekleştirirler.



Şekil 2.4 : Dönel tip makinede gerçekleştirilen işlem gösterimi

2.2.1 PET Şişe Üretim (Şişirme) Ünitesi

Şişirme üniteleri, preform adı verilen PET (Polyethylene Terephthalate) tüplerinin önce infrared fırında ısıtılıp ardından şişe kalıbı içerisine alınarak 40 bar hava basıncı yardımıyla şişirilip şekillendirilme işleminin gerçekleştirildiği ünitelerdir. Genelde dönel tip olan bu makineler genel olarak ısıtma fırını ve şişirme ünitesinden oluşur. Bazı tiplerde preformun oluşturulduğu enjeksiyon ünitesi de bulunmaktadır.

Ürün takibi açısından bu ünitelerde genelde yüksek anahtarlama hızında çalışan optik sensör, hızlı sayıcı grupları kullanılarak, çıkan şişenin kabaca boyutu kontrol edilir. Uygun olmayan (tam şişirilemeyen veya patlayan) şişeler pnömatik mekanik bir kolla makina dışına atılır. Şekil 2.5'de bu makineye ait bir resim görülmektedir.



Şekil 2.5 : PET preform şişirme makinesi

2.2.2 Çalkalama-Dolum-Kapaklama Ünitesi

Bu ünite genelde ardışık olarak bağlanmış ve tek bir tahrikle çalışan (mono block) dönel makinelerden oluşur. Üç ana çark (Çalkalama , Dolum ve Kapaklama çarkları) ve aralarında geçişi sağlayan transfer çarklarından oluşmuştur. Bir çarktan işlemini tamamlayarak çıkan şişe, bir sonraki işlem için diğer çarka girerek oradaki işlemden de geçer. Bu şekilde çalkalama-dolum-kapaklama ünitesine giren şişe, çalkalanmış (yıkanmış), doldurulmuş ve kapaklanmış olarak bu üniteden çıkar. Şişenin bu üniteye girişi tüm dönel makinelerde olduğu gibi bir şişe ayırıcı sonsuz vida ile yapılır. Bunun kullanılma sebebi arka arkaya gelen baskı altındaki şişelerin ayrılarak, giriş çarkına uyumlu şekilde aralıklarla verilmesini sağlamaktır.

2.2.3 Etiketleme Ünitesi

Bu kısımda kapaklanmış dolu şişeler bu makinelerde otomatik olarak tutkallanarak etiketlenir. Bobin (sürekli) etiket tipler makine dönüşüyle önce uygun boyda kesilirken, hazır deste etiket tipler de doğudan yüklenerek tutkallanır ve kendi eksenleri etrafında dönmekte olan şişelere sarılır. Bu makineler dönel tip oldukları için tüm hareketler merkezi tahrik sisteminden alınır ve eşzamanlı olarak yapılır. Sonuç olarak bu ünitede giriş şişe ayırıcı sonsuz vida ile yapılır, tüm etiket hazırlama ve etiketleme işlemi bir dönme hareketi sonucunda tamamlanır.

2.2.4 Paketleme Ünitesi

PET şişe paketleme makineleri genel olarak kapaklanmış ve etiketlenmiş şişelerin toplu halde paketlemelerinde kullanılır. Paketleme malzemesi olarak karton kutu veya naylon shrink film kullanılır. Karton kullanıldığında ayrıca tutkal da kullanmak gerekirken, shrink film kullanılması halinde ısı tuneli kullanılması yeterlidir. Bu makineler paketleme işlemi gereği, kendinden öncekiler gibi, dönel makine mantığı ile çalışmamaktadır. Çok kanallı zincir konveyörlerden toplu halde giren şişeler, istenen formata göre gruplandıktan sonra paketlenmektedir.



Şekil 2.6 : Paketleme makinesi ve çıkışta ısı tuneli

Bu çalışmanın yapıldığı hatlarda paketler 6 x 1.5 litre, 12 x 0.5 litre ve 12 x 0.33 litre şeklindedir. Özellikle bu paketlerin kontrolü operatörler tarafından yapılmakta olup, yüksek üretim hızlarında dikkat edilmemesi durumunda bozuk paketler otomatik paletleme makinesinden geçip son kullanıcıya kadar ulaşabilmektedir.

2.2.5 Paletleme Ünitesi

Paketlenen mp (multipack) paketlerin sevkiyat için paletler üzerine istif edilip, daha sonra gergin film ile sarılma işleminin gerçekleştiği bu üniteler hat başlarındaki gibi dönel değildir. Kendinden önceki paketleme makinelerinde olduğu gibi toplu halde paketler konveyörden makineye girer, her kata belli bir formatta yerleşecek olan paketler bir arada gruplandıktan sonra, her kat için kaldırılıp sürülür ve isteğe bağlı olarak çok katlı bir şekilde istiflenmiş olarak palet üzerinde makineden çıkar. Rulo konveyörler yardımı ile son ünite olan gergin film sarma kısmına geçer ve otomatik olarak sarılıp forklift tarafında sevkiyat için kamyonlara yüklenmeye hazır halde alınır.

2.3 Üretim Hatlarında Konveyörler

Dolum hatlarında birçok konveyör tipi kullanılsa da, en genel anlamda kullanılanlar zincir konveyörler ve bant konveyörlerdir. Kapaklanmış ve kendi tabanı üzerinde hareket eden şişeler ürün kontrolü için de bu konveyörler üzerinde izlenmektedirler.

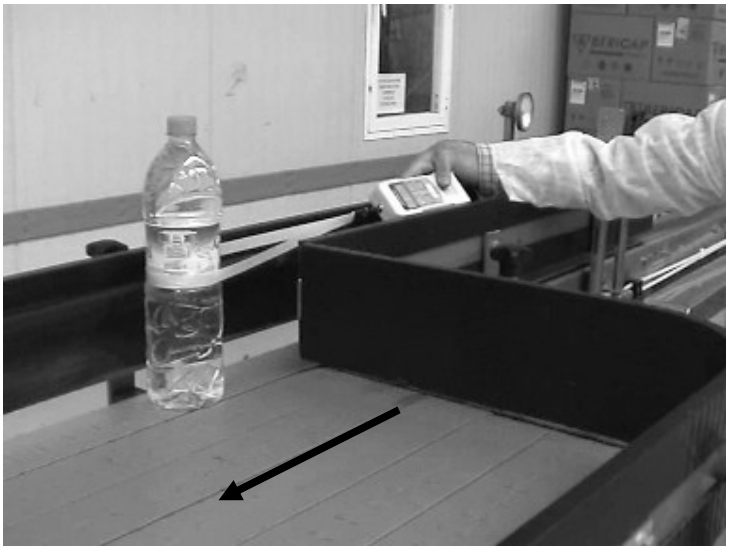
2.3.1 Zincir Konveyörler

Zincir konveyörler PET şişelerin transferinde önemli bir yer tutar. Genel olarak zincir konveyörlerin en önemli özelliği şişe transfer hızından bağımsız olarak sürekli bir hızda çalışmalarıdır. Birikmeler esnasında ürün tabanlarında oluşacak sürtünmenin azaltılması için konveyör üzerine periyodik olarak sıvı veya kuru tip kimyasal kaydırıcı dozajlanır. Konveyör üzeri sürtünme hesaplamasında ise

$$F_x = F_y \mu_s \qquad \textbf{(2.1)}$$

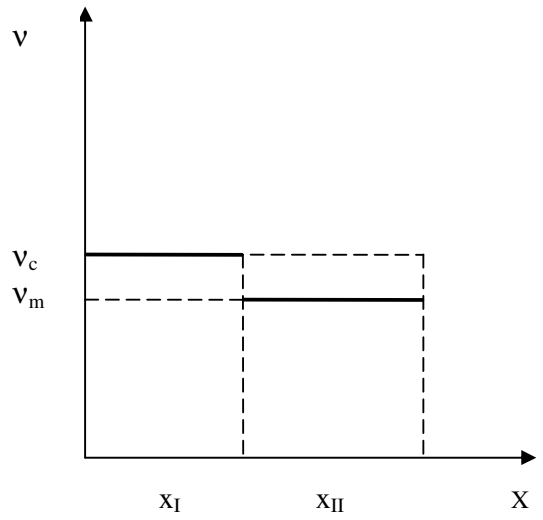
genel sürtünme formülü kullanılmaktadır. Buna göre yatayda ölçülen kuvvet, F_x, dikey kuvvet, F_y ile sürtünme katsayısının, μ_s çarpımıdır. Sürtünme katsayısının genelde 0,1-0,2 civarlarında olması düzgün bir çalışma için yeterlidir. Tabanlarda sürtünme ayarlamasıyla konveyör sonlarındaki makine girişinde sıkı bir birikme

meydana gelir. Böylece bir üst makine kesintili çalışmaktan korunmuş olur. Şekil 2.7'de bu konveyörler üzerinde kayacak şişelerin tabanları ile yüzey arasındaki sürtünme katsayısı nasıl ölçüldüğü gösterilmektedir.



Şekil 2.7 : Şişe tabanındaki sürtünme katsayısının ölçülmesi

Bu tip konveyörlerde ürün hızı konveyör hızına direk bağlı olmayıp, özellikle bir üst makinenin hızına bağlıdır. Konveyörlerde kullanılan kaydırıcı sayesinde yüksek konveyör hızına rağmen ürünler üst makinenin çalışma hızında ilerleyebilmektedir. Konveyör üzeri şişe hızının (ν), konveyör hızı (ν_c) ve üst makine hızı (ν_m) cinsinden değeri Şekil 2.8'de gösterilmiştir. x_I ve x_{II} ise sırasıyla alt makine çıkış bölgesi ve



Şekil 2.8 : Şişe hızının konveyör bölgelerine göre değeri

üst makine giriş bölgesini göstermektedir. Buna göre konveyör başlangıcında şişeler doğrudan konveyör hızında (v_c) hareket ederken, konveyör sonralarında üst ise makine hızında (v_m) hareket etmektedirler. Bunun sebebi de konveyör sonlarında (üst makine giriş bölgesi) şişelerin birikmesidir. Bu bölgedeki şişe hızı üretim hızı ve konveyör genişliğine bağlıdır. Üretim hızı normalde birim zamanda akan şişe sayısıdır. Görüldüğü gibi düşük sürtünme katsayıları sayesinde şişelerin hızı konveyör sonlarında konveyör tarafından değil üst makine tarafından belirlenmektedir.

Tek sıralı zincir konveyörler makine yapısına bağlı olarak özellikle çalkalama-dolum-kapaklama-etiketleme makine bağlantılarında kullanılır. Bunun sebebi bu makinelerdeki işlemin şişelerin tek sıra giriş çıkışına izin vermesidir.

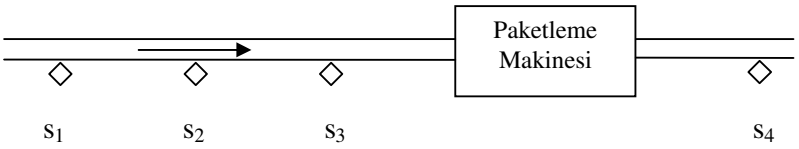
Çoklu sıralı zincir konveyörler geleneksel zincir konveyörlerin yanyana birden fazla kanal oluşturacak şekilde montajı ile oluşturulur. Kullanım yerleri de genelde paketleme makineleri girişidir. Grup halinde şişe girişi gerektiren bu makinelere şişeler çoklu sıralı zincir konveyörler yardımı ile taşınır. Bu konveyörlerin üst makine giriş kısımlarında sıkı bir birikme ve buna ek olarak sürekli dönen konveyör nedeniyle bir baskı oluşmaktadır. Bu baskı da grup halinde şişelerin makineye girişine kolaylık sağlamaktadır.

2.3.2 Bant Konveyör

Bant konveyörler şişe ve paket transferlerinde sıkça kullanılırlar ve yüksek sürtünmeleri sebebiyle üzerlerindeki ürünler de aynı hızda giderler. Bu yüzden ürünün bant konveyör üzerinde hareketi daha tutarlıdır. Çünkü sabit konveyör hızında, belirli bir zaman aralığında konumunu bulmak daha kolaydır.

2.4 Üretim Hatlarında Makine - Konveyör İlişkisi

Makineler ve konveyörler arasında kesintili çalışmayı en aza indirmek için çok sıkı bir kontrol sistemi çalışmalıdır. Her makine ürün giriş çıkışı konveyörlerindeki doluluk derecesini görmek için sensörler aracılığıyla bu konveyörler üzerindeki belirli noktaları sürekli izler.



Şekil 2.9 : Örnek bir sensör yerleşim düzeneği

Şekil 2.9'da verilen örneğe göre s_1: Makine durdurma sensörü (giriş: boş), s_2: Makine yavaş moda geçiş sensörü, s_3: Makine hızlı moda geçiş sensörü, s_4: Makine durdurma sensörü (çıkış: dolu) bilgileri bu makineye bağlı giriş ve çıkış konveyörlerindeki yerleşik sensörlerden alınmakta ve makine bu bilgilere göre çalışmaktadır.

2.5 Kullanılan Temel Ürün Kontrol Sistemleri

Dolum hatlarında ürün takibi sensörlerle yapılmaktadır. Kullanılan sensör tipi de uygulama şekline göre değişmektedir [3]. Genel olarak sensörler, tüm mekatronik sistemlerde olduğu gibi, dış dünyadan giriş elemanları olarak kullanılmaktadır. Hat üzerindeki makinelerin sensör yapısı iç durum sensörleri ve dış çevresel sensörler olarak ikiye ayrılabilir:

a. İç Durum Sensörleri

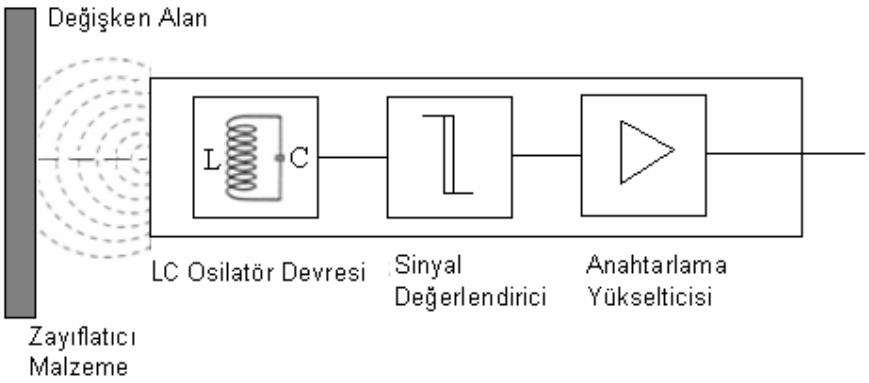
İç durum sensörleri tamamen makinenin çalışması ile ilgili olarak konum, hız, kuvvet ve tork bilgisi alma amaçlı kullanılmaktadırlar. Özellikle tahrik ve hareketli aksam üzerine yerleştirilen bu sensörler giren veya çıkan üründen bağımsız olarak makinenin genel çalışmasını izlemektedirler.

b. Dış Çevresel Sensörler

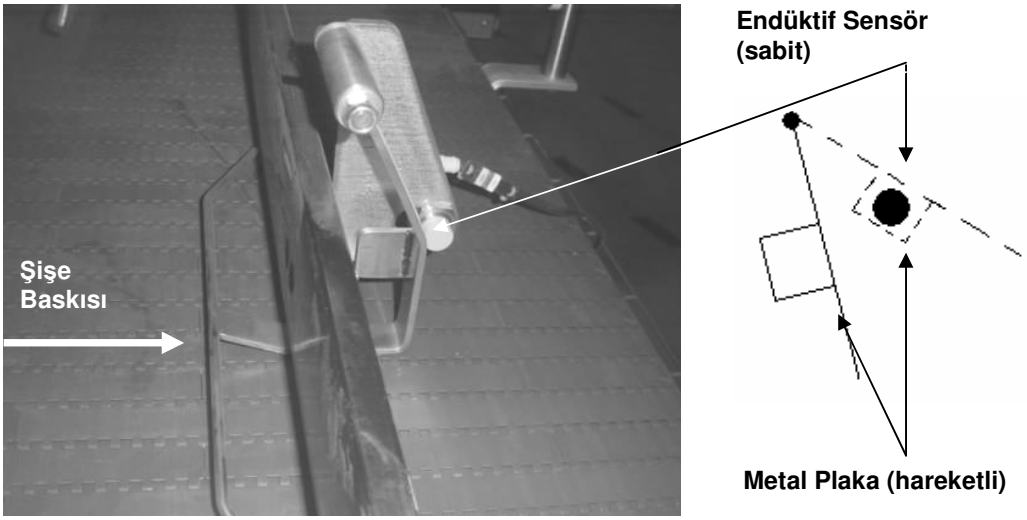
Çevresel sensörler hat üzerindeki makinelerde özellikle giriş ve çıkış konveyör bağlantı noktalarında ürün durumunu izleme amaçlı olarak temaslı ve yaklaşım sensörü olarak iki şekilde kullanılmaktadırlar. Genelde ürün takibi işlemleri bu tip sensörlerle yapılmakta olup, bu takibin sadece ürün kalitesi açısından değil, aynı zamanda makinenin çalışmasını da olumsuz etkileyebileceği unutulmamalıdır. Kapaksız veya devrilmiş bir şişe, örneğin, etiket veya paketleme makinesinde sıkışma veya ıslatma yapacağından dolayı sistemin duruşuna sebep olmakta ve verimlilik kaybı meydana gelmektedir.

Endüktif Sensörler

Yaklaşım sensörü olarak indüktif sensörler metal algılama özellikleri ile konveyör ve makinelerde sıkça kullanılmaktadır. Prensip olarak LC osilatör devresi, sinyal değerlendirici ve anahtarlama yükseltici katından oluşur (Şekil 2.10). Genelde çalışma şekli osilatör katı sargısı tarafından oluşturulan yüksek frekanslı bir elektromanyetik alternatif alan sensörün algılama yüzeyi tarafından yayılır [4]. Eğer zayıflatıcı bir malzeme yüzeye yaklaşırsa girdap ve histerezis akımları kayıpları oluşur. Bu kayıp, osilatör devresinden enerji çeker ve osilasyonu düşürür. Sinyal değerlendirme devresi bu zayıflamayı algılar ve anahtarlama yükseltici katı ile çıkış sinyaline dönüştürür.



Şekil 2.10 : Endüktif yaklaşım sensörü iç yapısı

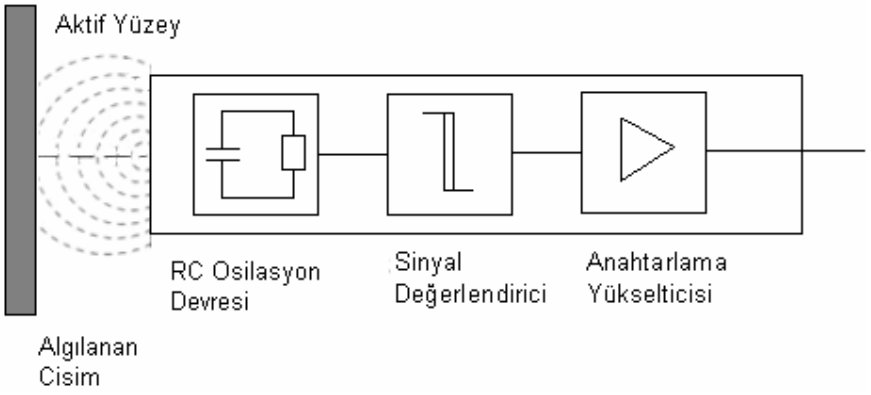


Şekil 2.11 : Konveyör doluluk bilgisi veren endüktif sensör ve ilgili düzenek

Her ne kadar ürün olarak PET şişe ve su doğrudan metal algılama ile algılanamasa da Şekil 2.11'de gösterilen örnekte olduğu gibi dolaylı olarak algılamada sıkça kullanılmaktadırlar. Endüktif sensörler su dolum hatlarında genel olarak konveyör üzeri şişe durumu ve makinelerdeki sıkışmaları algılama amaçlı kullanılırlar.

Kapasitif Sensörler

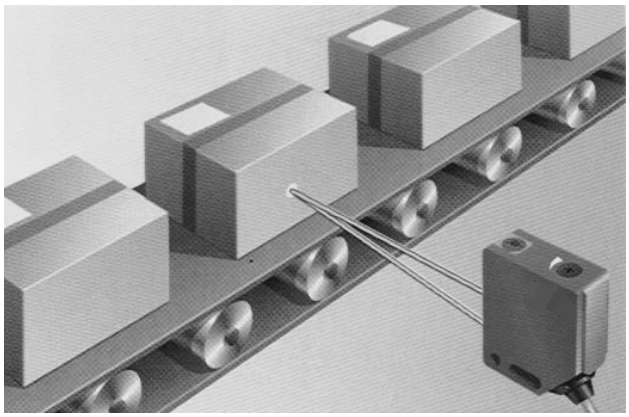
Endüktif sensörlerden farklı olarak kapasitif sensörler metal veya metal olmayan malzemelere karşı duyarlıdır. Bu tip sensörlerde aktif eleman olarak sensör elektrodu ve koruma kılıfından oluşan bir kapasite elemanı içerir (Şekil 2.12). Sensöre bir cisim yaklaştığında kapasite elemanında yük artması meydana gelmektedir. RC osilasyon devresinin kapasitesi dışardan cisim yaklaştığında sığası artacak şekilde tasarlanmıştır. Osilasyon ise bu sığa artışına bağlı olarak başlayacak şekilde ayarlanmıştır. Sonuçda algılama yüzeyine cisim yaklaştığında osilasyon başlangıcı sinyal değerlendirici tarafından algılanmakta ve anahtarlama yükselticisi tarafından da çıkış sinyaline dönüştürülmektedir. Bu tip yaklaşım sensörleri genelde direkt ürün temaslı uygulamalarda kullanılırlar. Hatlarda en çok kullanıldığı durumlar kapak kontrolu, PET şişe veya tanklarda su seviyesi kontrolu gibi uygulamalarıdır.



Şekil 2.12 : Kapasitif yaklaşım sensörü yapısı

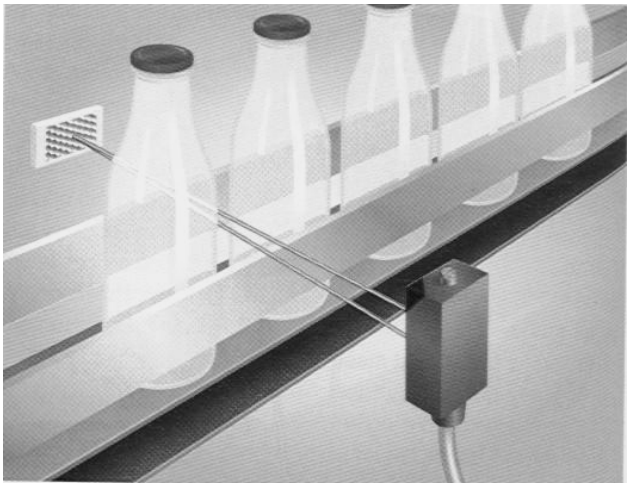
Fotoelektrik Sensörler

Fotoelektrik sensörler PET şişe hatlarında sıkça kullanılan sensör tipleridir. PET şişenin yapısı ve uygulanan makine/konveyör noktasına bağlı olarak değişik yapılarda olabilirler. Şişe veya konveyör durumuna göre cisimden yansımalı (Şekil 2.13 arka plan bastırma, ön plan bastırma) yaklaşım tip, reflektörden yansımalı (Şekil 2.14) anahtar tip gibi farklı tipler mevcuttur [4].



Şekil 2.13 : Cisimden yansımalı fotoelektrik yaklaşım sensörü

Dolum hatlarında ürün algılamasında temassız ve PET gibi saydam malzemeleri algılayabildikleri için çokça kullanılan bu sensörler, son yıllarda birçok uygulama için özel geliştirilerek, akıllı algılayıcılar haline gelmişlerdir. Maliyetleri çok yüksek olan bu sensörler yerine bu çalışmada kapak tanıma uygulaması yapılmıştır.



Şekil 2.14 : Reflektörden yansımalı fotoelektrik sensör

Reflektörlü tip fotoelektrik sensörler konveyör üzerinde kullanım için oldukça elverişli bir yapıya sahiptirler. Bu çalışmada da PC kamera tetikleme amaçlı olarak reflektörlü bir sensör kullanılmıştır. Özellikle küçük nesneler üzerinde ve daha hassas uygulamalarda bu tip sensörler tercih edilmektedir.



Şekil 2.15 : Makine giriş şişe hizalamasının fotoelektrik sensör ile kontrolü

Şekil 2.18'de ise bir paketleme makinesi girişinde reflektörlü fotoelektrik sensörün farklı bir uygulaması örnek olarak gösterilmiştir. Buna göre 4 kanal zincir konveyör üzerine yerleştirilmiş olan plastik parçalar, normal şişe akışı durumunda yatay pozisyonda kalacakları için sensör ile reflektör arasına giremeyecekler, ancak herhangi bir şişe devrilmesi veya sıkışması durumunda ise en az bir tanesi ışını keseceği için sistem algılama yapacaktır. Bu şekilde bir algılama, bu çalışmada önerilen PC kameralı PC tabanlı sistem ile de gerçeklenebilir bir uygulamadır.

2.6 Gıda Ürünlerinde Güncel Uygulamalar

PC tabanlı ürün takibi gıda ürünlerinde ürün kalitesinin arttırılmasında bilinen bir uygulamadır. Diğer birçok ürünlerden farklı olarak gıda ürünlerindeki takip sistemleri yüksek kalite ile gıda güvenliği standartlarını da karşılamak durumundadır. Bu nedenle en ideal takip, temassız ve otomatik olarak uzaktan yapılan takiptir. Normalde çok pahalı olan ticari ürün takip sistemlerinin bulunmadığı üretim şartlarına bu iş makine operatörleri tarafından yapılmakta, dolayısıyla yüksek üretim hızlarında hem verimlilik hem de kalite riskleri doğmaktadır. Gıda ürün kalitesi arttırım amaçlı genel uygulamalar şu şekilde sıralanabilir [5]:

- Unlu mamüller
- Et ve balık ürünleri
- Sebzeler
- Meyveler
- Hazır gıda ürünleri
- Tahıl ürünleri
- Gıda kutulama/şişeleme

Bu çalışmalar bilgisayarla görü sistemleri üzerine kurulmuş olup değişik uygulamalarda aşağıdaki sonuçlar alınmıştır.

Tablo 2.1 : Gıda ürünlerinde seçilmiş bazı uygulamalar

Uygulama Alanı	**Hız / İşlem Süresi**	**Doğruluk (%)**
Et pirzola	1 örnek / s	90
Balık tanımlama	0,21 m/s konveyor	95
Balık ve piliç kemik tesbiti	10000 / h	99
Lahana büyüklüğü tahmini	2,2 s / örnek	-
Havuç kök/gövde birleşim yeri	10 örnek/ s	-
Elma çürüğü derecelendirme	3000 ad/ dak	94
Elma şekeri muhteviyatı	3.5 s / meyva	78
Badem delik zararı	66 / s	81
Şişe takibi	60000 / h	-

Tablo 2.1'deki sonuçlara göre yapılan bu çalışma ile ilgili olarak profesyonel sistemlerle şişe, zedelenme, yabancı madde, kapanmayan kapak, ölçü ve şekil kontrolü ile su seviyesi gibi kalite problemlerini tespit etme amaçlı 60000 şişe/saat hızlarına kadar verim alınmıştır.

Bu çalışmada ise ürün kontrol noktasının seçimine bağlı olarak, özellikle üretimin son safhasında paletleme öncesi eksik veya hatalı paketlerin markete gitmesini veya konveyörde şişe devrilmeleri sonucu oluşacak üretim kayıplarını engelleyebilir.

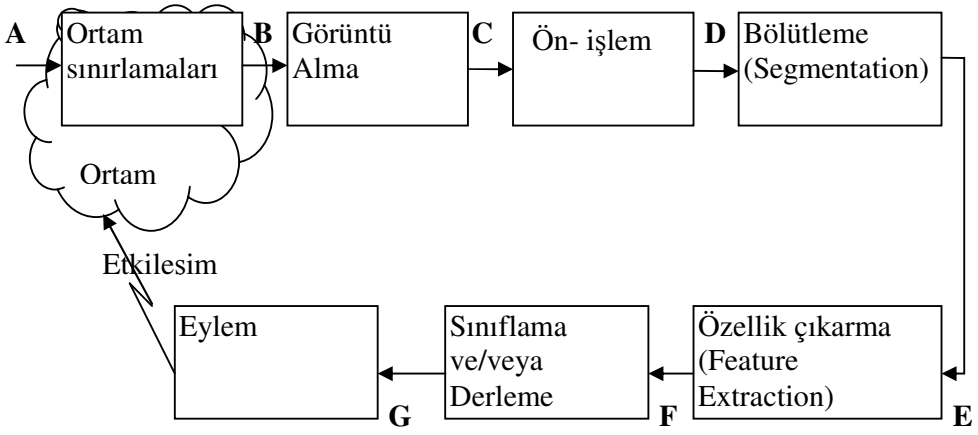
3. BİLGİSAYARLA GÖRÜ SİSTEMİNİN UYGULANMASI

3.1 Genel Bilgisayarla Görü Sistem Modeli

Görsel olarak takip yapacak bir makine veya sistem için gerekli olan fonksiyonlar aşağıdaki şekilde tanımlanabilir [6]:

- Çevresel sınırlamaların en uygun kullanımı
- Görüntünün alınması
- Bu görüntünün analizi
- Belli nesnelerin bunun içinde tanınması
- Bir sonraki işlem başlangıcı için sonuç alma

Bu yüzden bir bilgisayarla görü sistemi aşağıdaki Şekil 3.1'deki gibi tanımlanıp gösterilebilir.



Bilgi Formatı (Alt-sistemler arası)

A : Işık
B : Optik Görüntü
C : Görüntü Dizisi
D : Görüntü Dizisi
E : Görüntü Dizisi
F : Özellik Belirteçleri
G : Ortam Belirteçleri

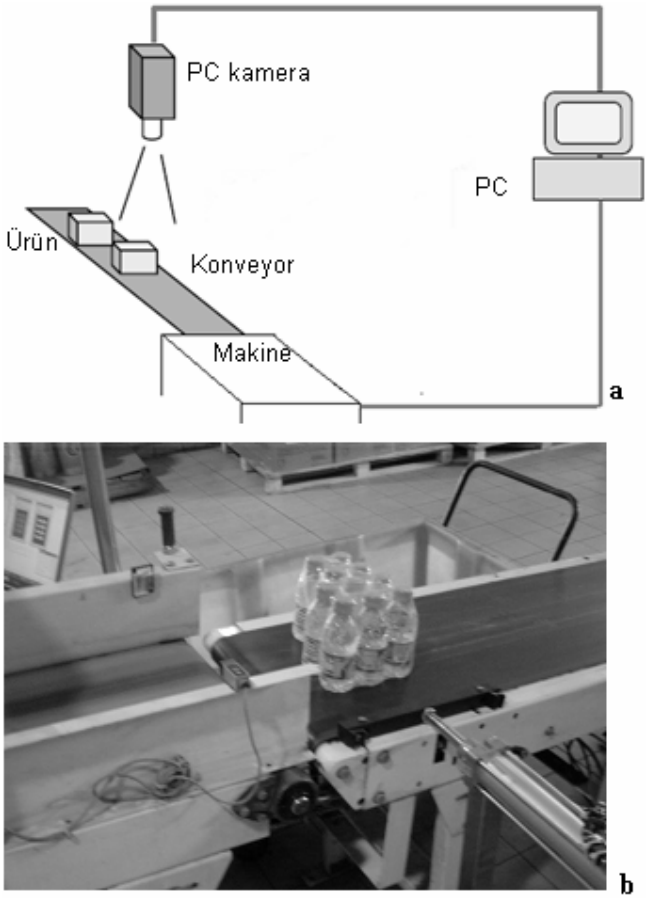
Şekil 3.1 : Bilgisayarla görü alt-sistemler modeli

Şekil 3.1'e göre doğal ortamında veya yardımcı aydınlatma ile görüntü en azından sistem tarafından algılanacak hale geldikten sonra donanım yardımı ile bilgisayar ortamına (sayısal ortam) geçirilir ve sayısal değerlerden oluşan bir dizi (matris) olarak işlenerek kendisinden bir bilgi çıkarılır. Bu bilgi alt sistemler arası değişiklik gösterse de son sistemde bu en basit anlamda evet veya hayır (uygun veya uygun değil) gibi mantıksal bir sonuca ulaşmaktadır.

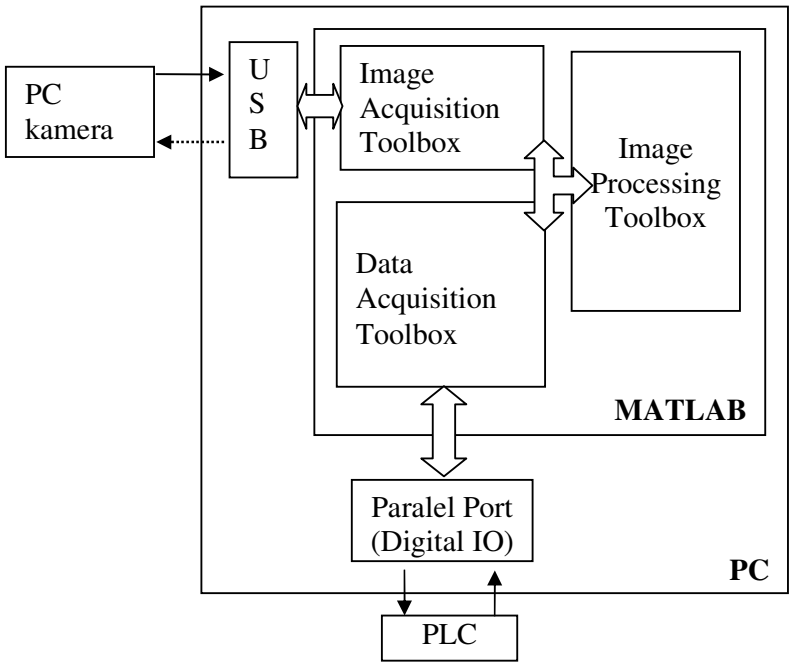
PET şişe dolum hatlarında ürün takibi düşük kapasiteli hatlarda görsel olarak operatörler tarafından yapılmasına karşın önerilen sistemde USB PC kamera ve uygun yazılımlar kullanılarak bu iş az bir maliyetle kişisel bilgisayarlar tarafından yerine getirilmektedir. Temel sistem Şekil 3.1'de gösterildiği gibi ürün takibi yapan bilgisayar, makine ve konveyör bileşenlerinden oluşmaktadır. Standart bilgisayarla görü uygulamalarında yüksek maliyetli kamera, lens, görüntü yakalama ve işlemci kartlarının kullanılmasına rağmen oldukça düşük maliyetli olan USB PC kameralı sistemler bu çalışmada harici tetiklemeli ve zamanlayıcı tetiklemeli olarak çalışmaktadır.

3.2 Uygulanan Sistemin Donanım ve Yazılım Bileşenleri

PC tabanlı ürün takibi için önerilen sistem ve uygulaması Şekil 3.2(a) ve (b)'de gösterilmiştir. Buna göre ilgili makine üzerindeki sensör - aktüatör durumlarını doğrudan okumak veya yazmak için makine kumandasını gerçekleştiren PLC ile bağlantı yapılmıştır. Kullanılan PLC programlama yazılımına göre istenen giriş - çıkış değerleri program satırları veya fiziksel bağlantılar aracılığı ile elde edilebilir. Yapılan uygulamada Simatic S5 tipi PLCler kullanılmış olduğundan artık güncel olmayan bu PLC'ler için sayısal giriş-çıkış bağlantı noktalarından doğrudan bilgi alınmıştır. Uygulama tipine göre kulanılan PLC program satırlarına değişiklikler yapılabileceği gibi fiziksel devrelerle de istenen değişikliklerin yapılma imkanı vardır. İleride de görüleceği gibi genelde en önemli kısım görüntü alımındaki tetikleme sinyalinin elde edilmesidir.



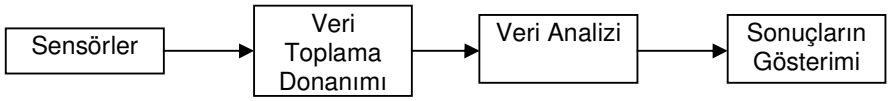
Şekil 3.2 : PC tabanlı (a) önerilen ve (b) çalışmada kullanılan sistem



Şekil 3.3 : Uygulanan ürün takip sisteminin PC ilişki ve blokları

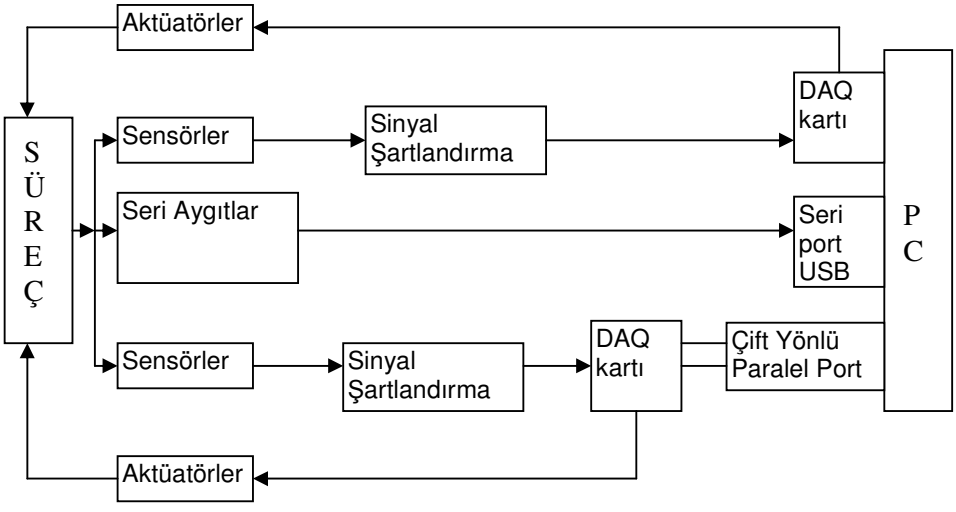
Veri toplama amaçlı bilgisayar tabanlı sistemler hergeçen gün hızla ilerleyen ve ucuzlayan teknoloji ile beraber endüstriyel uygulamalarda daha da tercih edilir hale gelmişlerdir. Mikroişlemcilerin ölçme ve enstrümantasyon alanlarında gelmiş olduğu nokta artık bilgisayar tabanlı ölçüm sistemlerini ortaya çıkarmıştır [7]. Şekil 3.4'de bir veri toplama sisteminin temel diagramı gösterilmektedir:

- Veri toplama ve enstrüman kontrol
- Veri analizi ve depolama
- Sonuçların gösterimi



Şekil 3.4 : Bir veri toplama sistemi temel diyagramı.

Süreç izlemede genel uygulamalar Şekil 3.5'de gösterildiği şekliyle gerçekleşmektedir. Buna göre değişik endüstriyel standartlarda (veri toplama DAQ kartları, seri bağlantı noktası, paralel bağlantı noktası, USB..) olan aygıtların entegrasyonu sağlanmaktadır. Bununla birlikte bilgisayar tarafında mutlaka veri toplama ve izlemi işlemini yerine getirecek bir yazılımın (MATLAB, LabVIEW .. gibi) yüklü olması gerekmektedir.



Şekil 3.5 : PC tabanlı bir enstrümantasyon sistemi.

Bu çalışmada kullanılan PC ilgili yazılımı ve donanımı karşılayacak derece güçlü olması yeterlidir. Bu amaçla PC Pentium Centrino 1.7 MHz işlemcili, USB ve paralel portları bulunan bir model kullanılmıştır. USB portu PC kamera bağlantısı, paralel port ise sensörlerden gerekli olan tetikleme sinyali girişi ve imge analizi sonucu sistemin sürece etkisi için çıkış bağlantı noktası olarak kullanılmaktadır.

3.2.1 Paralel Bağlantı Noktası ve MATLAB Data Acquisition Toolbox (DAT)

Bilgisayarlarda en basit haberleşme noktası, çift yönlü haberleşmeye de imkan veren paralel (port) bağlantı noktalarıdır. Hız olarak diğer noktalara göre çok daha düşük olan bu portlar adından da anlaşılacağı gibi tek bir bit yerine 8-bit bilgiyi paralel olarak iletebilirler [7]. Seri portlar gibi bağlantı noktası kullanımda iken okuma ve yazmaya kapalı olmayıp, aynı anda farklı programlar ortak port adreslerine okuma yazma yapabilirler.

```
>> pIn = digitalio('parallel','LPT1');
>> ki = addline(pIn,12,'in')

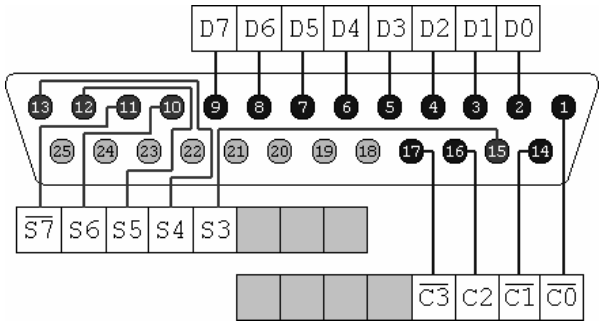
      Index:  LineName:  HwLine:  Port:  Direction:
      1           'Pin11'     4            1          'In'
>> pval=getvalue(pIn);

>> pOut = digitalio('parallel','LPT1');
>> ko = addline(pOut,0,'out');

      Index:  LineName:  HwLine:  Port:  Direction:
      1           'Pin2'      0             0      'Out'
>> putvalue(pOut,1);
```

Şekil 3.6 : Matlab DAT ile paralel port giriş – çıkış örneği

Matlab DAT kullanılarak paralel port uçlarının nasıl giriş veya çıkış olarak kullanıldığı Şekil 3.6'da örnekle gösterilmiştir. Buna göre 'digitalio' fonksiyonu kullanılarak öncelikle bir sayısal giriş - çıkış nesnesi oluşturulmalıdır. Bu nesne oluşturulurken paralel portlar için LPT1, LPT2 gibi fiziksel portlar da belirtilmelidir. Veri toplama kartları için de cihaza özel tanımlama ve numaraları girilmelidir. Portlar ve nesne belirlendikten sonra donanım hattı oluşturulması için 'addline' fonksiyonu kullanılarak, hangi uç (pin) ve giriş - çıkış yapılacağı belirlenir. Port ve uçlar belirlendikten sonra 'getvalue' ve 'putvalue' fonksiyonları ile sayısal giriş-çıkış nesnelerinden okuma ve yazma mantıksal değerler kullanılarak yapılabilir.



Şekil 3.7 : Paralel bağlantı noktası pin (uç) gösterimi.

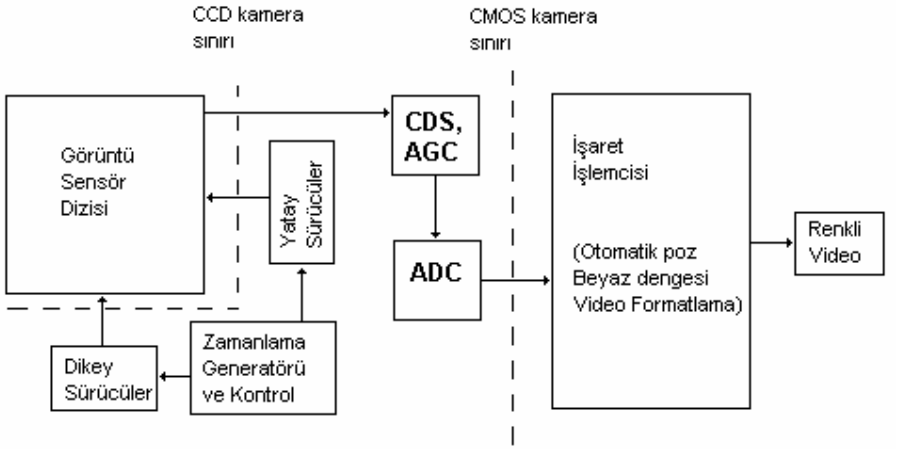
Bu çalışmada kullanım kolaylığı ve ek donanım gerektirmediğinden dolayı tercih edilen 25 Pin LPT paralel bağlantı noktası fiziksel uçları Şekil 3.7'de gösterilmiştir. Giriş olarak PC kamera tetikleme sinyali (S7, Pin 11), çıkış olarak da ürün değerlendirme sonuç bilgisi için birer bit (D0, Pin 2) veri kullanılmıştır. Aynı bağlantı noktasına ait pin numara, görev, yön ve register adları da Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1 : Paralel bağlantı noktası giriş – çıkış uç tanımlamaları

D- Tip 25 PIN No	SPP işareti	Yön giriş/çıkış	Register
1	nStrobe	Giriş /Çıkış	Control
2	Data 0	Çıkış	Data
3	Data 1	Çıkış	Data
4	Data 2	Çıkış	Data
5	Data 3	Çıkış	Data
6	Data 4	Çıkış	Data
7	Data 5	Çıkış	Data
8	Data 6	Çıkış	Data
9	Data 7	Çıkış	Data
10	nAck	Giriş	Status
11	Busy	Giriş	Status
12	Paper-Out / Paper-End	Giriş	Status
13	Select	Giriş	Status
14	nAuto-Linefeed	Giriş / Çıkış	Control
15	nError / nFault	Giriş	Status
16	nInitialize	Giriş / Çıkış	Control
17	nSelect-Printer / nSelect-In	Giriş/ Çıkış	Control
18 – 25	Gnd	Gnd	

3.2.2 PC Kamera ve MATLAB Image Acquisition Toolbox (IAT)

PC kameralar son yollarda artan görüntü kaliteleri ve düşen fiyatları ile yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Genel olarak Şekil 3.8'de görüldüğü gibi görüntü sensörü ve kamera denetleyicisinden oluşur. Renk dışında PC kameraların daha düşük kalitede görüntü vermesinin diğer sebepleri de görüntü sensörü olarak genelde CMOS sensör kullanmaları ve görüntüyü sıkıştırılmış olarak vermeleridir. CMOS sensör dışında CCD modeller de kullanılmakta ancak yüksek görüntü kalitesiyle birlikte fiyatları daha yüksek olmaktadır. Ancak CMOS sensörlü kameralar daha yüksek kalite için çalışmalar da yapılmaktadır [8]. CCD sensörlerin CMOS modellere göre daha iyi görüntü kalitesi sunmasının nedeni dolgu faktörlerinin daha yüksek olmalarıdır.



Şekil 3.8 : Tipik bir sayısal kamera sistemi blok diyagramı

Dolgu faktörü kısaca ışığı alan etkin sensör alanının tüm sensör alanına oranıdır. Bu oran CCD modellerde %100 iken CMOS modellerde %70-%80 civarındadır [9]. Şekil 3.8'de görüldüğü gibi, CCD sensörler işlemci ile beraber dikey ve yatay sürücü devreleri ile analog-sayısal dönüştürücüleri de içermezler. Ancak CMOS sensörler işlemci harici tüm devre elemanlarını sensör dizisi içinde bütünleşik olarak barındırırlar. CMOS modellerde piksel seviyesinde bu ek donanım elemanlarının sensör dizisi içinde gömülü olması sebebiyle görüntü algılama sensörleri CCD modellerde daha geniş bir alanı kaplarlar.

Matlab IAT sisteme bağlı PC kamerayı, Şekil 3.9'daki gibi standart 'winvideo' sürücüsü ile VideoInput nesnesi ile tanımlar. Daha sonrada yine Şekil 3.9'daki gibi ayarlanabilir birçok görüntü özelliklerine ayarlama imkanı veren VideoSource nesnesi de yaratılmalıdır.

```
>> vid=videoinput('winvideo')

Summary of Video Input Object Using 'Vimicro USB PC Camera (ZC0301PL)'.

  Acquisition Source(s):  input1 is available.
  Acquisition Parameters:  'input1' is the current selected source.
                           10 frames per trigger using the selected source.
                           'RGB24_320x240' video data to be logged upon START.
                           Grabbing first of every 1 frame(s).
                           Log data to 'memory' on trigger.
      Trigger Parameters:  1 'immediate' trigger(s) on START.
                  Status:  Waiting for START.
                           0 frames acquired since starting.
                           0 frames available for GETDATA.

>> vss=getSelectedSource(vid)

   Display Summary for Video Source Object:
      Index:   SourceName:   Selected:
      1        'input1'      'on'
```

Şekil 3.9 : VideoInput ve VideoSource nesnelerinin oluşturulması

```
>> get(vid)

    DeviceID = 1
    DiskLogger = []
    DiskLoggerFrameCount = 0
    EventLog = [1x0 struct]
    FrameGrabInterval = 1
    FramesAcquired = 0
    FramesAvailable = 0
    FramesPerTrigger = 10
    Logging = off
    LoggingMode = memory
    Name = RGB24_320x240-winvideo-1
    NumberOfBands = 3
    Previewing = off
    ReturnedColorSpace = rgb
    ROIPosition = [0 0 320 240]
    Running = off
    Tag =
    Timeout = 10
    Type = videoinput
    UserData = []
    VideoFormat = RGB24_320x240
    VideoResolution = [320 240]
```

Şekil 3.10 : VideoInput nesnesinin ayarlanabilir özellikleri

```
>> get(vss)

    BacklightCompensation = on
    Brightness = 20
    ColorEnable = on
    Contrast = 20
    Exposure = 1
    FrameRate = 30.0000
    Gamma = 4
    Hue = 18
    Saturation = 50
    Sharpness = 3
```

Şekil 3.11 : VideoSource nesnelerinin ayarlanabilir özellikleri

VideoInput ve VideoSource ve nesneleri ile görüntü özelliklerinden ayarlanabilir olanları listelemek, varsayılan değerleri görmek 'set' ve 'get' komutları ile yapılabilmektedir (Şekil 3.10 ve Şekil 3.11). Bunun yanında özellikle kameraya has özelliklerin alt ve üst sınırlarının da bilinmesi gerekmektedir. Bunun için yine IAT komutlarından 'propinfo' Şekil 3.12'deki örnekteki gibi kullanılarak, yazılım tarafından atanabilecek değerler bu aralıkta tutulabilir.

```
>> exposure=propinfo(vss,'exposure')

exposure =
                      Type : 'double'
           Constraint      : 'bounded'
           ConstraintValue : [1 100]
              DefaultValue  : 1
                   ReadOnly : 'whileRunning'
           DeviceSpecific  : 1

>> exposure_altlim = exposure.ConstraintValue(1)

exposure_altlim =

     1

>> exposure_ustlim = exposure.ConstraintValue(2)

exposure_ustlim =

   100
```

Şekil 3.12 : Kamera Değerleri alt ve üst limitlerin bulunması örneği

3.3 Sayısal İmge

Sayısal bir imge kısaca $f(x,y)$ şeklinde bir gri renk seviye fonksiyonu ile ifade edilen tek veya 3 bileşenli 2 boyutlu bir matrisle ifade edilebilir. Buna göre bir (x_0,y_0) noktasındaki (piksel) renk seviyesi l,

$$l = f(x_0, y_0) \tag{3.1}$$

ile ifade edilebilir. Değer olarak l

$$L_{min} < l < L_{max} \tag{3.2}$$

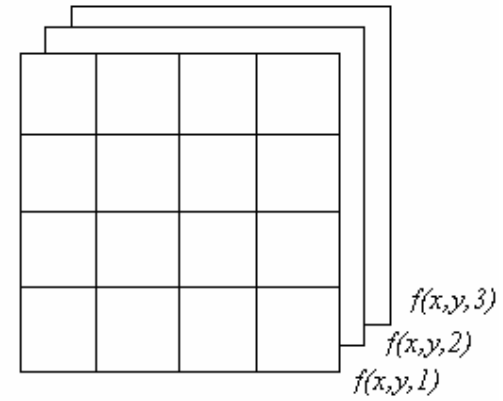
aralığında değerler alabilir. Bu çalışmada l, $L_{min} = 0$, $L_{max} = 255$ aralığında 256 farklı tamsayı değer alacak şekilde 8-bit bilgi ile ifade edilmektedir. Uygulama ve imge formatına bağlı olarak bit sayısı ve aralık değerleri değişebilmektedir [10].

M satır ve N sütunlu bir sayısal imge de MxN adet pikselden oluşmakta yani MxN bir matrisle

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \tag{3.3}$$

şeklinde ifade edilmektedir.

RGB gibi 3 bileşenli formatlarda ise (3.3) matrisi her bileşen için ayrı ayrı değer alır ve her bir pikselin renk seviyesi 8-bit yerine 24-bit bilgi ile ifade edilmiş olur. Bu durumda $f(x,y,1)$, $f(x,y,2)$ ve $f(x,y,3)$ Şekil 3.13'deki gibi sırasıyla birinci, ikinci ve üçüncü bileşenleri ifade etmektedir.



Şekil 3.13 : 3 bileşenli renk formatını oluşturan bileşenler

3.3.1 İmge Format ve Bileşenleri

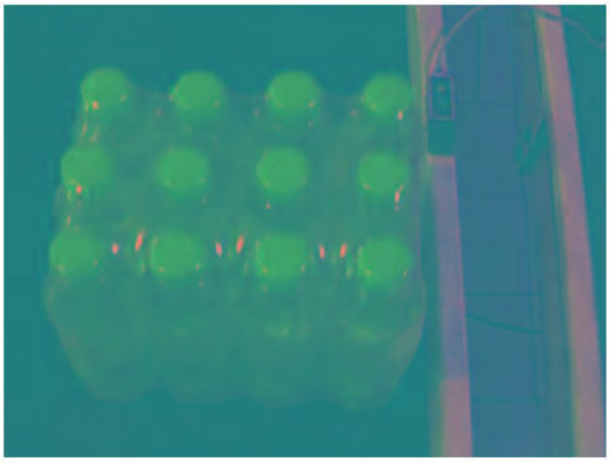
Görüntü işleme, sonuç olarak kendisinden anlam çıkarılacak, analiz yapılacak sayısal veriye ihtiyaç duyduğu için alınan formatın da bu işe uygunluğu araştırılmalıdır. Yapılan çalışmada kullanılan PC kameralar endüstriyel ve ileri uygulamalarda kullanılan kamera ve yakalama kartlarından (frame grabber) farklı olarak en temel formatları vermektedir. Bu kameralardan, daha önce Şekil 3.1'de gösterilen genel bilgisayarla görü alt-sistemlerinden sayısal görüntünün ilk elde edildiği adım olan görüntü alma sonucunda, PC kamera donanımına bağlı olarak, MATLAB IAT yardımıyla 3 değişik formatta görüntü elde edilmektedir. Bunlar ;

- RGB formatı
- YCbCr formatı
- Gri Ton formatı

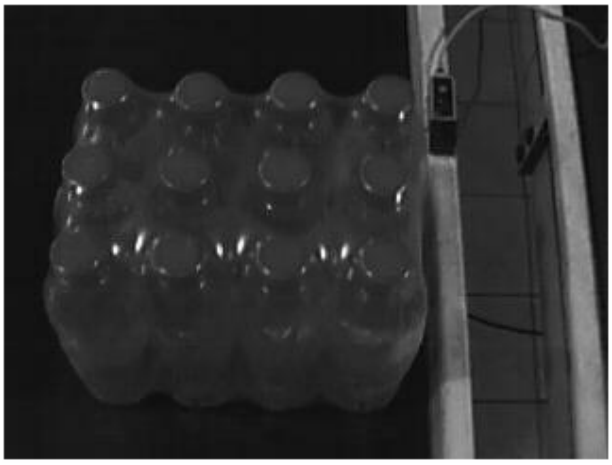
Bunlardan RGB ve YCbCr formatları 3 farklı bileşenli sırasıyla Kırmızı (R), Yeşil (G), Mavi (B) ile Parlaklık (Y), Mavi renklilik (Cb), Kırmızı renklilik (Cr) diğer Gri ton ise tek bileşenlidir. Bu durumda PC kamera ve MATLAB IAT yardımıyla 3 farklı format, toplam 7 farklı bileşen görüntü işleme için kullanıma hazır sayılmaktadır. Buna göre kendisinden anlam çıkarılacak en uygun formatın da bu aşamada belirlenmesi gerekmektedir. Bu format seçiminin, yapılan ürün takip sistemine göre özelleştirilmesi için uygulamanın başında, cismin tüm görüntü içerisinde bir şekilde ayırt edilmesine imkân verecek formatın seçimine karar verilmelidir.



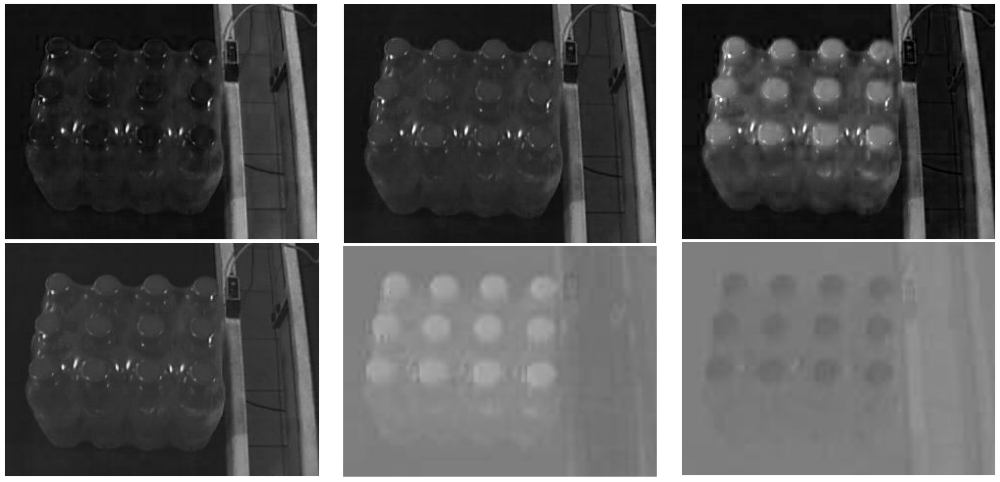
Şekil 3.14 : RGB (240x320x3) formatlı görüntü



Şekil 3.15 : YCbCr (240x320x3) formatlı görüntü



Şekil 3.16 : Gri Ton (240 x 320) formatlı görüntü

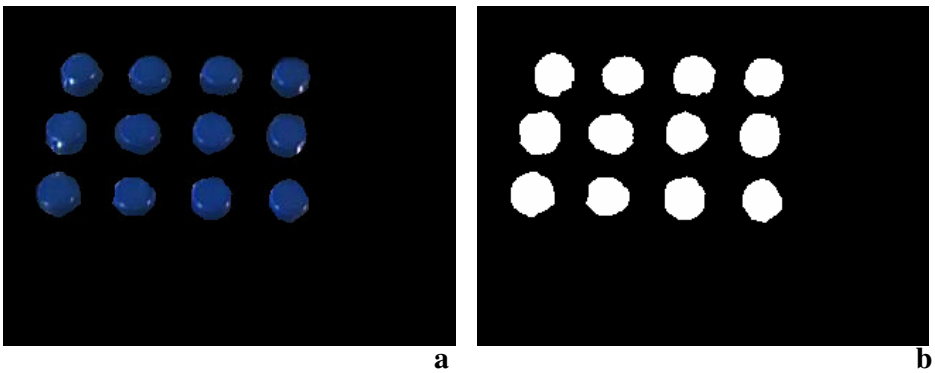


Şekil 3.17 : Sırasıyla (a) R-G-B bileşenleri, (b) Y-Cb-Cr bileşenleri

PC kamera ana formatlar gri ton hariç 3 bileşenli olduğu için, bir sonraki adım bu bileşenlerin de hesaba alınarak en uygun bileşenin seçimi olacaktır. Şekil 3.17'da RGB ve YCbCr renk uzayı bileşenleri görülmektedir. Burada aynı görüntü, farklı bileşenlerde farklı renk yoğunluğu ile görülmektedir. İlk bakışta son iki bileşenin (Mavi Renklilik (Cb) ve Kırmızı Renklilik (Cr)) diğerlerinden farklı olduğu kolayca anlaşılmaktadır. Bu iki bileşen ilgili renk (mavi veya kırmızı) yoğunluğunu ön plana çıkardığı için diğer renkler bastırılmış durumdadır.

3.3.2 Ön Plan – Arka Plan İstatistiksel Analizleri

Bilgisayarla görü sistemlerinin en önemli bloklarından olan bölütleme (segmantation) sonraki kısımlarda da görüleceği gibi, imgedeki istenen önemli kısımların (örneğin nesnelerin arka plandan) ayırt edilme işlemdir. Bu uygulamada ön plan PET şişelerin durum ve konumlarının belirteçi olan kapaklar, arka plan ise PET şişelerin kapak dışında kalan şeffaf gövdesi ve band, konveyor, zemin gibi hareketli veya sabit aksamın bütününden oluşmaktadır. Dolayısıyla, uygun formatta aranan özellik, görüntü kalitesi veya netlikden daha çok, Kısım 3.4.1'de görüleceği gibi ön plan (nesne) ve arka planın kolayca ayrımını yapacak olan tekniğe uygunluktur.



a **b**

Şekil 3.18 : (a) Algılama yapılacak hedef pikseller (kapak), (b) kullanılacak maske

Bu amaçla PC kamera tarafından sağlanan tüm format ve alt bileşenlerinde bu ayırımın ne kadar başarılı olduğunu görmek için, test amaçlı ön planlar ve arka planlar yapay olarak ayrılarak hangi formatın en uygun olduğu deneysel olarak analiz edilmelidir. Şekil 3.18(a)'daki kapak imgesi, Şekil 3.14'deki RGB formatlı imgede mevcut kapak piksellerinin görsel olarak test amaçlı ayrılmasıyla elde edilmiştir. Elde edilen bu kapak pikselleri, Şekil 3.18(b)'deki gibi ön planın 1, arka planın 0

olduğu binary (ikili) bir imgeye çevrilmiştir. Bunun amacı elde edilen bu binary maske yardımıyla toplam 7 farklı bileşenle imge çarpma işlemi gerçekleştirerek her bileşene ait ön plan ve arka plan ayrımını yapmaktır. Şekil 3.19'daki her bileşene ait ön plan ve arka plan imgeleri, ilgili bileşendeki imgenin (Şekil 3.17) bu maske ile eleman elaman çarpılmasından elde edilmiştir. Burada, maskelenecek (gri seviye) format bileşeni, *f(x,y)*, (binary) maske, *m(x,y),* her iki imge aynı boyutta (mxn) ve * operatörü eleman eleman çarpım operatörü olmak üzere,

$$f'(x,y) = f(x,y) * m(x,y) \tag{3.4}$$

$$f'(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0)m(0,0) & f(0,1)m(0,1) & \dots & f(0,N-1)m(0,N-1) \\ f(1,0)m(1,0) & .. & \dots & \dots \\ \dots & .. & \dots & \dots \\ f(M-1,0)m(M-1,0) & \dots & \dots & f(M-1,N-1)m(M-1,N-1) \end{bmatrix} \tag{3.5}$$

Yapılacak bu analiz, her piksel gri ton seviyesinin ön plan ve arka plan imgelerdeki miktarlarının (frekansının) incelenmesi olacaktır. İmge işlemede her bir renk seviyesi (*g*) başına düşen piksel sayısının gösterildiği bu grafiklere histogram, *h*(*g*) adı verilmektedir. Ayrıca bu histogram değerlerinin toplam piksel sayısına oranı (3.4) bir olasılık fonksiyonu olarak kabul edilebilir. Buna göre *h(g)*, imge histogramını gösteren dizi ve (*g* =0,1,2...L-1) olmak üzere,

$$p(g) = \frac{h(g)}{MxN} \tag{3.6}$$

imgedeki g'inci gri seviyenin bulunma olasılığı yani olasılık yoğunluk fonksiyonu (p.d.f – probability density function) olarak tanımlanır. Buna göre

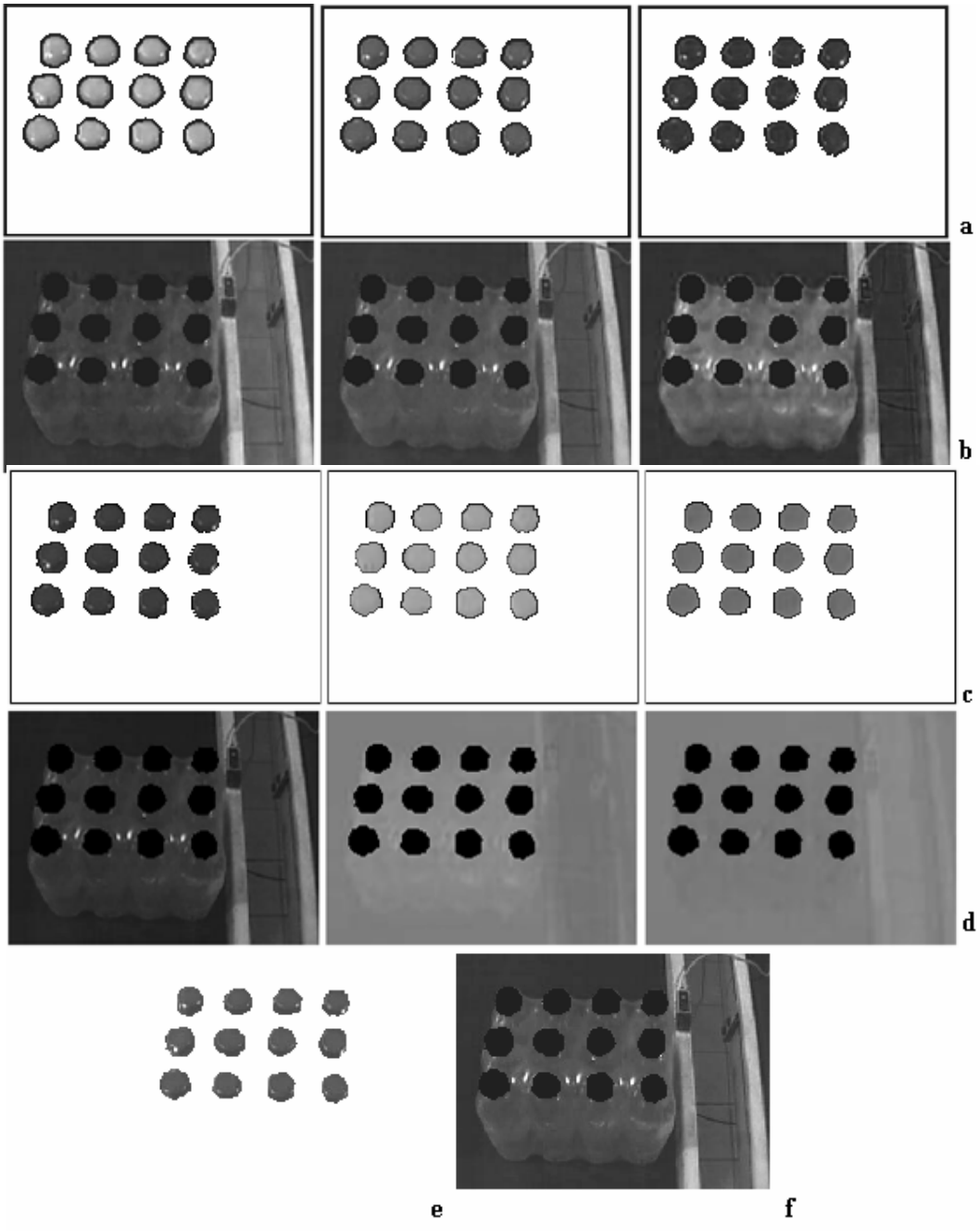
$$\omega = \int_{-\infty}^{\infty} p(g)dg = 1, \qquad \omega = \sum_{g=0}^{L-1} p(g) \ = 1 \tag{3.7}$$

şeklinde sürekli halde integral ile ifade edilen toplam, sayısal imgelerde her bir gri seviyenin bulunma olasılıklarının toplamı (kümülatif dağılım) olarak ifade edilir ve 1'e eşittir. Bu analizde karşılaştırılacak en önemli istatistiksel parametreler olan ortalama (3.8) ve değişinti (varyans) (3.9) ise

$$m = \int_{-\infty}^{\infty} p(g)g \ dg, \qquad m = \sum_{g=0}^{L-1} g \ \ p(g) \tag{3.8}$$

$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{\infty} p(g)(g-m)^2 dg, \qquad \sigma^2 = \sum_{g=0}^{L-1} (g-m)^2 \, p(g) \tag{3.9}$$

ile ifade edilir. Sayısal imgelerde, her bir gri seviye ile aynı gri seviyenin bulunma olasılığın çarpımlarının toplamı ortalama değeri vermektedir (3.8). Aynı şekilde sayısal imgelerde, her bir gri seviyenin ortalama değere olan farkının karesi ile bu gri seviyenin bulunma olasılığının çarpımlarının toplamı değişintiyi vermektedir (3.9).



Şekil 3.19 : Yapay olarak ayrılmış (a) RGB ön plan, (b) RGB arka plan ve (c)YCbCr ön plan, (d) YCbCr arka plan (e) Gri ton ön plan (f) Gri ton arka plan imgeleri

İstatistiksel Momentler

İmge işlemede, imgedeki desende veya imgeye ait gri seviye histogramlarında bazı istatistiksel özellikler kullanılarak imgeye ait analizler yapılabilir.(3.7), (3.8) ve (3.9) da belirtilen parametreler de istatistiksel momenttir ve genel k'inci moment tanımı;

$$\mu_k(x_i) = \frac{1}{n}\sum_i (x_i - x_0)^k f_i \qquad \textbf{(3.10)}$$

şeklindedir. Burada n örnekleme sayısı, x_0 moment için referans değer, f_i de ilgili fonsiyondur. Bu çalışmadaki uygulamasında ise (3.10) ifadesi f_i olarak imge gri seviye histogramına ilişkin p.d.f ve $x_0 = m$ değerlerini alır ve imge histogramları için ortalama değer için k'inci moment

$$\mu_k = \sum_{g=0}^{L-1} (g-m)^k \, p(g) \qquad \textbf{(3.11)}$$

genel halini alır. Bu durumda

$\mu_0 = \omega$: sıfırıncı moment **(3.12)**

$\mu_1 = m$: birinci moment **(3.13)**

$\mu_2 = \sigma^2$: ikinci moment **(3.14)**

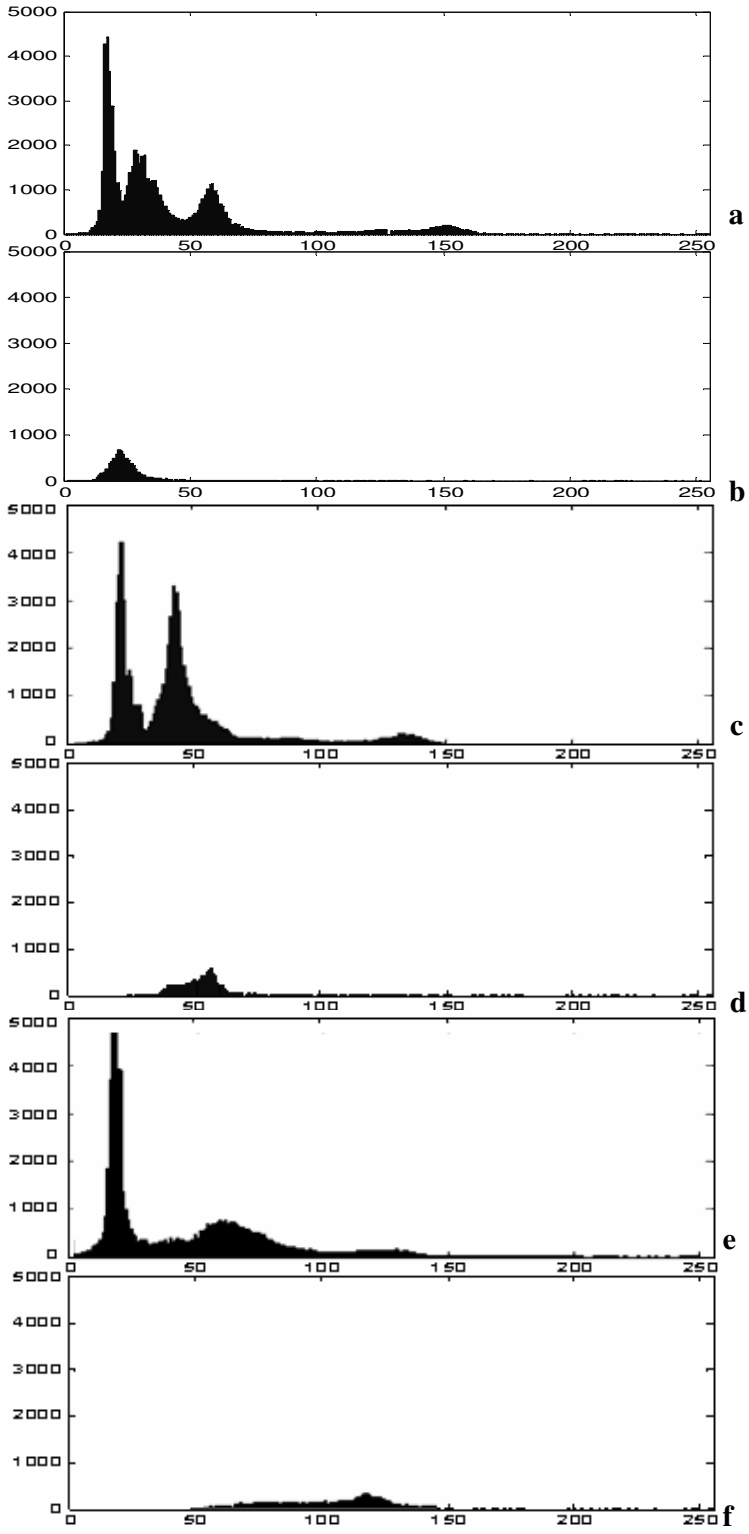
$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\mu_2}$: standart sapma **(3.15)**

(3.8)'de bulunan ortalama değer ve (3.9)'da bulunan değişinti doğrudan sırasıyla birinci moment (3.13) ve ikinci moment (3.14) olarak ifade edilebilir. Ayrıca ikici moment (μ_2) standart sapmanın (standard deviation) karesine eşittir (3.15). Bununla birlikte ön plan ve arka plan histogramlarında ortalama değere olan asimetriklik ölçüsünü veren üçüncü moment (skewness) de (3.16) de gösterilmiştir.

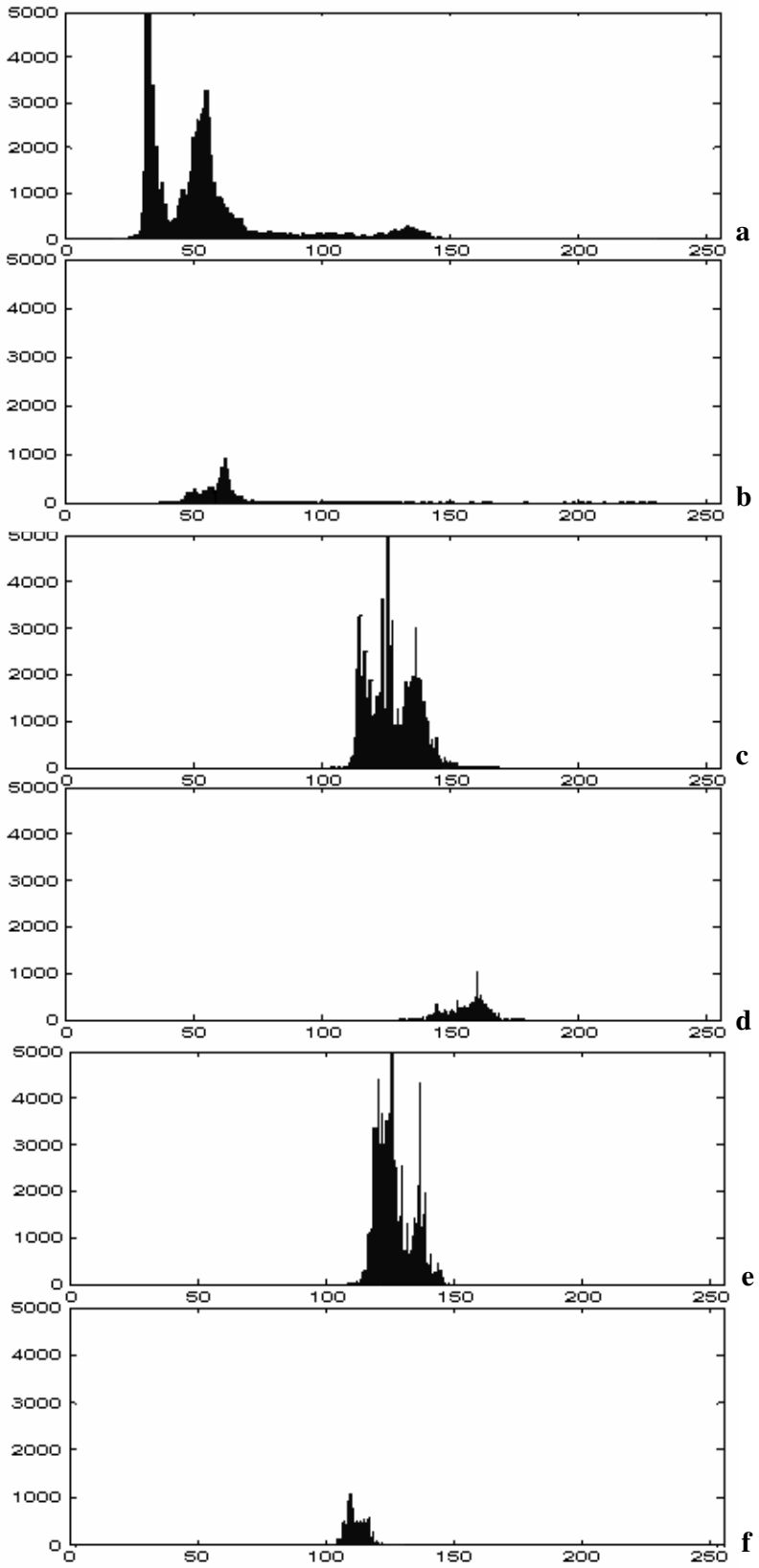
$$\mu_3 = \sum_{g=0}^{L-1} (g-m)^3 \, p(g) \qquad \text{: üçüncü moment} \qquad \textbf{(3.16)}$$

Tablo 3.2 : Testte kullanılacak momentlerin histogram analizinde anlamları

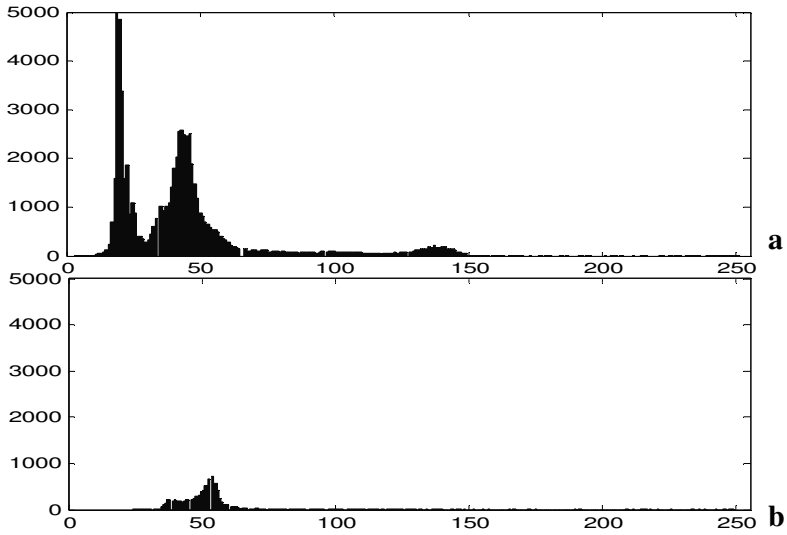
Ölçüt	**Moment**	**Anlam**
Ortalama	μ_1	İmge gri ton ortalama değeri
Standart Sapma	$\sqrt{\mu_2}$	İmge Karşıtlık (contrast) ortalama değeri
Üçüncü Moment	μ_3	Ortalama değere göre histogram asimetrik ölçüsü



Şekil 3.20 : Test edilecek format bileşenlerinden (a) R- arka plan, (b) R-ön plan, (c) G-arka plan, (d) G-ön plan, (e) B-arka plan, (f) B-ön plan histogramları



Şekil 3.21 : Test edilecek (a) Y-arka plan, (b) Y-ön plan, (c) Cb-arka plan, (d) Cb-ön plan, (e) Cr-arka plan, (f) Cr-ön plan histogramları



Şekil 3.22 : Test edilecek (a) Gri ton arka plan, (b) Gri ton ön plan histogramları

En uygun format ve bileşeni bulmak üzere test edilecek imgelere ait (birinci test) histogramlar Şekil 3.20, Şekil 3.21 ve Şekil 3.22'de gösterilmiştir. Bu histogramlar Şekil 3.19'de yapay olarak ayrılmış ön plan ve arka plan imgelerine ait, sırasıyla ortalama, standart sapma ve yamukluk (skewness) değerlerinin karşılaştırılması Matlab komut satırından Şekil 3.23'de verilen program kodu ile yapılacaktır.

```
function out = f_b_test(imge)
s=numel(imge(:));
z=0;
tt=0;
for t=1 : numel(imge(:))
    if image(t) > 0
        z=z+1;
        tt(z)=imge(t);
    end
end
out(1)  = mean(tt(1:z));
out(2)  = std(tt(1:z));
out(3)  = skewness(tt(1:z));
```

a

```
>> u3 = imread('test3.rgb.bmp');
>> u3m= imread('test3.mask.bmp');
>> f_b_test(immultiply(u3(:,:,2),logical(u3m)));

ans =

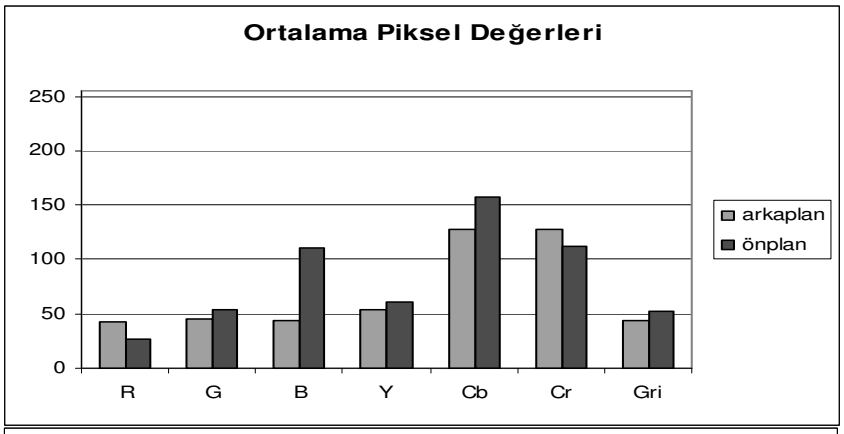
   57.4229   13.0203    3.6668
```

b

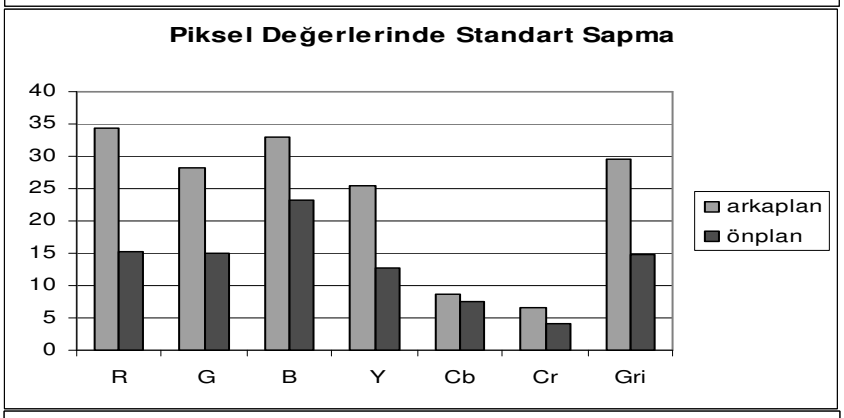
Şekil 3.23 : Analizde kullanılacak (a) Matlab program kodu, (b) çağırılması

Tablo 3.3 : Farklı bileşenlere ait ortalama, standart sapma ve skewness (Test 1)

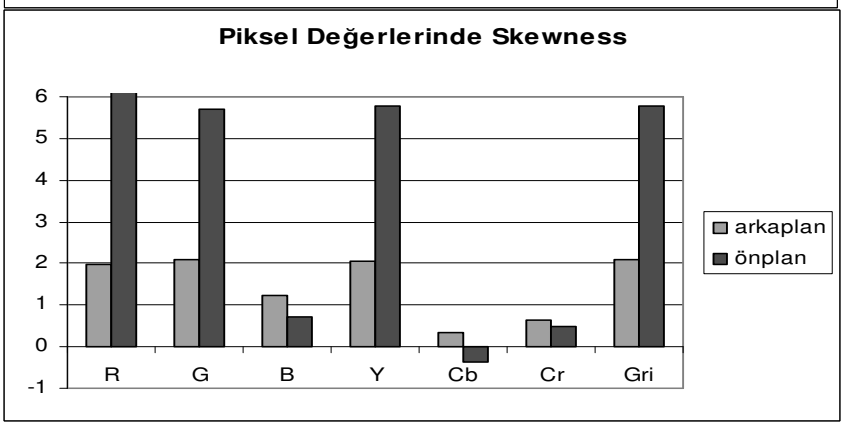
	Piksel Değerlerinde Ortalama Değer		Piksel Değerlerinde Standart Sapma		Piksel Değerlerinde Üçüncü Moment	
	arkaplan	*önplan*	*arkaplan*	*önplan*	*arkaplan*	*önplan*
R	43,16	26,35	34,34	15,21	1,99	6,66
G	45,18	54,53	28,14	14,90	2,09	5,70
B	43,66	111,04	33,05	23,24	1,24	0,70
Y	54,12	61,12	25,34	12,76	2,07	5,77
Cb	127,60	157,01	8,63	7,48	0,34	-0,37
Cr	127,18	111,61	6,49	4,12	0,65	0,49
Gri	44,42	52,53	29,47	14,85	2,07	5,77



a

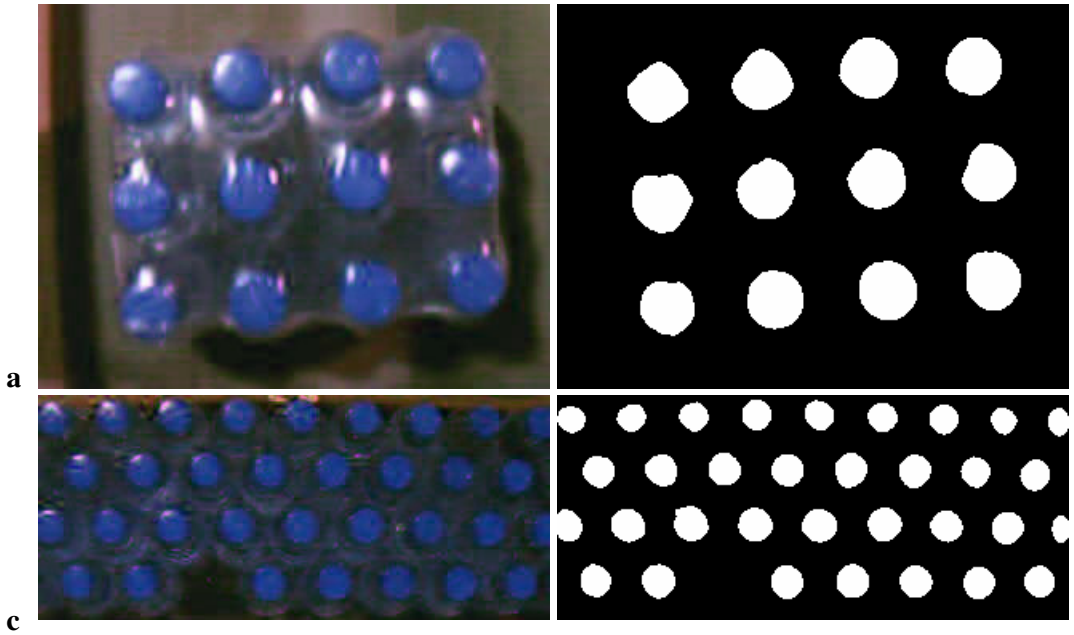


b



c

Şekil 3.24 : Histogramlara ait ortalama, standart sapma ve skewness (Test 1)



Şekil 3.25 : Diğer testlerde kullanılan (a) ikinci test imgesi, (b) ikinci test maskesi, (c) üçüncü test imgesi, (d) üçüncü test maskesi

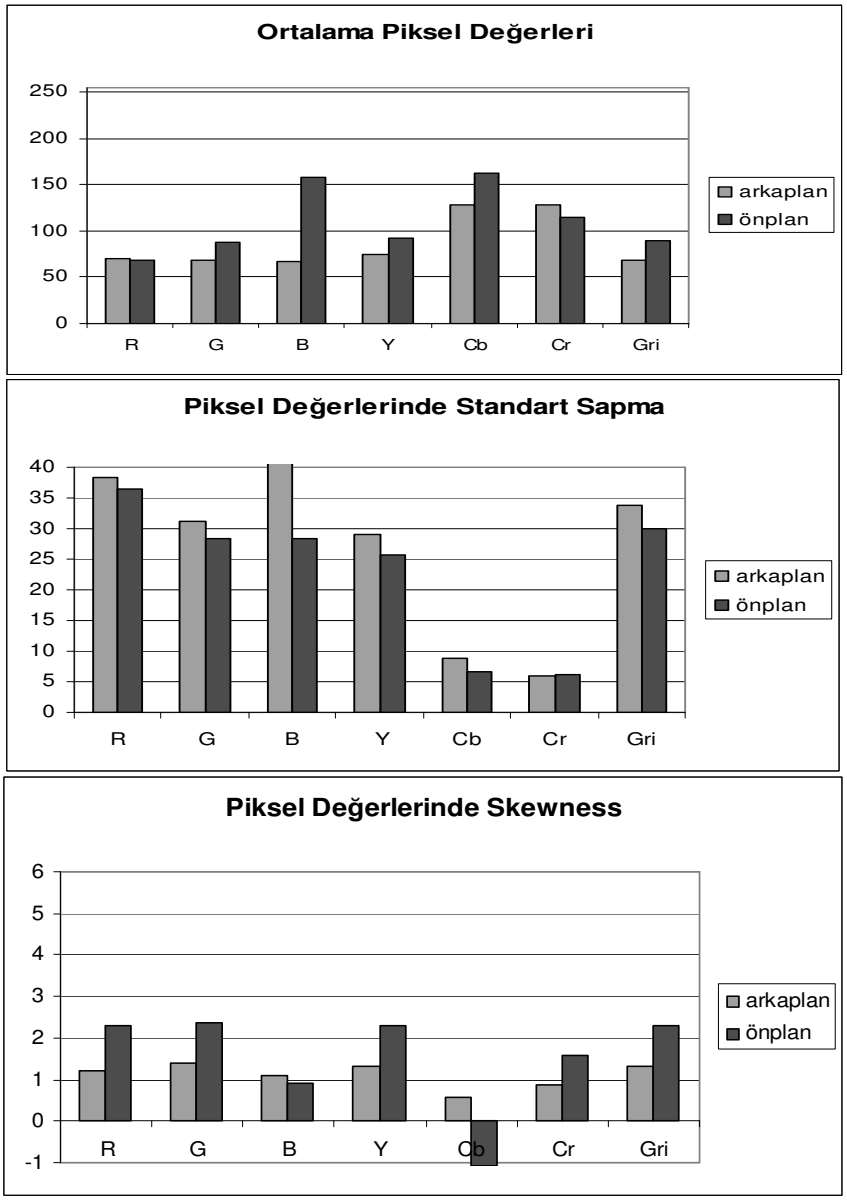
Seçilen test imgeleri, üretim hattında genel olarak paketleme öncesi ve sonrası alınan kamera algılama alanı imgelerini göstermektedir. Alınan bu imgeler Tablo 3.4'de özelliklerine göre sınıflandırılmıştır. Bu çalışmada önerilen ürün takip sisteminde grup halinde alınabilecek kamera imgeleri için en ideal üretim hattı noktası olan paketleme öncesi ve paketleme sonrasında alınan bu imgelerin, çevre şartlarının etkisine de hassas olmaması gerekmektedir. Özellikle birinci testte kullanılan imgenin, kenarlık ve zemin gibi dış etkilerden bağımsız olarak sistem tarafından kullanılabilmesi esas alınmıştır. Sonuç olarak, bu üç testte yapılan yapay yoldan ayırma işlemi, bu çalışmanın kapsamında önerilen sistem tarafından otomatik olarak yapılabilmelidir.

Tablo 3.4 : Test imgelerinin sınıflandırılması.

Test	İmge	Yer	Sahne	Ön plan pikselleri	Arka plan pikselleri
1	Şekil 3.14	Paketleme Sonrası	Paketlenmiş ürün, konveyör bantı, konveyör kenarı ve üretim alanı zemini	8168	68632
2	Şekil 3.25.a	Paketleme Sonrası	Paketlenmiş ürün, konveyör bantı	12251	64549
3	Şekil 3.25.c	Paketleme Öncesi	Paketlenecek ürün, konveyör bantı	9687	35113

Tablo 3.5 : Farklı bileşenlere ait ortalama, standart sapma ve skewness (Test 2)

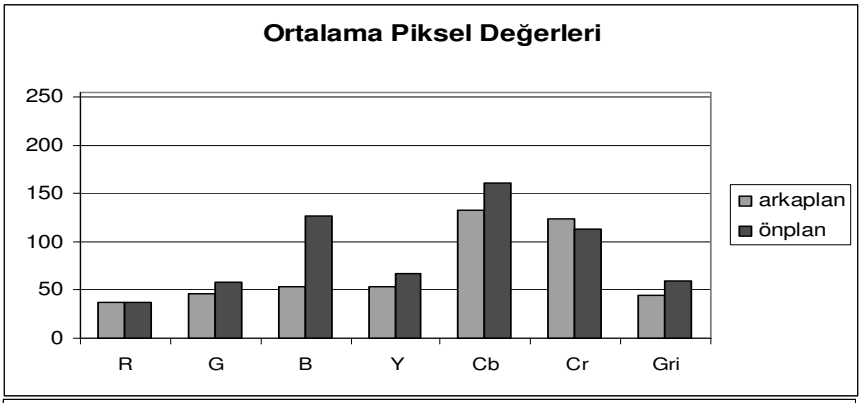
	Piksel Değerlerinde Ortalama Değer		Piksel Değerlerinde Standart Sapma		Piksel Değerlerinde Üçüncü Moment	
	arkaplan	*önplan*	*arkaplan*	*önplan*	*arkaplan*	*Önplan*
R	69,92	68,72	38,24	36,46	1,21	2,30
G	67,86	87,25	31,19	28,31	1,40	2,36
B	67,84	158,24	42,26	28,34	1,10	0,92
Y	74,80	93,12	28,99	25,73	1,30	2,29
Cb	127,69	161,92	8,74	6,64	0,59	-1,06
Cr	128,90	114,79	5,84	6,20	0,89	1,60
Gri	68,46	89,80	33,77	29,95	1,30	2,29



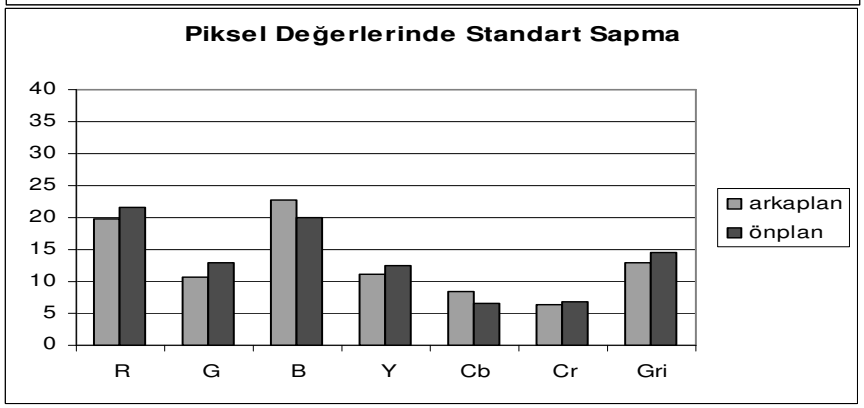
Şekil 3.26 : Histogramlara ait (a) ortalama, (b) standart sapma, (c) skewness (Test 2)

Tablo 3.6 : Farklı bileşenlere ait ortalama, standart sapma ve skewness (Test 3).

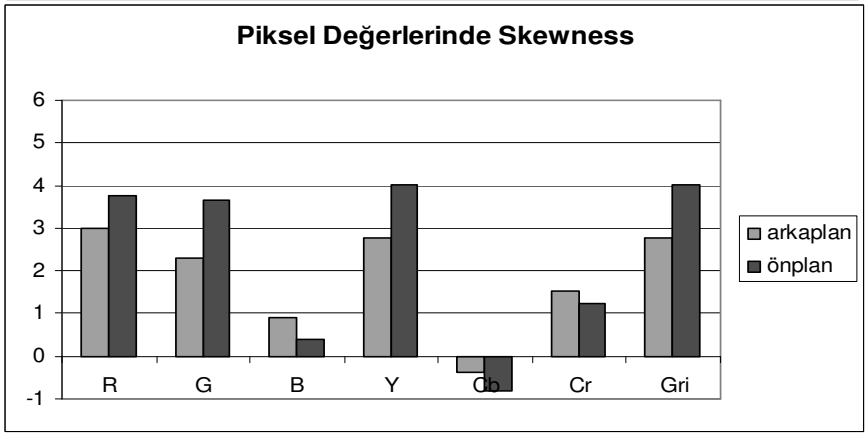
	Piksel Değerlerinde Ortalama Değer		Piksel Değerlerinde Standart Sapma		Piksel Değerlerinde Üçüncü Moment	
	arkaplan	*önplan*	*arkaplan*	*önplan*	*arkaplan*	*önplan*
R	37,19	36,67	19,88	21,67	2,98	3,75
G	46,16	57,42	10,76	13,02	2,30	3,67
B	53,20	126,56	22,79	19,90	0,92	0,40
Y	54,00	66,76	11,14	12,56	2,79	4,02
Cb	132,42	161,45	8,48	6,59	-0,37	-0,81
Cr	123,53	113,94	6,44	6,76	1,53	1,23
Gri	44,25	59,08	12,97	14,63	2,78	4,01



a



b



c

Şekil 3.27 : Histogramlara ait (a) ortalama, (b) standart sapma, (c) skewness (Test 3)

Deneysel Sonuç

Sırasıyla Şekil 3.24, Şekil 3.26 ve Şekil 3.27'daki ortalama değer, standart sapma ve üçüncü moment grafikleri incelendiğinde en uygun format bileşeni için

- Ön plan ortalama değeri (m_1) ve arka plan ortalama değeri (m_0) farkı en büyük olmalı
- Ön plan standart sapması(σ_1) ve arka plan standart sapması(σ_1) her ikisi de en küçük olmalı
- Ön plan üçüncü moment ($\mu 3_1$) ve arka plan üçüncü moment ($\mu 3_1$) her ikisi de en küçük olmalıdır.

Bu durumda en uygun format bileşenleri ortalama değer karşılaştırması Tablo 3.7'de özetlenmiştir. Burada m, σ ve μ_3 sırasıyla ortalama, standart sapma ve üçüncü moment değerlerini gösterirken 1 ve 0 indisleri sırasıyla ön plan ve arka plan piksel dağılımlarını göstermektedir.

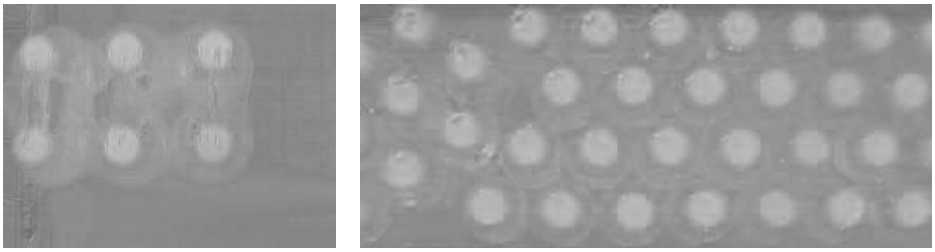
Tablo 3.7 : En uygun format bileşeni seçim tablosu

Ölçüt	**Kriter**	**Hedef Değer**	**Sıra**	**Test 1**	**Test 2**	**Test 3**
Ortalama Değer	$\lvert m_1 - m_0 \rvert$	*en büyük*	*1*	B	B	B
			2	**Cb**	**Cb**	**Cb**
			3	R	Gri	Gri
Standart Sapma	σ_0 , σ_1	*en küçük*	*1*	Cr	Cr	Cr
			2	**Cb**	**Cb**	**Cb**
			3	Y	Y	G
Üçüncü Moment	$\mu 3_0, \mu 3_1$	*en küçük*	*1*	**Cb**	**Cb**	**Cb**
			2	Cr	B	B
			3	B	Cr	Cr

Ortalama değerler arası farkın fazla olması ilgili dağılımların belli bir eşik değerinden itibaren daha kolay ayrılmasını sağlarken, standart sapmanın küçük olması ayrılma sonrası gürültü ve anlamsız piksellerin imgede kalmasını engellemektedir. Üçüncü moment değerinin düşük olması ise imgede belli bir ortalama değer etrafında daha düzgün dağılımların (ön plan – arka plan) olduğunu göstermektedir.

Daha birçok farklı noktalarda ve konveyörlerde alınmış ürün görüntüleri ile paralellik gösteren bu örnek görüntülere göre en uygun format Cb ve Cr bileşenleri

olarak görülmektedir. Hem sapmalar daha düşük, hem de dar bir aralıkta renk dağılımı mevcuttur. Ancak Cb ve Cr karşılaştırılırsa, önplanın arkaplandan ayırdedilmesi Cr bileşeninde çok daha zor olmaktadır çünkü ön ve arka planlar iç içe geçmektedir. Ancak, Cb histogramlarında yüksek yoğunluklu tonlar önplanı gösterirken düşük renk yoğunluğu bölge arkaplanı sembolize etmekte, bu da daha kolay bir eşikleme ve bölütleme imkanı vermektedir. Bu sebeple PET şişe konveyör üzeri ürün durum denetimi için algılama yapılırken şişe kapaklarından faydalanılacak, PC kamera alınan renk uzayı olarak YCbCr kullanılacak, alınan 3 katmanlı bilgi ikinci bileşen olan Mavi Renklilik (Cb) gri tonu kullanılacaktır. Şekil 3.28'de yine bu bileşene ait farklı ürün resimleri verilmiştir.



Şekil 3.28 : Farklı noktalarda alınmış ürünler ham görüntüler (Cb bileşeni)

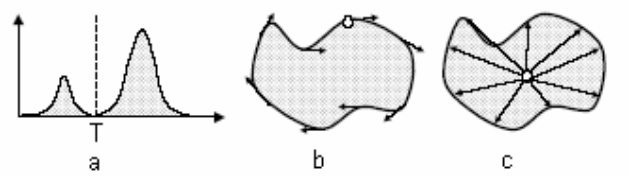
Aslında deneysel çalışma sonucunda Cb bileşeni çıkması çok normal karşılanmalıdır, çünkü üzerinde çalışma yapılan üretim hattında üretilen markaya ait şişe tipi ve rengi mavi tonlu renkler kullanmaktadır. Mavi ton etkisi de (3.17)'de RGB – YCbCr dönüşüm matrisinde açıkça bellidir [11]:

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 65.481 & 128.553 & 24.966 \\ -37.797 & -74.203 & 112.000 \\ 112.000 & -93.786 & -18.214 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad \textbf{(3.17)}$$

Buna benzer çalışmalar gıda ürünlerinde (ürün rengi baz alınarak) yapılmakta olup, örneğin kırmızı renkli Fuji elmaları için Y (parlaklık) ve Cr (kırmızı renklilik) kullanılarak bir otomatik hasat çalışması yapılmıştır [12]. Bunun gibi bir çok uygulamada hazır bileşenlerin kullanılmasına ek olarak imge renk özelliklerine bağlı olarak temel bileşenler belirli katsayılarla çarpılarak uygulamaya özel bileşenler de elde edilebilir.

3.4 İmge İşleme

Kısım 3.3.2'de görüldüğü gibi, deneysel olarak yapılan ön plan-arka plan ayrımı bu uygulama esnasında otomatik olarak bilgisayar tarafından yapılmak zorundadır. İmge işlemede imgenin bilgiye dönüşmesindeki en önemli kısımlardan birisi bölütlemedir. Çünkü bu adımdan sonra gelen adımlardan çıkacak bilgi bölütlemenin doğruluğuna bağlıdır. Bölütlemede amaç, imgeyi ilgilenilen nesne veya alanla yüksek bağlılaşım (korelasyon) gösteren bölgelere ayırmasıdır [5]. Bilinen uygulamalar açısından bölütleme, Şekil 3.29'de görüldüğü gibi piksel (nokta) tabanlı, kenar tabanlı ve bölge tabanlı olmak üzere 3 farklı yöntemle yapılabilir [13].



Şekil 3.29 : (a) piksel (nokta) tabanlı, (b) kenar tabanlı (c) bölge tabanlı bölütleme

Buna göre ilgili format seçimi histogramlarından da hatırlanacağı gibi, eşikleme noktası yakalanabilirse hedef algılama kolayca yapılacaktır. Bunun için de bölütleme Şekil 3.29'da gösterilen yöntemlerden (a) piksel (nokta) tabanlı eşikleme yöntemi kullanılacaktır. Kısım 3.4.1'de de görüleceği gibi, bu sayede renk seviyesi belirli bir eşik değerinin altında kalan tüm pikseller siyah kabul edilirken, renk seviyesi aynı eşik değerinin üzerinde kalan pikseller de beyaz olarak kabul edilecektir. Sonuç olarak da imge sadece siyah ve beyaz renklerden oluşan ikili (binary) bir formata dönüşecektir. Diğer metotlara kıyasla bunun seçilmesinin en önemli iki nedeni:

1. Pahalı ticari rakiplerine kıyasla düşük görüntü kalitesi, hız kısıtlaması, gürültü ve birçok donanım tabanlı üstünlüklerden yoksun olması ile PC kameralar, kenar ve bölge tabanlı uygulamalara uygun imge çıktısı sağlayamamaktadırlar. Oysa 0 ile 255 arası farklı renk değerlerine sahip bir imgede, düşük kaliteye rağmen hangi renk değerinden eşikleneği hakkında kabaca da olsa bir fikir verebilmektedir.
2. Ticari uygulamalara kıyasla sadece PC kamera değil, bağlı olduğu PC de çok kısa tetikleme sürelerinde yetersiz kalabileceğinden dolayı, işlem basitliği sunan eşikleme yöntemi, bu çalışmada esas alınan 1,5s gibi bir süre içerisinde çok rahat sonuç verebilmektedir

3.4.1 İmge Eşikleme

Eşikleme için en uygun format ve bileşenin Kısım 3.3.2'de seçiminden sonra, Şekil 3.29 (a)'daki gibi ideal histogram ve eşik noktasının seçimi ürün bilgisinin alınmasında en önemli adım olacaktır. İmge işlemede histogram, her piksel seviyesinin imgedeki frekansını gösterir. Bileşen seçiminden sonra, alınan ham görüntülerin histogramlarına göre hangi renk yoğunluğu seviyesinden itibaren eşikleme yapılacağına sistem karar vermelidir. (3.18)'de gösterildiği şekilde, seçilecek renk seviyesinden (T) düşük yoğunluklu (daha koyu tonlu) tüm renk değerleri 0 (yani siyah), yüksek yoğunluklu (daha açık tonlu) tüm renk değerleri de 1 (yani beyaz) olacaktır. Böylece imge binary (iki değerli) hale gelecek ve imgeden mantıksal bir sonuç çıkarmak çok daha kolay olacaktır.

$$g(x,y) = \begin{cases} 0 & f(x,y) < T \\ 1 & f(x,y) \geq T \end{cases} \qquad \textbf{(3.18)}$$

Burada x, y seçilen herhangi bir pikselin noktasal koordinatlarını, $f(x,y) < T$ seçilen noktadaki rengin, eşik değerden düşük olması nedeniyle o noktanın arkaplana ait olduğunu, $f(x,y) \geq T$ ise noktanın önplana (nesneye) ait olduğunu ifade etmektedir.

Seçilen eşiğin değerinin imgedeki tüm noktalarda sabit kabul edilmesi, yapılan eşiklemenin *global eşikleme* olduğu anlamına gelir. Bu durumda eşik noktasını bulma problemi daha basite indirgenir. Diğer bir durum ise piksel konumuna göre farklı eşik değerine ihtiyaç duyan *yerel eşikleme*'dir, özellikle dengesiz arka plan aydınlığından kaynaklanır. Bu durumda normalde T olan eşik değeri artık nokta konumuna bağlı bir $T(x,y)$ noktasal değişken bit eşik fonksiyonuna dönüşecek ve

$$T(x,y) = f_0(x,y) + T_0 \qquad \textbf{(3.19)}$$

olmak üzere

$$g(x,y) = \begin{cases} 0 & f(x,y) < T(x,y) \\ 1 & f(x,y) \geq T(x,y) \end{cases} \qquad \textbf{(3.20)}$$

şeklinde ifade edilecektir. Bu çalışmada imgedeki eşik değeri global olarak sabit bir değer kabul edilerek, bu sabit değerin en uygun nasıl bulunacağı sorusuna çözüm bazı genel yöntemler kullanılarak bir yanıt aranmıştır.

İmge Eşiklemede Genel Yöntemler

İmge eşikleme uygulamaları arka plan ve ön plan ayrımında basit ama etkili bir yöntem olup, imge işlemede çok geniş bir alanda kullanılmaktadır. Bu amaçla literatürde birbirinden arklı birçok eşikleme yöntemi bulunmaktadır. Bununla birlikte tüm bu eşikleme yöntemleri belli ana gruplarda toplanabilir. Bu konuda yapılmış bazı çalışmalar hem farklı yöntemleri kategorize etmekte hem de farklı yöntemleri karşılaştırmaya imkan vermektedir [14]. Buna göre imge eşikleme

- Histogram şekline dayanan eşikleme yöntemleri
- Topaklamaya (clustering) dayanan eşikleme yöntemleri
- Histogram entropisine dayanan eşikleme yöntemleri
- Nesne özelliklerine dayanan eşikleme yöntemleri
- Uzamsal (spatial) bilgiye dayanan eşikleme yöntemleri
- Yerel uyarlamalı eşikleme yöntemleri

olarak ana gruplarda toplanabilir. Bu ana gruplar, aynı çalışmanın bir parçası olarak geliştirilen OTİMEÇ (Otomatik İmge Eşikleme Çatısı) yazılımı sayesinde 40 farklı eşikleme yöntemini karşılaştırabilmektedir. Genel yöntemlerden bu çalışmada kullanılanlar ve grupları şu şekilde gösterilebilir :

- Riddler Yinelemeli eşikleme (Topaklamaya dayanan eşikleme) yöntemi
- Otsu Topaklamalı eşikleme (Topaklamaya dayanan eşikleme) yöntemi
- Kapur Entropik eşikleme (Entropiye dayanan eşikleme) yöntemi
- Örnek moment fonksiyonu (SMF-Sample moment function) yöntemi

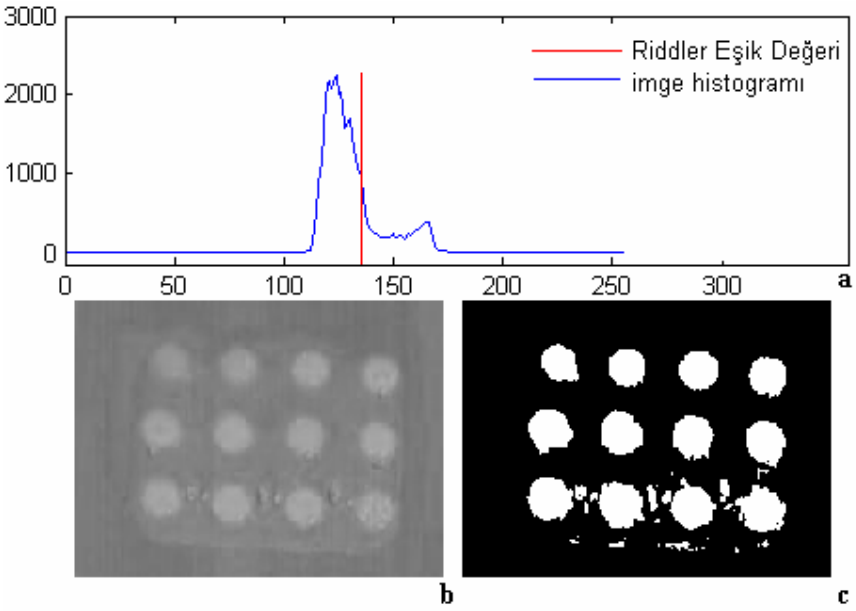
Riddler Yinelemeli Eşikleme Yöntemi

İmge histogramını iki sınıf Gauss dağılımı karışımı olarak kabul eden bu yaklaşımda, n'inci yinelemede elde edilen eşik değeri T_n, ön plan ve arka plan sınıflarının ortalama değerlerinin aritmetik ortalaması olarak elde edilir. Sonuçta elde edilen değer ile bir önceki değerin farkı belirli bir değerden küçük olunca yineleme kesilerek son değer optimum eşik değeri olarak kabul edilir [11].

$$m_0(T_n) = \sum_{g=0}^{T_n} gp(g), \quad m_1(T_n) = \sum_{g=T_n+1}^{L-1} gp(g) \tag{3.21}$$

$$T_{opt} = \lim_{n\to\infty} \frac{m_0(T_n) + m_1(T_n)}{2} \tag{3.22}$$

Bu yöntemde T_1 başlangıç değeri olarak toplam renk seviyesi orta noktası, yani L/2 değeri (bu uygulamada L=256, başlangıç değeri T_1= 128) verilmelidir. Bu yöntemle elde edilen binary imge, eşik (elde edilen ve olması gereken) değerleri Şekil 3.30'da gösterilmiştir. Olması gereken değer (154) yerine 139,5 bulunmuştur, çünkü bu çalışmada kullanılan imgeler iç içe geçmiş ikiden daha fazla dağılım içermektedir.



Şekil 3.30 : Riddler yöntemi için (a) Histogram, (b) imge, (c) eşikleme sonucu elde edilen ikili (binary) imge

Matlab program kodu Şekil 3.31'de verilen yinelemeli yöntemde akış şu şekildedir;

1. Başlangıç değeri olarak tahmini bir T eşik değeri seçilmesi (T = 128).
2. T değeri kullanılarak imgede, G_0 ve G_1 gibi değeri T'den büyük ve T'den küçük, iki ayrı piksel grubu oluşturularak iki kısma ayrılması.
3. G_0 ve G_1 gruplarının ortalama yoğunluk değerlerinin m_0 ve m_1 hesaplanması.
4. Yeni T değerinin : $T = \frac{m_0 + m_1}{2}$ olarak kabul edilmesi.
5. 2 ila 4. adımları, değişen T değerleri arası fark, önceden tanımlanan bir T_o gibi bir değerin altında kalana dek tekrarlanması.

```
funtion out = Riddler(img)
T= 128;
done = false;
while ~done
   g = img >= T;
   Tnext = 0.5*(mean(img(g)) + mean(img(~g)));
   done = abs(T - Tnext) < 0.5;
   T = Tnext;
end
out = T;
```

Şekil 3.31 : Riddler Yinelemeli Yöntemi Matlab Program Kodu

Otsu Topaklamalı (Clustering) Eşikleme Yöntemi

İmge eşiklemede önerilen ilk yöntemlerden olan Otsu metodu, optimum eşik noktasının bulunması için ön plan ve arka plan piksellerinin sınıf içi değişintilerinin (varyanslarının) ağırlıklı toplamlarının minimize edilmesi ile bulunur. Diğer bir ifade ile optimum eşik noktasında bu piksel gruplarının sınıf içi değişintilerinin ağırlıklı toplamları en küçük değerini almaktadır. Sınıf içi değişintinin en küçük olması sınıflar arası değişintinin en büyük olması anlamına geldiği için [15]:

$$\sigma_B^2 = \omega_0(\overline{m_0} - m_T)^2 + \omega_1(\overline{m_1} - m_T)^2 \qquad \textbf{(3.23)}$$

ifadesinin, $T = T_{opt}$ için en büyük olması gerekmektedir.Burada,

$$\omega_0 = \sum_{g=0}^{T} p(g), \qquad \omega_1 = \sum_{g=T+1}^{L-1} p(g) \qquad \textbf{(3.24)}$$

$$m_0 = \sum_{g=0}^{T} g\ \ p(g), \qquad \overline{m_0} = \frac{m_0}{\omega_0}\ , \qquad m_1 = \sum_{g=T+1}^{L-1} g\ \ p(g), \qquad \overline{m_1} = \frac{m_1}{\omega_1} \qquad \textbf{(3.25)}$$

$$m_T = \sum_{g=0}^{L-1} g\ \ p(g) \qquad \textbf{(3.26)}$$

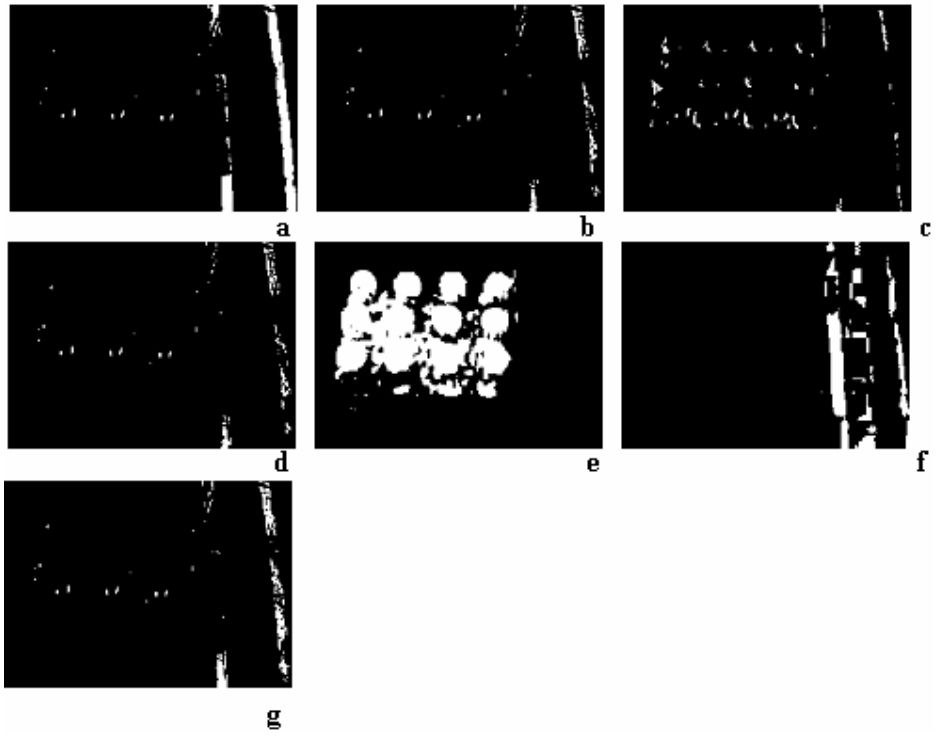
Burada sırasıyla arka plan ve ön plan için ω_0, ω_1 kümülatif dağılımlar, m_0, m_1 ortalamalar, $\overline{m_0}, \overline{m_1}$ ağırlıklandırılmış ortalamalar, olmak üzere m_T (toplam ortalama) de $\overline{m_0}, \overline{m_1}$ cinsinden ifade edilip yeniden düzenlenirse;

$$\sigma_B^2 = \omega_0\omega_1(\overline{m_0} - \overline{m_1})^2 \qquad \textbf{(3.27)}$$

ifadesi elde edilir. Değişken *T*'ye bağlı bu ifade (3.28) Matlab program kodu

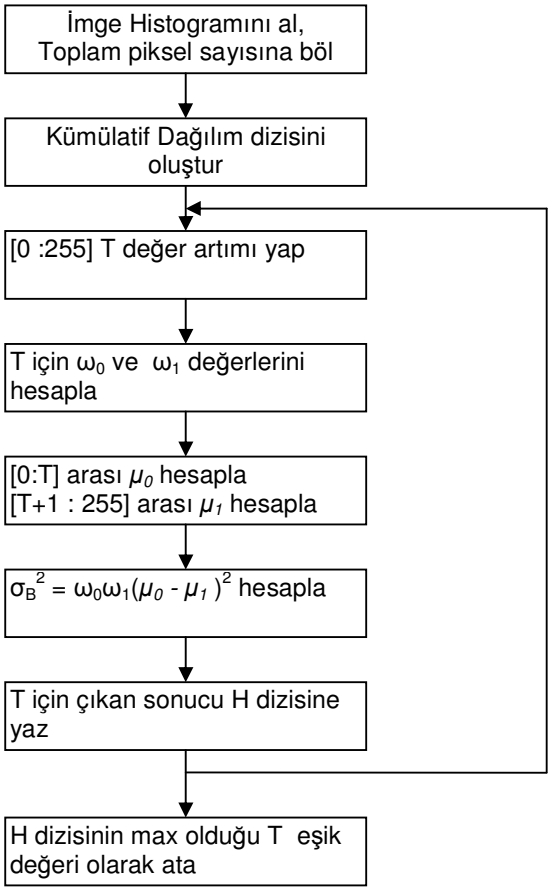
$$T_{opt} = \arg_T \max\left\{\left[\sum_{g=0}^{T} p(g)\right]\left[\sum_{g=T+1}^{L-1} p(g)\right]\left[\sum_{g=0}^{T}\frac{gp(g)}{\sum_{g=0}^{T} p(g)} - \sum_{g=T}^{L-1}\frac{gp(g)}{\sum_{g=T+1}^{L-1} p(g)}\right]^2\right\} \qquad \textbf{(3.28)}$$

Şekil 3.32'de verilmiştir. Buna göre [0-255] aralığında artımsal olarak değişen her bir *T* değerlerine karşılık bir σ_B^2 değeri hesaplanmakta, bu değeri en büyük yapan *T* değeri de eşik değeri olarak kabul edilmektedir.



Şekil 3.32 : Kısım 3.3.2'de yapılan analizde kullanılan format bileşenleri (a) R, (b) G, (c) B, (d) Y, (e) Cb, (f) Cr, (g) Gri

Şekil 3.32'de daha önce Kısım 3.3.2' de ön plan arka plan analizi yapılan 7 tip gri ton imgeye Otsu yöntemi ile yapılan eşikleme sonucu oluşan binary imgeler gösterilmiştir. Buradan da tekrar görüleceği gibi en iyi sonuç yine Cb (Mavi renklilik) bileşeninden gelmektedir. Ancak yine de anlamlı sonuç verecek kadar, ön plan arka plan ayrımı yapmaya uygun değildir. Şekil 3.34'de seçilen bir imgede Otsu yönteminin sonucunda bulunan *T* değeri ve sonucu ikili imge gösterilmiştir.



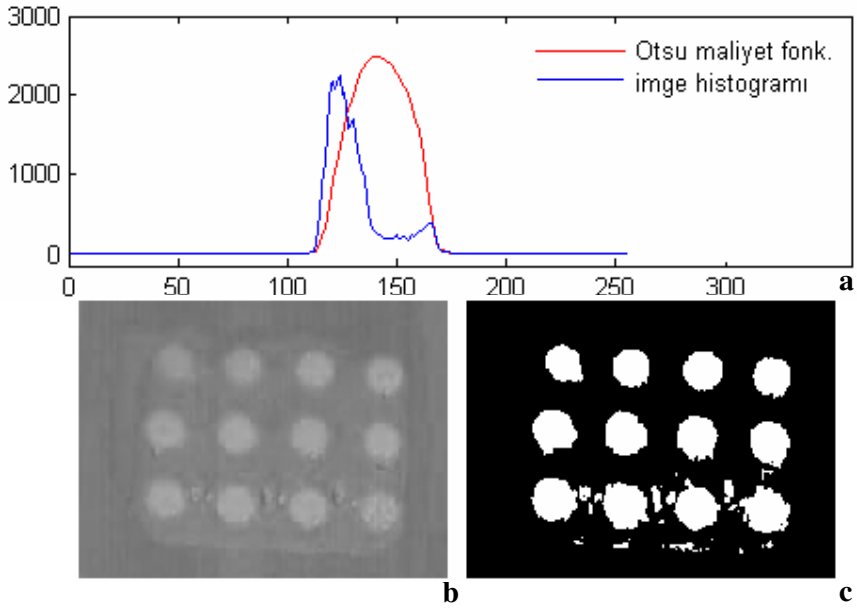
a

```
function out = otsu(img)
p = imhist(img)/numel(img);
pc = cumsum(p);
H = zeros(1,256);

for T = 0:255
    PT = pc(T+1);
    omega0 = PT;
    omega1 = 1-omega0;
    m0 = 0;
    for i = 0:T
        m0 = m0+i*p(i+1)/omega0;
    end
    m1 = 0;
    for i = T+1:255
        m1 = m1+(i*p(i+1))/omega1;
    end
    H(T+1) = omega0*omega1*(m1-m0)^2;
end
out = find(H == max(H))+1;
```

b

Şekil 3.33 : Otsu Topaklamalı Yöntemi (a) program akış şeması , (b)Matlab kodu



Şekil 3.34 : Otsu yöntemi ile elde edilen eşik değeri (T=140) (a) histogram ve T'ye bağlı (maliyet) fonksiyonu, (b) orijinal Cb imge, (c) T=140 için eşiklenmiş imge

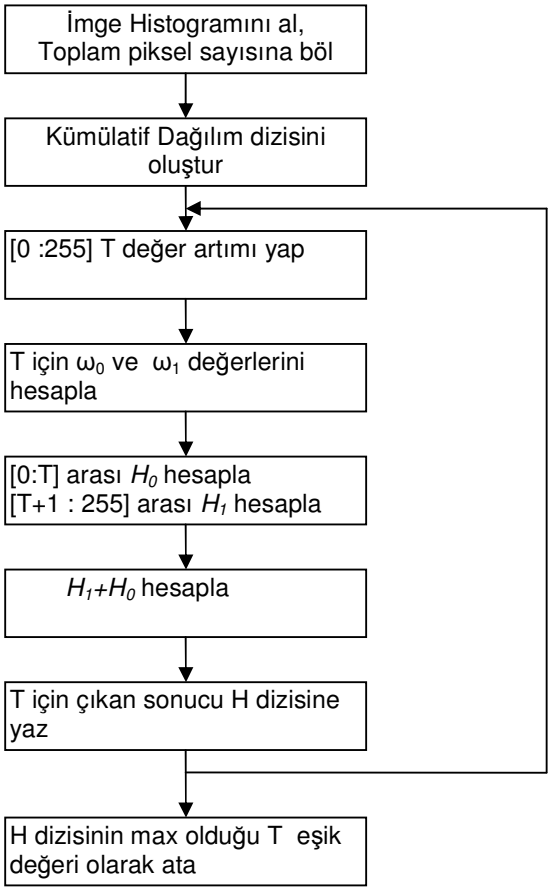
Kapur Entropik Eşikleme Yöntemi

Histogram entropisine dayanan yöntemlerden bazıları imgedeki bilginin göstergesi olarak eşiklenmiş imgenin entropisi en büyük olacak şekilde eşik değerini belirlemeye çalışırken, bazıları da gri seviyeli imge ile eşiklenmiş imge arasındaki çapraz entropinin en düşük veya en büyük olduğu eşik değerini bulmaya çalışmaktadırlar. Kapur entropik yönteminde ön plan ve arka plan pikselleri iki farklı bilgi kaynağı olarak ele alınmakta, arka plan pikselleri ve ön plan pikselleri sırasıyla H_0 (3.29) ve H_1 (3.30) toplam entropisi (3.31)'daki eşitliği en büyük yapacak T eşik değeri optimal eşik olarak kabul edilmektedir. Bu yönteme ilişkin program akış şeması ve kodu Şekil 3.35'de, eşikleme sonucu da Şekil 3.36'da görülmektedir.

$$H_0 = -\sum_{g=0}^{T} \frac{p(g)}{\omega_0} \log\left(\frac{p(g)}{\omega_0}\right) \qquad \textbf{(3.29)}$$

$$H_1 = -\sum_{g=T+1}^{L-1} \frac{p(g)}{\omega_1} \log\left(\frac{p(g)}{\omega_1}\right) \qquad \textbf{(3.30)}$$

$$T_{opt} = \arg_T \max\{H_0 + H_1\} \qquad \textbf{(3.31)}$$



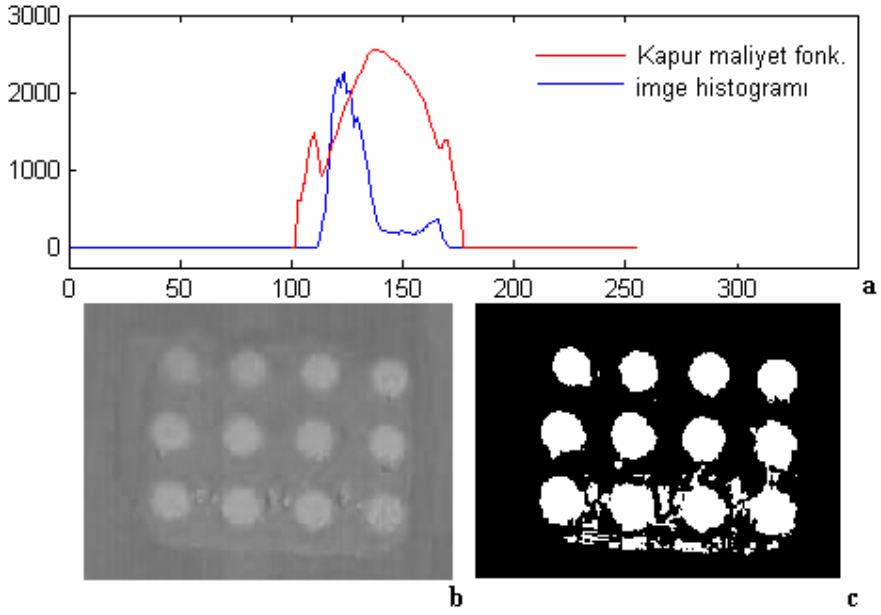
a

```
function out = kapur(img)
p=imhist(img)/numel(img);
pc=cumsum(p);
H=zeros(1,256);

for T=0:255
    omega0=pc(T+1);
    omega1=1-omega0;
    H0=0;
    for i=0:T
      H0=H0+(p(i+1)/omega0)*log10((p(i+1)+eps)/(omega0));
    end
    H1=0;
    for i=T+1:255
      H1=H1+(p(i+1)/omega1)*log10((p(i+1)+eps)/(omega1));
    end
    H(T+1)=-H0-H1;
end
out=find(H==max(H));
```

b

Şekil 3.35 : Kapur Entropik Yöntem (a) program akış şeması, (b) Matlab kodu



Şekil 3.36 : Kapur yöntemi ile elde edilen eşik değeri (T=137) (a) histogram ve T'ye bağlı (maliyet) fonksiyonu, (b) orijinal Cb imge, (c) T=137 için eşiklenmiş imge.

Sample Moment Fonksiyonu Eşikleme

Diğer eşikleme yöntemleri incelendiğinde eşik değerinin histograma dayalı hesap edilen bir fonksiyonun en küçük ya da en büyük değerlerini aldığı noktalara karşılık düştüğü görülmektedir. Bu işlemlerde tüm histogram taranarak test eşik değeri için ön plan ve arka plan bölgesi fonksiyon değerleri hesaplanmakta, bu değerler toplanarak yeni bir fonksiyon elde edilmekte ve T değeri için bu son fonksiyondan yararlanılmaktadır [16].

Bu eşikleme yönteminde de yine diğer yöntemler gibi olasılık dağılımı yardımıyla elde edilen bir dinamik değişinti fonksiyonu kullanılmakta, ancak diğerlerinden farklı olarak aday eşik değerlerinin, fonksiyonun extramum noktalarına karşı düştüğü kabulü yapılmaktadır.

$$V_0 = \sum_{g=0}^{T}\left[\left(g-\frac{m_0}{\omega_0}\right)^2\frac{p(g)}{\omega_0}\right] = \sum_{g=0}^{T}\left[\left(g-\overline{m_0}\right)^2\frac{p(g)}{\omega_0}\right] \qquad \textbf{(3.32)}$$

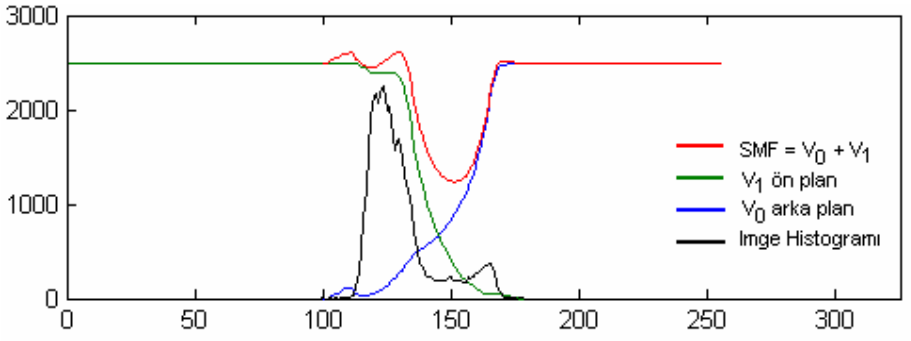
$$V_1 = \sum_{g=T+1}^{L-1}\left[\left(g-\frac{m_1}{\omega_1}\right)^2\frac{p(g)}{\omega_1}\right] = \sum_{g=T+1}^{L-1}\left[\left(g-\overline{m_1}\right)^2\frac{p(g)}{\omega_1}\right] \qquad \textbf{(3.33)}$$

son haliyle ilgili fonksiyon,

$$SMF(T) = V_0 + V_1 \qquad \textbf{(3.34)}$$

şeklinde olacaktır. Bu fonksiyonda extramum noktalarına bakılarak ikinci bir işlem ile optimum eşik noktası bulunacaktır. Burada sırasıyla arka plan ve ön plan pikselleri için ω_0 , ω_1 artımsal dağılım (sıfırıncı moment), m_0, m_1 ortalama (birinci moment), $\overline{m_0}, \overline{m_1}$ ağırlıklandırılmış ortalama değerleridir.

Şekil 3.37'da bir önceki yöntemde kullanılan imge histogramı için elde edilen arka plan V_0, ön plan V_1 ve toplamı SMF gösterilmektedir.



Şekil 3.37 : Bir önceki yöntemde kullanılan imge histogramı ve SMF

Bu yöntemle, Şekil 3.37'deki extramum noktalarına karşılık gelen T = {111, 119, 130, 152, 173, 177} aday eşik değerleri elde edilmiştir. Bu değerler içerisinden bu çalışmada ilgilenilen ön plan olan kapak pikselleri için eşik değeri T_{opt} = 152 olarak kullanılacaktır. Bu yöntemde diğer yöntemlerden farklı olarak bulunan aday eşik değerlerinin elde edilmesinin ardından ikinci bir işlem olarak açık yada koyu gri seviyesinden başlanarak aday değerin beklenen kriteri karşılayıp karşılamadığı kontrol edilmelidir. Bu uygulama için iki ölçüt :

- Kapak pikselleri (ön plan) açık ton bölgesinde toplandığı için aday eşik değerlerinin sağdan sola doğru sınanması gerekecektir (ön plan = binary 1).

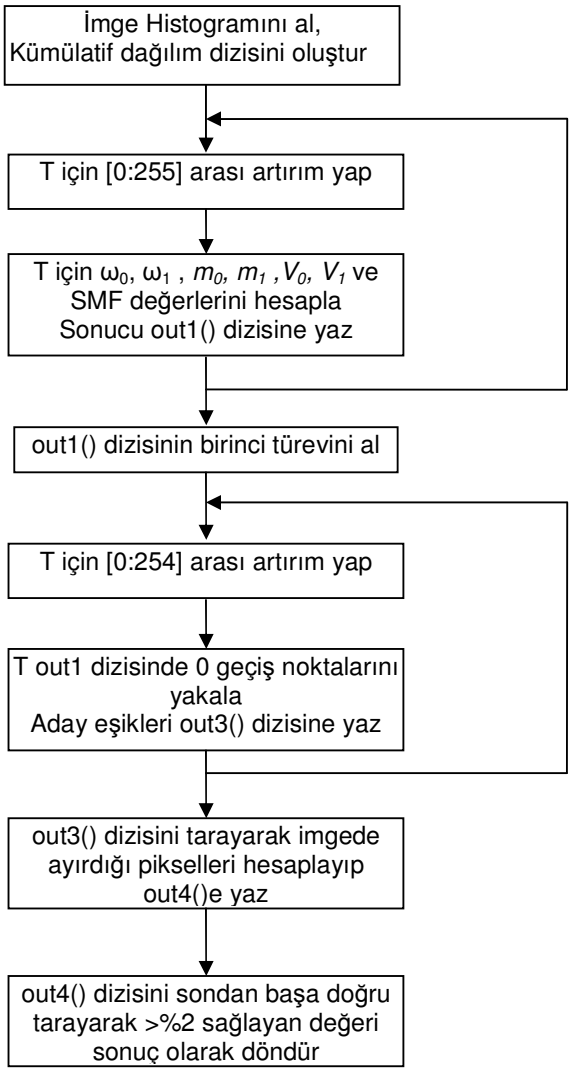
- Sınama yapılırken ayrılan ön plan piksellerinin toplam piksellerin belli bir yüzdesinden daha çok olması gerekmektedir. Bunun amacı gürültü veya anlamsız eşiklemelerden etkilenmeyi engellemektir. Uygulamaya bağlı olarak genelde %1 - %4 gibi seçilebilir.

Bu durumda Şekil 3.37'de elde edilen aday değerler ve ayırdığı ön plan piksel yüzdeleri Tablo 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3.8 : Örnek imge histogramına ait aday eşik değerleri ve yüzdeleri

Aday Eşik	177	173	**152**	130	119	111
% piksel	0,00%	0,01%	**9,54%**	31,36%	80,08%	99,86%

İkinci ölçüt olarak seçilen piksel yüzdesi bu örnekte %2 olarak alınmıştır. Bu oran sahne içerisindeki 12 adet kapak için öngörülen bir alt değerdir. %2'nin altında bir ön plan sınıfı oluşumu durumunda program bunu değerlendirmeyip bir sonraki aday değere bakmalıdır. Bu yöntem için uygulanan program akış şeması Şekil 3.38'de verilmiştir.



Şekil 3.38 : SMF yöntemi için kullanılan program akış şeması

```
function out = smf(img)
p=imhist(img)/numel(img);
pc=cumsum(p);
out1 =zeros(1,256);

for T=0:255
    omega0=pc(T+1);
    omega1=1-omega0;
    m0=0;
    for i=0:T
        m0=m0+i*p(i+1);
    end
    m1=0;
    for i=T+1:255
        m1=m1+i*p(i+1);
    end
    v0=0;
    for i=0:T
        v0=v0+(i*omega0-m0)^2*p(i+1)/omega0^3;
    end
    v1=0;
    for i=T+1:255;
        v1=v1+(i*omega1-m1)^2*p(i+1)/omega1^3;
    end
    out1(T+1)=v0+v1;
end
c=0;
out2=diff(out1);
out3  = 0;

for k=1:254;
    if (out2(k)*out2(k+1)< 0)
        c=c+1;
        out3(c)=k+1;
    end
end

N=numel(out3);
out4=0;

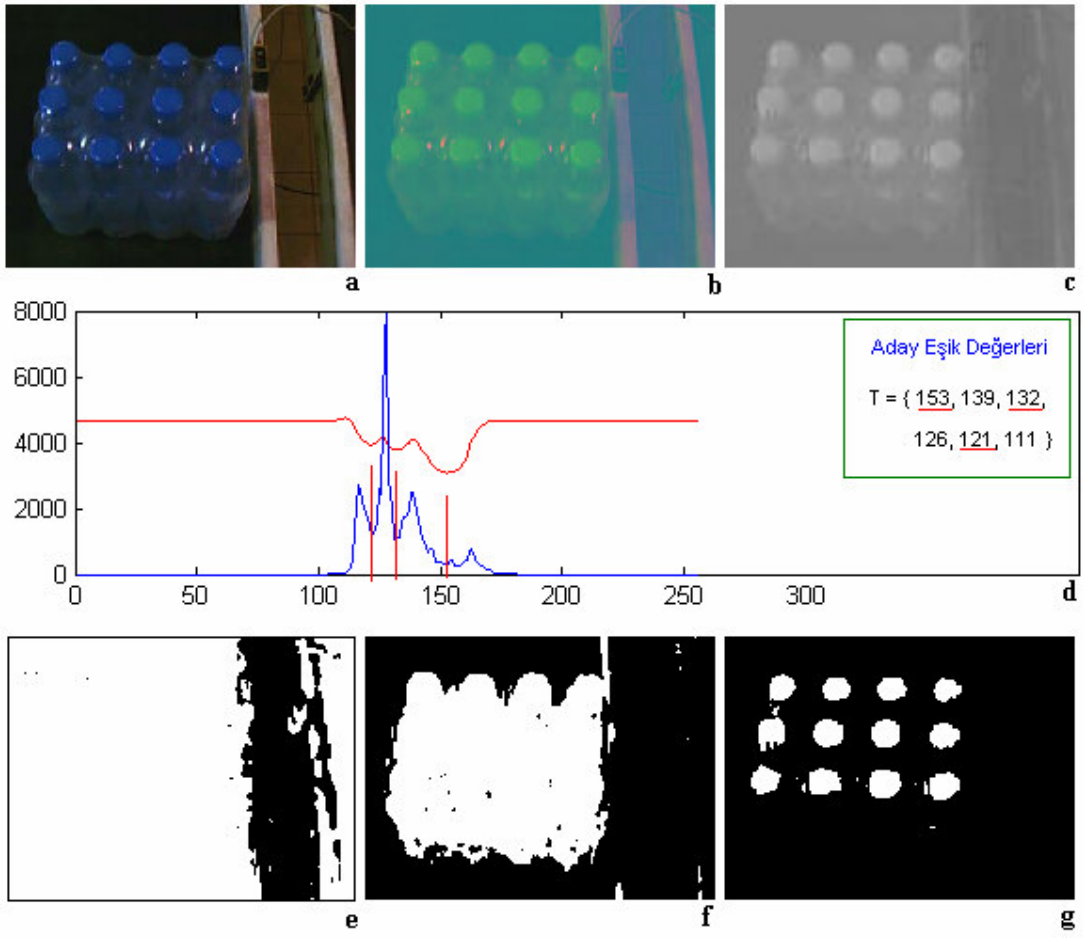
for y=1:N
    out4(y)=size(find(img>out3(y)))/size(img(:));
end
out5=0;

for yy=N:-1:1
    if (out4(yy) > 0.02)
        out5 = out3(yy);
        break;
    end
end

out=out5;
```

Şekil 3.39 : SMF eşikleme yöntemi Matlab program kodu

Örnek Moment Fonksiyonu (SMF) kullanıldığında elde edilen aday değerlerle yapılan eşikleme sonuçları, dağılımları daha belirgin olan başka bir imge için Şekil 3.40'da gösterilmiştir. Buna göre imge içerisindeki anlamlı dağılımların (kapak, şişe, konveyör) birbirlerinden ayrıldığı noktalar örnek moment fonksiyonunun extramum noktalarına karşılık gelmektedir.



Şekil 3.40 : Paketlenmiş ürün imgesi (a) RGB formatlı, (b)YCbCr formatlı, (c) Cb bileşeni, (d) Cb bileşeni için histogram ve örnek moment fonksiyonu, (e) T=121 eşiklenmiş imge, (f) T=132 eşiklenmiş imge, (g) T=153 eşiklenmiş imge

Örnek moment fonksiyonu extramum noktaları, Şekil 3.40(d)'de görüldüğü gibi imgenin önemli kısımlarını kolayca bölütlemeye imkan vermektedir. Bu örnekte görülen 4 ana dağılım sırasıyla verilen gri ton seviye aralıklarında [0-121] : üretim alanı zemini, [121-132] : konveyör bandı, [132-153]: paketlenmiş PET şişeler, [153-255] : şişe kapakları piksellerine karşılık gelmektedir. Bu çalışmada olduğu gibi Örnek Moment Fonksiyonu kullanılarak hedeflenen nesneler ilgili aralıklarda

bulunabilir. Ancak uygulama kolaylığı açısından imge histogramında en açık veya en koyu bölgede kalan bölgenin ön plan olarak ayrılması tercih edilmektedir. Bu durumda imgenin sadece iki farklı sınıftan oluşma şartı olmaksızın ön plan – arka plan ayrımı yapılabilir.

Eşikleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Kısım 3.3.2'de kullanılan aynı test imgelerini ve binary maskelerini kullanarak yapılan karşılaştırma sonuçları Tablo 3.9'da gösterilmiştir. Bu karşılaştırmada test edilen yöntem sonucunda oluşan binary imge ideal kabul edilen binary maske imgesiyle piksel piksel karşılaştırılıp, farklı olan piksel sayısı toplam piksel sayısına oranı performans değeri olarak alınmıştır. Karşılaştırma programının Matlab kodu Şekil 3.41'de verilmiştir.

Tablo 3.9 : Farklı eşikleme yöntemlerinin mevcut test imgeleri ve binary maskeleri kullanılarak karşılaştırılması

		Riddler	**Otsu**	**Kapur**	**SMF**
Test 1	*Eşik Seviyesi*	133	135	143	153
	Örtüşmeyen piksel s.	20605	17085	3214	2398
	Toplam piksel s.	76800	76800	76800	76800
	Başarım %	73,17	77,75	95,82	**96,88**
Test 2	*Eşik Seviyesi*	142	143	141	153
	Örtüşmeyen piksel s.	5036	4288	5869	1593
	Toplam piksel s.	76800	76800	76800	76800
	Başarım %	93,44	94,42	92,36	**97,93**
Test 3	*Eşik Seviyesi*	145	146	121	153
	Örtüşmeyen piksel s.	2436	2092	32914	1434
	Toplam piksel s.	44800	44800	44800	44800
	Başarım %	94,56	95,33	26,53	**96,8**

Bu çalışmada topaklamaya veya entopiye dayalı yöntemlerin başarısız olması imgelerin ikiden fazla dağılım içermesidir, oysa örnek moment fonksiyonu uygulamaya bağlı olarak sadece en sağ (açık ton) veya en sol (koyu ton) bölgedeki anlamlı dağılıma baktığı için başarılı olmaktadır.

Test imgeleri çevresel etkilerin olduğu farklı sahnelerden alındığı için seçilen eşikleme yönteminin her üç test imgesinde başarılı olması gerekmektedir. Ancak hedef ön plan piksellerinin her zaman histogram üzerinde en sağ veya en sol da olacak şekilde bir kamera alma açısı ayarlanmalıdır.

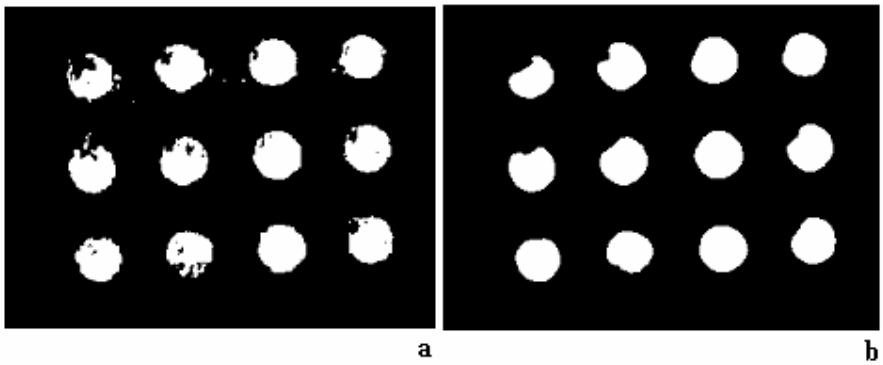
```
function esikTest(img,mask)
m=mask(:);
N=numel(m);
T=[riddler(img) otsu(img) kapur(img) smf3(img)];
S=zeros(1,4);
K=zeros(1,4);

for p=1:4
      temp = logical(im2bw(img,T(p)/256));
      for pp=1:numel(mask);
            K(p)=K(p)+xor(temp(pp),m(pp));
      end
      S(p) = 1- K(p)/N;
      end
K,S
```

Şekil 3.41 : Karşılaştırmada kullanılan Matlab program kodu

3.4.2 İmge Filtreleme

Hedef pikseller en uygun yöntem olan örnek moment fonksiyonu extramum noktaları kullanılarak belirlendikten sonra yapılan eşikleme sonucu oluşan binary imgede doğal olarak Şekil 3.42(a)'daki gibi ortam, kamera, gürültü kaynaklı pikseller kalmaktadır. Bu piksellerin yok edilmesi için en uygun yöntem olarak 2 boyutlu medyan filtre kullanılması önerilmektedir [17]. Çünkü medyan filtrelerin özelliği rastlantısal gürültüleri çok iyi temizlemesi ve diğer lineer yumuşatma (smoothing) filtreleri gibi bulanık(blur) etki yapmamasıdır.



Şekil 3.42 : (a) En uygun eşikleme sonrası elde edilen imge, (b) imgedeki gürültünün medyan filtre kullanılarak temizlenmiş hali

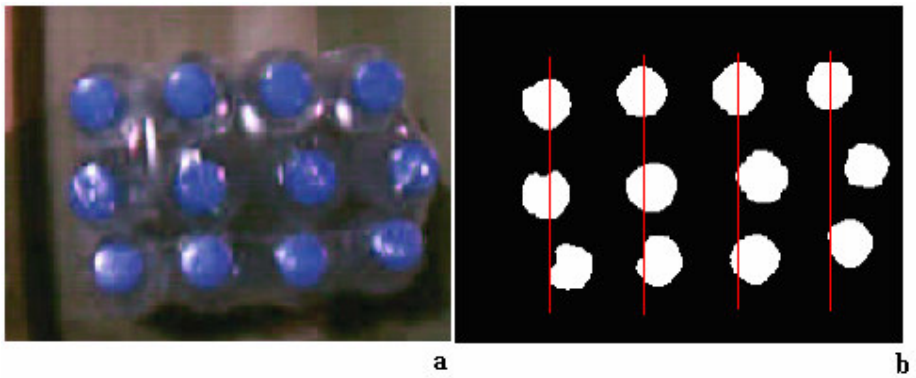
Temel olarak medyan filtreler, $f(x,y)$ sayısal imgesinde bir (x,y) noktasına uygulanması sonucu yeni değer, bu noktanın ortasında bulunduğu m x n boyutundaki S_{xy} alt imgesinin tüm piksellerin küçükten büyüğe sıralandıktan sonra sıralamanın ortasındaki değerin seçilmesi ile elde edilir [13].

$$\hat{f}(x,y) = \underset{(s,t\in S_{xy})}{median}\{f(s,t)\} \qquad \textbf{(3.35)}$$

Şekil 3.42 (b)'de 10x10 maskesi ile elde edilen medyan filtre uygulanmasının sonucu görülmektedir. Buna göre arka plan bölgesindeki az sayıda beyaz piksellerin yok edilmesinin yanı sıra, ön plan bölgesindeki aza sayıda siyah piksel de maske ölçüsünden küçük alanlar için yok edilmiştir. Maske boyutu ön plan nesnesi boyutlarına uygun boyutta seçilmelidir. Hedef nesne (bu uygulama için kapak) boyutlarından daha büyük maske seçilmesi durumunda ön plan nesneleri de kaybolacaktır.

3.4.3 İmge Analizi

Bölütlenmiş ve filtrelenmiş binary imge, artık analiz edilebilir durumdadır. Şekil 3.43'de örnek olarak alınmış, hatalı bir paketi gösteren (a) gerçek ve (b) binary imge görülebilir. Bu kısımda yapılacak olan analiz, üretim hattından PC kamera yardı ile alınan görüntüde otomatik olarak düzgünlük kontrolünün yapılmasıdır. Gürültüden arındırılmış, sadece 0 ve 1'lerden oluşan mantıksal imgede ön plan (beyaz – mantıksal 1) pikseller, arka plan (siyah – mantıksal 0) pikselleri üzerinde düzgünlüğü araştırılacak, verilen şartları sağlaması durumunda analiz sonucu mantıksal (doğru – mantıksal 1 veya yanlış-mantıksal 0) olarak döndürülecektir.

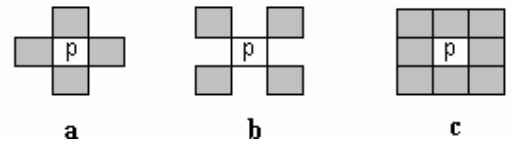


Şekil 3.43 : (a) Üretim hattından alınan imge, (b) imgenin filtrelenmiş binary hali

Piksel Bağlantıları ve Etiket Matrisi

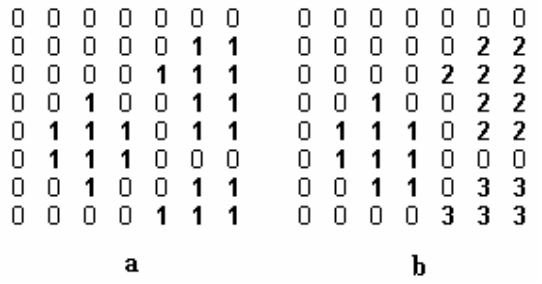
Bu aşamaya kadar ve sayısı ve taşıdığı gri seviye bilgisi ile ilgilenilen ön plan pikselleri anlamlı bir bilgi vermesi için, tek bir piksel olarak değil, piksel kümesi olarak ele alınmalıdır. Bu piksel kümeleri bağlantılı bileşenleri kısaca nesneleri temsil edecektir [11].

Piksellerin bir grup oluşturabilmeleri için öncelikle birbirlerine nasıl bağlandıklarının incelenmesi gerekir. Şekil 3.44'de bu bağlantı şekilleri görülmektedir. Bağlantılar iki pikselin komşuluğu ile belirlenirler. Piksel komşulukları ise $f(x,y)$ ile ifade edilen sayısal bir imge için genel olarak iki gruba ayrılabilir. İlk grup yatay ve dikey komşular : (x,y) noktasındaki bir p pikseli için $(x+1,y)$, $(x-1,y)$, $(x,y+1)$, $(x,y-1ı$ olur. Bu komşu grubuna p'nin 4 komşuluğu adı verilir ve $N_4(p)$ ile gösterilir. p'nin dört diagonal komşuları ise $(x-1,y-1)$, $(x+1,y+1)$, $(x+1,y-1)$, $(x-1,y+1)$ koordinatlarını alırlar ve $N_D(p)$ ilr gösterilir. İlk ve ikinci grup birlikte p'nin 8 komşuluğu adını alır ve $N_8(p)$ ile gösterilir.



Şekil 3.44 : Piksel bağlantıları (a) 4 komşuluğu N_4, (b) Diagonal komşuluk N_D, (c) 8 komşuluğu N_8.

Etiket matrisi ise piksel gruplarının oluşumu sırasında piksel piksel tarama sonucunda her piksel grubuna (bağlı bileşenlere) o grubu tanımlayan bir tamsayı verilmesi ile elde edilir. Şekil 4.45'de örnek bir binary imge ve etiket matrisi görülmektedir.



Şekil 3.45 : Örnek bir (a) binary imge, (b) imgeye ait etiket matrisi

Etiket matrisi elde edilirken, grupların oluşturulması için bağlantı şekli (N_4, N_8) göz önünde bulundurulur. Matlab IPT hazır fonksiyonlarından olan 'bwlabel' işlenecek binary imge ile beraber bağlantı şeklini belirleyen 4 veya 8 şeklinde ikinci bir parametreye ihtiyaç duymaktadır.

Etiket matrisinin kullanılmasıyla, numaralanmış ön plan nesnelerine ait cisim merkezi, alan, yönelme, katılık..gibi birçok fiziksel belirleyicileri Matlab IPT fonksiyonu 'regionprops' ile elde edilebilir. Bu çalışmada paket düzgünlüğünü belirlemek amacıyla aynı sıradaki kapak piksel gruplarının merkez doğrultuları karşılaştırılmaktadır (Şekil 3.43(b)). Bu amaçla 'regionprops' fonsiyonunun 'centroid' (nesne merkezi) parametresi kullanılmıştır [11]. Aslında aynı belirleyici ilgili nesnedeki tüm piksellerin x ve y koordinatlarının ortalama değeridir. N adet piksel için Pn_x, Pn_y n'inci pikselin sırasıyla x ve y koordinatları, m_x, m_y ilgili piksel grubunun (nesne) cisim merkezi olmak üzere;

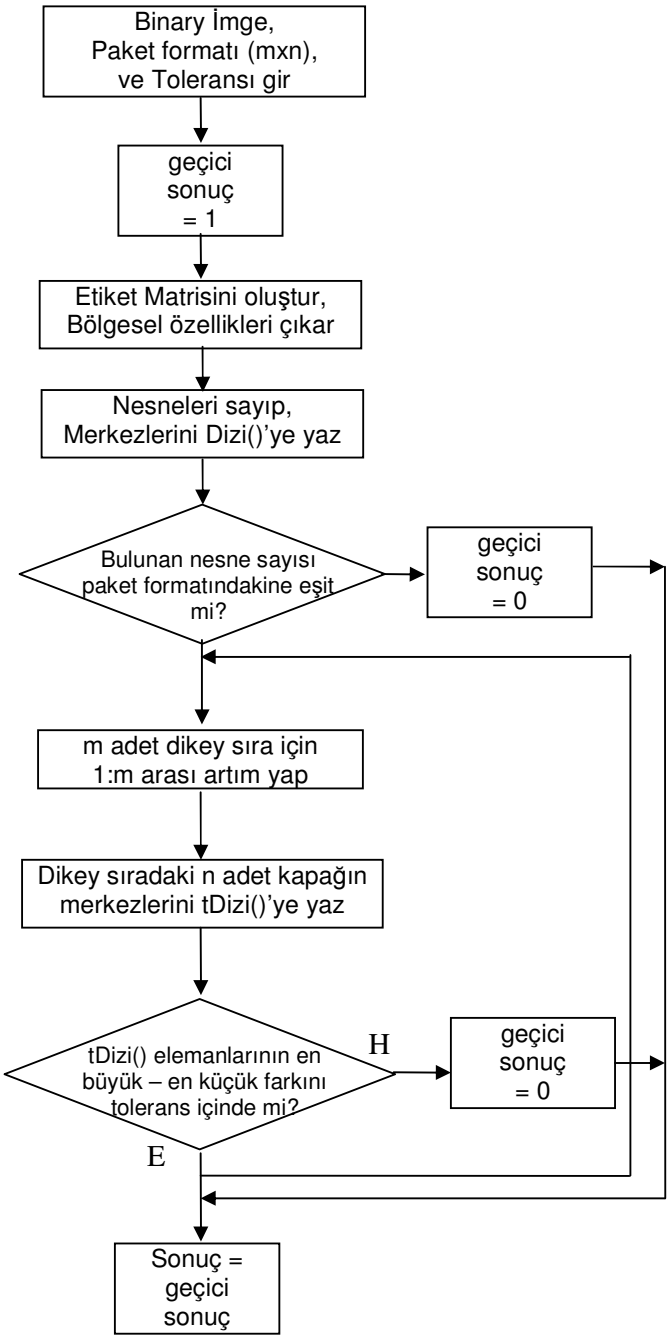
$$m_x = \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} Pn_x \,, \qquad m_y = \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} Pn_y \tag{3.36}$$

ile bulunabilir.

Nesne merkezlerinin elde edilmesinden sonraki adım formatı belirli olan ilgili paket içerisindeki şişelerin yerleşiminin kontrol edilmesidir. Şekil 3.47 ve Şekil 3.48'de sırasıyla program akış şeması ve Matlab kodları verilen 'centerTest.m' programıyla her bir dikey sıra içerisindeki kapakların merkezleri için yataydaki merkezleri arasında en uzun fark bulunarak, uygulamaya göre belirlenen bir tolerans içerisinde olup olmadığı kontrol edilir. Tüm kapaklar sınanarak sonuç döndürülür.



Şekil 3.46 : Paket düzgünlüğünün kontrolünü yapan program centerTest.m tarafından bulunan kapak merkezlerinin orijinal imge üzerinde gösterilmesi



Şekil 3.47 : Paket düzgünlüğünün kontrolünü yapan Matlab programı centerTest.m akış şeması

```
function out = centerTest(img,format)
tolerans = 15;
temp = true;
[L num] = bwlabel(img,4);
D = regionprops(L,'Centroid');
Dizi = cat(1,D.Centroid);

if (num == format(1)*format(2))
    for i=1:format(1)
        tDizi = Dizi((i-1)*format(2)+1:i*format(2));
        if (max(tDizi) - min(tDizi) > tolerans)
            temp = false;
        break;
        end
    end
else
    temp = false;
end
out = temp;
```

a

```
>> centerTest(testImg, [4 3]);

ans =

     1
```

b

Şekil 3.48 : (a) analiz yapan fonksiyon program parçası (centerTest.m) , (b) fonksiyonun komut satırından çağrılması.

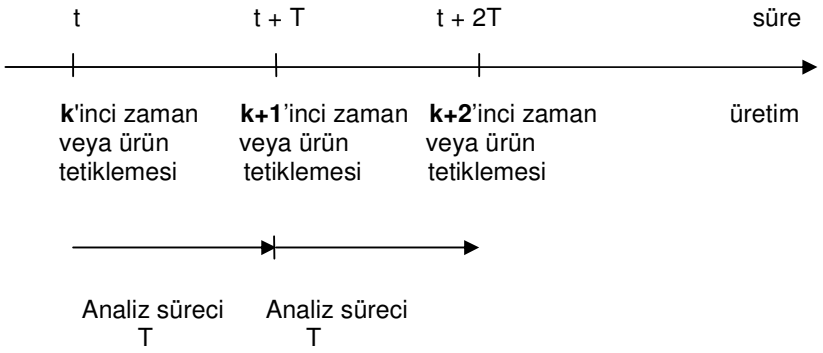
3.5 Toplam Analiz Süresi

Bilgisayarla görü sistemlerinde alınan sayısal görüntüden mantıksal bir sonucunun çıkarılma süreci sayısal görüntü işleme ve analiz süreci olarak ele alınmaktadır. Bu alt sistemler toplamında yapılan işin belirli bir T süresinde tamamlanması gerekmektedir. T süresi konveyör üzerindeki ürünün analizinin sonuçlanması için gereken süredir. Eğer bu süre aşılırsa sistem bir sonraki tetiklemeyi (harici veya zamanlayıcı) alacak ve mantıksal sonuç çıkmadan yeni bir analiz süreci başlamış olacaktır. Bu da istenmeyen bir durum olarak bu sistemin en belirgin kısıtlayıcı faktörüdür [18].

Genel endüstriyel uygulamalarda sonuçlandırma süreleri 1 saniyenin çok altında milisaniyeler sürelerinde gerçekleşmektedir [6]. Şekil 3.49'da gösterilen zamanlama çizelgesinde bu süreç, üretim süreci ile ilişkilendirilmiştir. Üretim hızı ayrıca görüntülenecek ortam için ilgi bölgesinin (Region of Interest – ROI veya Field of View -FOV) de bir belirleyicisi olduğu unutulmamalıdır [18].

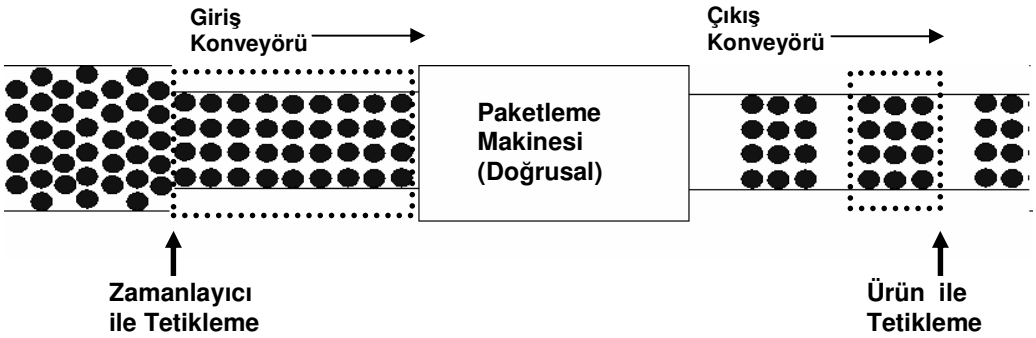
Analiz süresi için verilen zaman aralığı (T) bir bakıma PC kameraya verilen iki tetikleme sinyali arası geçen süredir. Bu uygulamada iki tür tetikleme kullanılmıştır.

- Zamanlayıcı ile algılama bölgesi (ROI) tetiklemesi
- Konveyör ürün tetiklemesi

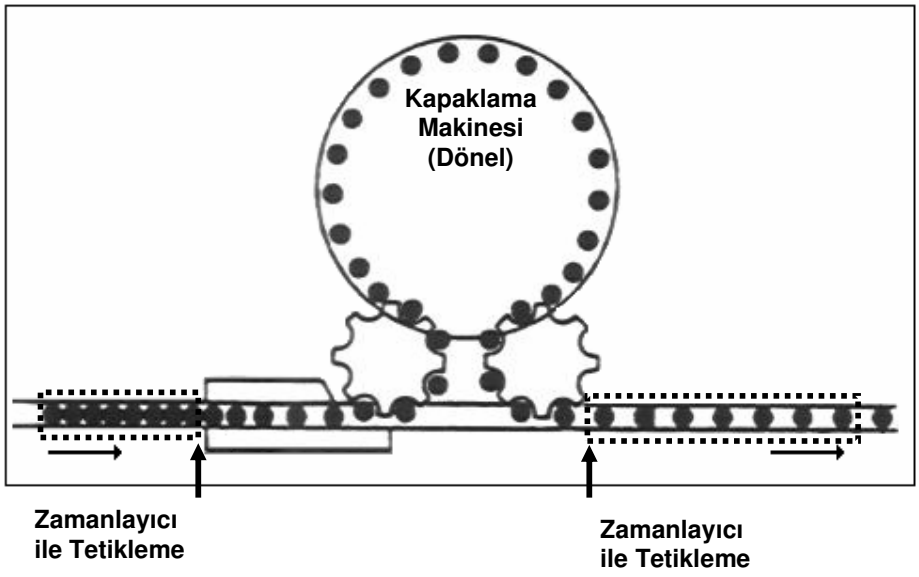


Şekil 3.49 : Üretim ve Analiz Süreçleri.

Üretim hatlarında kullanılan makine tiplerine göre de seçilebilen bu iki tür tetikleme bu çalışmada, doğrusal makine olan paketleme makinelerinde kullanılırken, makine çıkışında paketler bir fotoelektrik sensör yardımıyla konveyör ürün tetiklemesi gerçekleştirilmektedir. Önerilen etikleme yöntemleri Şekil 3.50 ve Şekil 3.51'de gösterilmiştir.



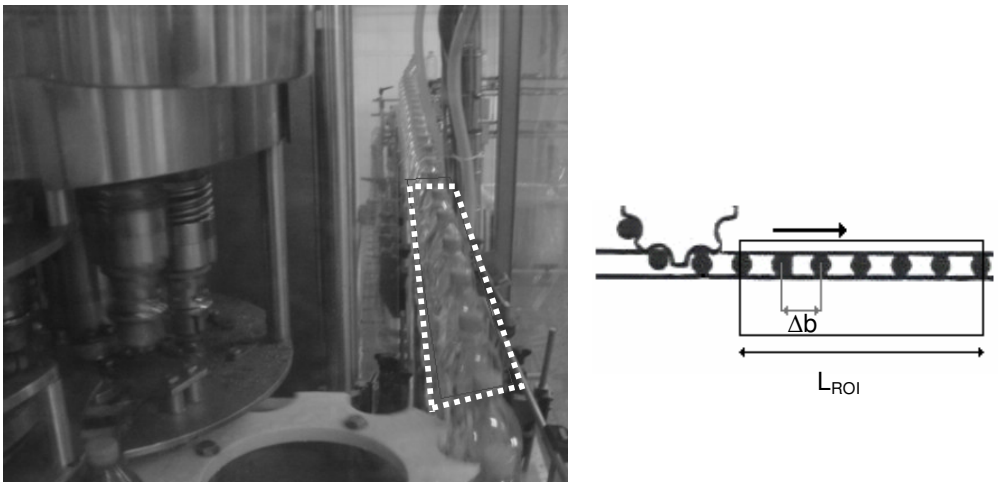
Şekil 3.50 : Doğrusal bir makinede uygulanan kamera tetikleme yöntemi



Şekil 3.51 : Dönel bir makinede uygulanan kamera tetikleme yöntemi.

3.5.1 Zamanlayıcı ile tetikleme

Tek bir tetikleme sinyali ile tek bir ürün yerine konveyör üzerinde birden fazla ürünün kontrol edilmesi gereken durumlarda kullanılır. En önemli nokta iki tetikleme işareti arasında bazı ürünlerin görüş alanı dışında kalmaması gereğidir. Bunun için de T süresi ile şişe sayısı (n) ve görüş açısı boyu (L_{ROI}) arasında uygun bağıntılar bulunmalıdır.



a **b**

Şekil 3.52 : Kapaklama makinesinde (a) ilgi bölgesi örneği, (b) hesaplamada kullanılan değişkenler

Q_p üretim hattı hızı (şişe/saat) olmak üzere, makine giriş veya çıkış noktasından bağımsız olarak birim zamanda geçen şişe sayısı (n);

$$n = \frac{Q_p}{3600} \tag{3.37}$$

olacağı için T süresinde geçecek miktar (N)

$$N = \frac{TQ_p}{3600} \tag{3.38}$$

olacaktır. Buradan

$$T = \frac{N.3600}{Q_p} \tag{3.39}$$

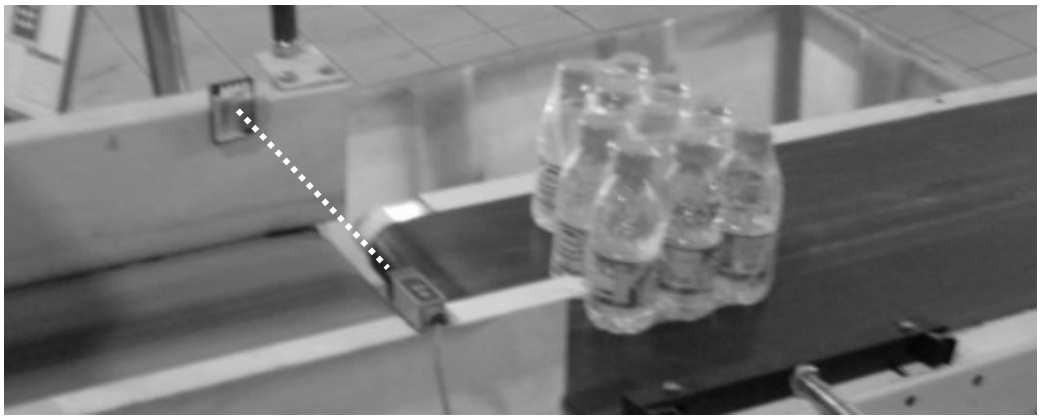
bulunur. Böylece sabit bir üretim hızında konveyör hızından (V_c) bağımsız olarak, şişe sayısı (N) temel alınarak T süresi hesaplanabilir (3.39). Giriş konveyör hızı birikmelerden dolayı makinelerde belirleyici olmadığı halde (Kısım 2.3.1), çıkış tarafında konveyör hızının (V_c) artması ile şişe aralıkları (Δb) artacağı, ilgi alanı büyüklüğü de (L_{ROI}) artacaktır (3.40). Ayrıca T zamanında geçen şişe sayısı (N) değişmeyeceği için, ilgi alanı büyümesi de kameranın görme açısının artması anlamına gelecektir.

$$L_{ROI} = (N-1)\Delta b \tag{3.40}$$

$$V_c = \frac{L_{ROI}}{T} = \frac{(N-1)\Delta b}{T} \tag{3.41}$$

3.5.2 Ürün ile tetikleme

Özellikle çıkış konveyörlerinde (üretim ve çıkış konveyör hızlarına bağlı olarak) meydana gelen şişe veya paketler arası boşluklar aynı zamanda fotoelektrik sensörler yardımıyla yükselen kenar tetiklemelerine imkan vermektedir. Bu sensörler makine veya konveyör yavaşlama, hızlanma, durma veya ürün sayma amaçlı zaten kullanılmaktadırlar. PC kamera tetiklemesi, dolayısıyla görüntü işleme ve analizi sürecini başlatacak tetiklemeler kolayca bu sensörler yardımıyla elde edilebilir. Şekil 3.53'de, bu çalışmada kullanılan reflektörlü tip fotoelektrik sensör konveyör üzerinde sabit olarak görülmektedir.



Şekil 3.53 : Çalışmada tetikleme amaçlı kullanılan fotoelektrik sensör

Daha önceden bulunan bağıntı (3.39) bu uygulamada da aynen geçerlidir. Ancak giriş konveyörlerinde olduğu gibi konveyör hızından bağımsız olarak düşünülse de, şişe veya paketler arası aralık konveyör hızıyla belirlendiği unutulmamalıdır. Tetikleme için bu boşluklar kullanılacağından konveyörün yeterince hızlı olması gerekmektedir. Zamanlayıcı ile tetiklemede olduğu gibi tetiklemeler arası T süresi görüntü işleme ve analiz için yeterli olmalıdır. Uygulamanın yapıldığı paketleme makinesi değerleri Tablo 3.10'da verilmiştir.

Tablo 3.10 : Uygulamanın yapıldığı paketleme makineleri ve konveyör bilgileri

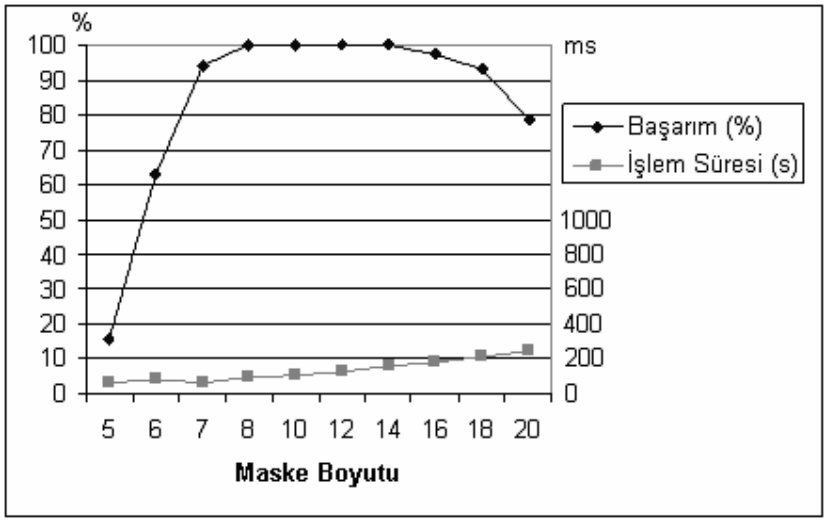
Hat	Üretim hızı,Q_p (paket/dak)	Üretim hızı, Q_p (şişe/saat)	Paketdeki şişe sayısı,n (adet)	Tetikleme Peryodu ,T (s)	Çıkış konveyör hızı,V_{c2} (m/s)
L1	38	27360	12	1,58	0,36
L2	16	11520	12	3,75	0,18
L2	16	5760	6	3,75	0,18

Şu ana kadar yapılan işlemin ne kadar süreceğini (PC kameradan alınan YCbCr formatlı imgenin işlenip analizden mantıksal bir sonuç çıkması) görmek için Şekil 3.54'deki gibi tek satır bir komutla çalıştırınca yaklaşık 150 ila 250 ms sürdüğü gözlemlenmektedir. Bu da kamera tetikleme peryodu en az 1,5 s olan paketleme makineleri için oldukça yüksek bir performans olarak kabul edilebilir.

```
>> tic;img2 = un(:,:,2); img3 = im2bw(img2,smf(img2)/256); img4 = medfilt2(img3,[10
10]);centertest(img4,[4 3]);toc
```

Şekil 3.54 : İmge işleme ve analiz süresinin komut satırından ölçülmesi

Sistemin tutarlı karar verebilmesi için birçok parametre dikkarli seçilmelidir. Şekil 3.55'de değişen medyan filtre maske boyutuna göre başarımın nasıl değiştiği ancak sürenin arttığına dikkat edilmelidir.

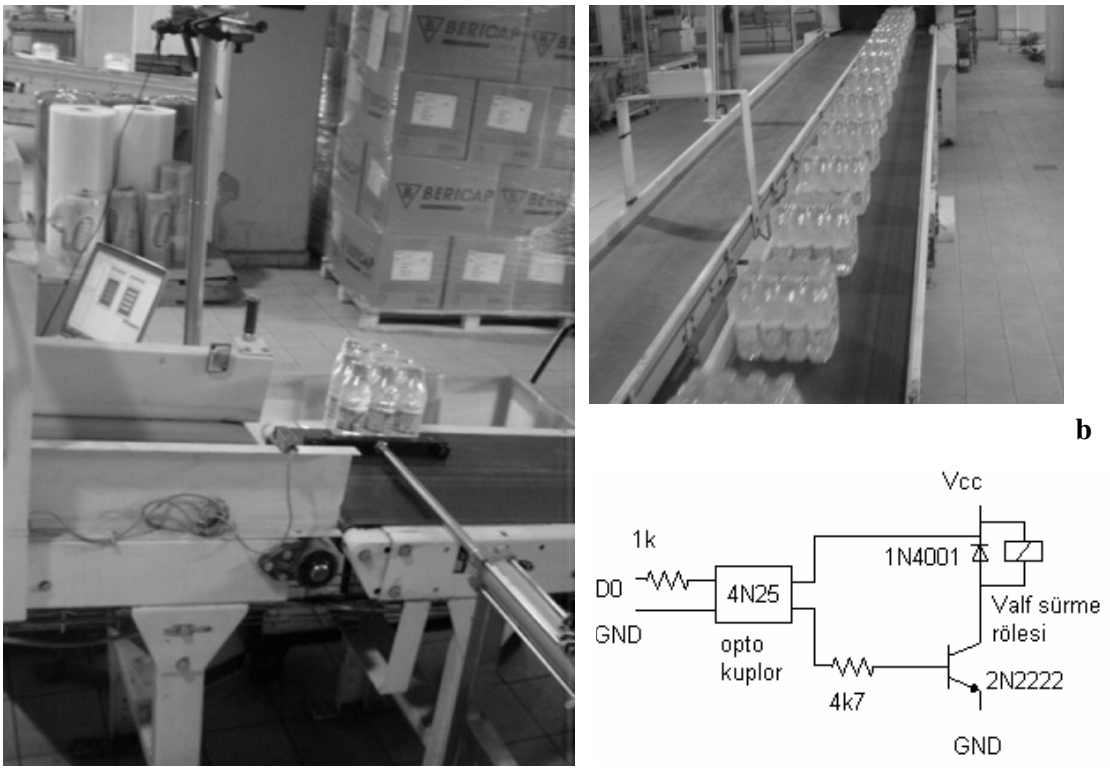


Şekil 3.55 : Değişen medyan filtre maske boyutuna göre başarım ve süre değerleri

3.6 Ürün Atma Sistemi

Yapılan tüm analiz işlemi sonucunda ilgili ürün kontrolü için olumlu ya da olumsuz bir sonuç bir şekilde dış dünyaya otomatik olarak gönderilmelidir. Bunun için yine daha önce PC kamera tetiklemede kullanılan paralel port kullanılacaktır. Bu uygulamada seçilen paralel port bağlantı uçlarından iki yönlü bilgi aktarımı mümkün olmaktadır.

Buna göre D0 biti (Pin 2) çıkış için kullanılmış olup, programdan gelen analiz sonucuna göre uygun olmayan ürün(paket) geldiğinde konveyör üzeri sabit bir pnömatik silindir tarafından hattan atılmaktadır. Kurulu sistemin resim ve devre şeması Şekil 3.56'da verilmiştir.



Şekil 3.56 : Kurulu sistemin (a), (b) resim, (c) devre şeması

Şekil 3.57'de tüm işlemin yapıldığı program parçası verilmiştir (Parportgui.m). Bu program daha önce çıkarılan Şekil 3.39'daki 'SMF.m' ve Şekil 3.48'deki 'centerTest.m' fonksiyonları kullanmaktadır.

```
function Parportgui

    fig = open('Parportgui.fig');
    parportIn = digitalio('parallel','LPT1');
    parportOut = digitalio('parallel','LPT1');

    ki = addline(parportIn,12,'in');
    ko = addline(parportOut,0,'out');

    vid=videoinput('winvideo',1);
    vss=getselectedsource(vid);

    set(vid,'ReturnedColorSpace','YCbCr');
    vid.ROIPosition= [0 0 200 200];

    %kamera poz zamanı manuel
    set(vss,'Exposure',15);
    %filtre maskesi
    mfilter = [10 10];
```

```
    %ürün formatı
    mformat=[4 3];

    preview(vid);
    oldval=0;
    t = [];

    button = findobj(fig,'Tag', 'mybutton');
    set(button, 'Callback', @button_cb)
    set(button, 'String', 'Stop Timer')

    label = findobj(fig,'Tag', 'mylabel');
    edit=findobj(fig,'Tag','edit1');
    text=findobj(fig,'Tag','text2');

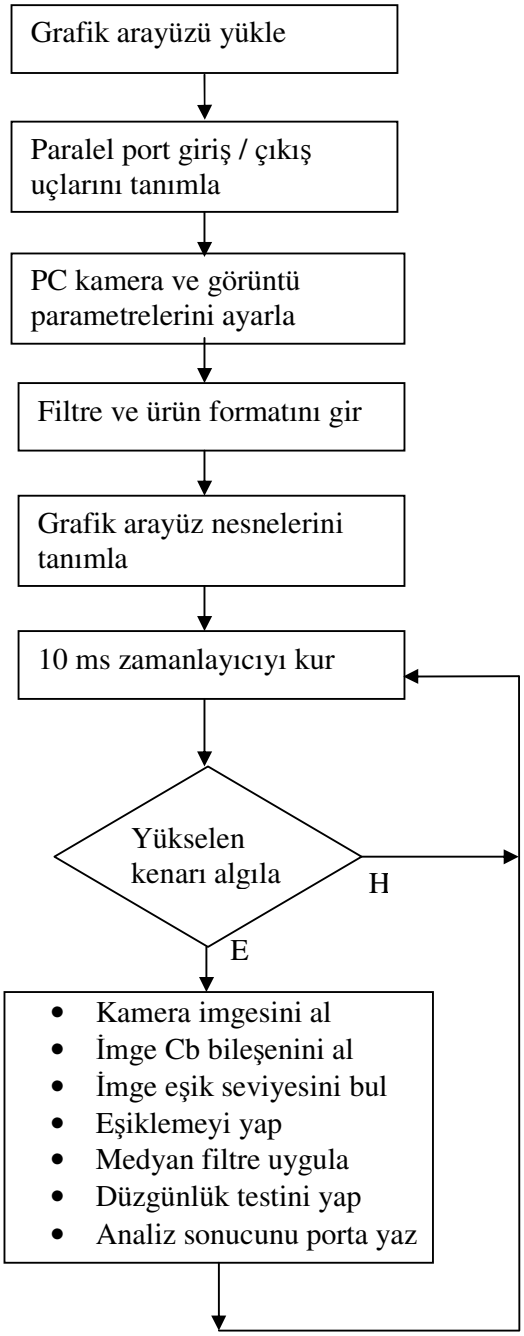
    %10 ms lik zamanlayıcı kurulumu
    t = timer('ExecutionMode','fixedRate','TimerFcn', @timer_cb, 'Period', 0.01);
    start(t);

    function button_cb(hObject, eventdata, handles)
        if strcmp(t.running, 'off')
            start(t);
            set(button, 'string', 'Stop Timer');
        else
            stop(t);
            set(button, 'string', 'Start Timer');
        end
    end

function timer_cb(hObject, eventdata, handles)
        try
            pval=getvalue(parportIn);
            %Yukselen Kenar Detect
            if ((pval == 1) & (oldval == 0))

                k=getsnapshot(vid);                  %YCbCr görünüt al
                img2 = k(:,:,2);                     %Cb bileşeni al
                thresh = SMF(img2)/256;              %eşik seviyesini bul
                img3 = im2bw(img2,thresh);           %eşikleme yap
                img4 = medfilt2(img3,mfilter);       %medyan filtre
                result = centertest(img4,mformat);  %paket şişe düzgünlük testi
                putvalue(parportOut,result);         %Sonucu porta yaz
            end
            oldval = pval;
        catch
            stop(t);
            set(label,'string','Error' );
        end
    end
end
```

Şekil 3.57 : Uygulamada kullanılan parportgui.m Matlab program kodu



Şekil 3.58 : Parportgui.m Matlab programı akış şeması

4 . SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

PC tabanlı ürün kontrolü, üzerinde sürekli çalışmalar ve yatırımlar yapılan, endüstrinin her alanında uygulamadan uygulamaya değişen sistemlerle de olsa kullanılan ve kullanılması zorunlu olan bir ihiyaç olmuştur. Ancak sürekli daha yüksek hız, kalite ve performans için geliştirilen sistemler hem donanım hem de yazılım alt yapısına daha da bağımlı hale gelmektedirler. Teknolojinin ilerlemesi ile yeni ürünler kullanıcıya sunulsa da, ileri teknoloji ürünü olan bu tip kontrol elemanları ve paket sistemler maliyet açısından hala her uygulamada tercih edilememektedir.

Bu çalışmada önerilen ve uygulanan sistem, en temel anlamda basit elemanlar kullanılarak yapılmış olsa da üretim ve verimlilik kayıplarını %50 gibi bir oranda azaltabilmektedir. Görüldüğü gibi, böyle bir uygulama için ürün kontrol noktasının, süre hesaplaması için iyi bir ön çalışma yapılması gerekmektedir. Örnek uygulama paketleme makinesi çıkışında kullanılmış ve kolay yakalanma şansı olmayan bozuk paketler tüketiciye çıkmadan %90'dan fazla oranda sistem tarafından yakalanabilmektedir. Ancak kullanılan örnek programlar (SMF.m, centerTest.m) uygulamaya göre değiştirilebilir olacağı unutulmamalıdır. Daha iyi sonuçlar alınabilmesi için bu program parçaları daha da geliştirilebilir. Bu tamamen ürüne özel bir uygulama olup, Nestle Pure Life standart mavi tonlarına uygun bileşen seçimi gösterilmiştir. Başka renklerin ağır bastığı farklı ürünlerde en uygun format benzer şekilde seçilebilir.

Avantaj olarak, diğer pahalı sistemlere göre çok düşük maliyetli olması ve esnek, temel arayüz ve kodlar kullanılabilmesidir. Seçilen renk bileşeninin özelliği gereği çok dar bir renk aralığında imge aldığı için çevresel ışık faktörleri ve arka plan değişimlerinden çok etkilenmemektedir. Seçilen eşikleme yöntemi seçilen bileşenle tamamen uyumlu çalışmakta, dar renk aralığına rağmen kapak nesnelerini kolaylıkla ayırabilmektedir. Sistemin dezavantajı ise şüphesiz sadece belli bir hızın altında çalışabilir olmasıdır. Ancak tüm imge işleme ve analiz süresi toplamının sistem donanımına bağlı olarak ortalama 500–600 ms olması, 1 saniye gibi periyotlarda rahat bir takibe imkân vermektedir.

KAYNAKLAR

[1] **Philips Semiconductors**, 1996. Application Notes, Universal Serial Bus (USB) Standard

[2] **Hagiwara, K. , Chigira Y.,** 2004. Proposal for a Worldwide Security System Using PC Cameras, *SICE Annual Conference in Sapparo*

[3] **OMRON,** 2003**.** Sensing & Safety . General Catalogue 2003/2004, Cat. No. F502-E2-02 SEN

[4] **SICK**, 2001. Sensors, Product Catalogue.

[5] **Brosnan, T., Sun, D.,** 2003. Improving Quality Inspection, *Journal of Food Engineering* 61, 3-16

[6] **Awcock, G.J., Thomas, R.,** 1996. Applied Image Processing, McGraw-Hill, New York

[7] **Nesculescu, D.,** 2002. Mechatronics, Prentice Hall, New Jersey

[8] **Jung Y.H., Kim J.S., Hur B.S., Kang M.G.**, 2000. Design of Real -Time Image Enhancement Preprocessor for CMOS Image Sensor, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol.46 No.1

[9] **Litwiller D.,** 2001. CCD vs. CMOS: Facts and Fiction , *Photonics Spectra January Issue*, Laurin Publishing

[10] **Efford N.**, 2000. Digital Image Processing : A practical introduction using Java, Pearson Education Limited, Essex

[11] **Gonzales R., Woods R., Eddins S.,** 2004. Digital Image Processing Using MATLAB, Pearson Education, Inc.

[12] **Bulanon D.M., Kataoka T , Ota Y., Hiroma T.,** 2002. A Segmentation Algorithm for the Automatic Recognition of Fuji Apples at Harvest, *Biosystems Engineering* 83, 405-412, Silsoe Research Institute.

[13] **Jahne B.**, 1997. Digital Image Processing, Springer-Verlag, Heidelberg.

[14] **Sezgin M., Sankur B.**, 2004. Survey Over Image Thresholding Techniques and Quantitative Performance Evaluation, *Journal of Electronic Imaging*, Vol:13, No:1 146-165

[15] **Otsu**, **N.,** 1979. A threshold selection method from gray level histograms, IEEE transactions on Systems, Man, and Cybernetics, SMC-9(1),62-66

[16] **Sezgin M., Sankur B.**, 2003. Image Multi-thresholding Based on Sample Moment Function, *IEEE Int. Conf. On Image Proces.* 14-17 Sept. Spain

[17] **Gerhard X.R, Joseph N.W.**, 1996. Handbook of Computer Vision Algorithms in Image Algebra, CRC Pres LLC

[18] **DeMotte, D.,** 2004. Visual Line Tracking : Application Overview and Issues, *Machine Vision for Robot Guidence Workshop*, Vision Show East.

ÖZGEÇMİŞ

Kutsal BAŞER 1973 yılında Almanya'da doğdu. Adana Anadolu Lisesini 1991 yılında bitirdikten sonra, 1997 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nde Elektrik Mühendisi Diplomasını aldı. Mezuniyet sonrası mühendislik proje, bilgisayar sistem ve eğitimi konularında çalıştıktan sonra 2002 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nde Disiplinler arası Mekatronik Mühendisliği Yüksek Lisans Programına başladı. Halen Nestle Waters Sapanca Tesisinde Tesis Müdürü olarak görev yapmaktadır.