

**GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİNİN ANKARA HIZLI RAYLI
SİSTEM GÜZERGAHINDA SEFER ARALIKLARININ
OPTİMİZASYONUNA YÖNELİK OLARAK İNCELENMESİ**

114 625

Kemal YAMAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
(MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ)**

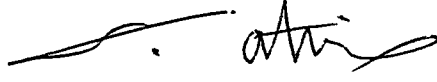
**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Ocak 2001

ANKARA

Kemal YAMAN tarafından hazırlanan GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİNİN
HIZLI RAYLI SİSTEM GÜZERGAHINDA SEFER ARALIKLARININ
OPTİMİZASYONUNA YÖNELİK OLARAK İNCELENMESİ adlı bu tezin
Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.



Doç.Dr. Nizami AKTÜRK

Tez Yöneticisi

Bu çalışma jürimiz tarafından Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek
Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof Dr. Yücel ERCAN

Üye : Doç Dr. Mehmet EROĞLU

Üye : Doç Dr. Nizami AKTÜRK



Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına
uygundur.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	v
SEMBOLLER VE KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KONU İLE İLGİLİ DAHA ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. GÖRME VE BİLGİSAYARIN GÖRMESİ.....	4
3.1. Göz ve Görme Olayı.....	4
3.2. Bilgisayarla Görme.....	6
3.3. Görüntüyü Sayısallaştırma (Dijitization).....	8
3.3. CCD Kamera ve Yük Bağlamalı Düzen (Charge Coupling).....	8
3.5. Sayısal (Dijital) Görüntü.....	9
4. GÖRÜNTÜ İŞLEME VE TEMEL İŞLEME TEKNİKLERİ.....	11
4.1. Görüntü İşlemede Temel Aşamalar.....	11
4.2. Bir Görüntünün Modellenmesi.....	14
4.3. Örnekleme ve Niceleme (Sampling ve Quantization).....	15
4.4. Pikseller Arası Bazı Temel İlişkiler.....	16

4.4.1.	Piksel komşuluğu.....	16
4.4.2.	Bağlantı (Connectivity).....	17
4.5.	Gri-Düzey Skala.....	18
4.6.	Görüntü İşlemede Önemli İşlemler.....	19
4.6.1.	Cebirsel işlemler.....	19
4.6.1.1.	Toplama.....	19
4.6.1.2.	Çıkarma.....	20
4.6.1.3.	Çarpma.....	20
4.6.1.4.	Bölme.....	20
4.6.2.	Geometrik işlemler.....	20
4.6.2.1.	Öteleme (Translation).....	20
4.6.2.2.	Döndürme (Rotation).....	21
4.6.3.	Perspektif dönüşümler (Transformlar).....	22
4.7.	Histogram.....	24
4.7.1.	Tümleşik optik yoğunluk.....	27
4.7.2.	Histogram eşitleme (Equalization).....	29
4.8.	Eşikleme (Görüntü Güçlendirme Anlamında).....	30
4.8.1.	Global eşikleme.....	31
4.8.2.	Adaptif eşikleme.....	31
4.8.3.	En iyi eşikleme (Optimal tresholding).....	31
4.9.	Filtreleme.....	32
4.9.1.	Düşük geçişli (Low-pass) filtreleme.....	33
4.9.2.	Yüksek geçişli (High-pass) filtreleme.....	34
4.9.3.	Ortalama (Medyan) filtreleme (Median filtering).....	34
4.10.	Segmentasyon.....	35
4.10.1.	Nokta çıkarma.....	35
4.10.2.	Çizgi çıkarma.....	36
4.10.3.	Kenar çıkarma.....	36
4.10.3.1.	Gradyan operasyonu.....	37

4.10.3.2.Laplacian (Laplacian) operasyonu.....	39
4.11. Eşikleme (Görüntü Ayırma Anlamında).....	40
4.11.1. İki değer eşikleme.....	41
5. İKİLİ (BINARY) GÖRÜNTÜ İŞLEME VE NESNE ANALİZİ.....	44
5.1. Erezyon ve Dilasyon.....	46
5.2. Açma ve Kapama (Opening ve Closing).....	51
5.3. Nesne Hatları Çıkarma (Outlining).....	53
5.4. İskelet Çıkarma (Skeletonization).....	54
5.5. Görüntü Üzerinde Nesne Analizi.....	55
5.5.1. Nesne çevresi.....	57
5.5.2. Alan ölçümü.....	59
5.5.3. Genişlik ölçümü.....	61
5.5.4. Alanın çevreye oranı.....	62
5.6. Büyük Eksen (Major Axis).....	62
5.7. Küçük Eksen (Minor Axis).....	62
5.8. Sınır Kutu Alanı (Bounding Box).....	63
5.9. Düzlemsel Momentler (Spatial Moments).....	63
5.10. Kütle Merkezi (Centroid).....	64
5.11. Parlaklık Ağırlıklı Kütle Merkezi (Gray Centroid).....	66
6. UYGULAMA ÇALIŞMALARI.....	67
6.1. Görüntü İşleme Deney Düzenegi.....	67
6.1.1. Bilgisayar.....	67
6.1.2. Televizyon.....	68
6.1.3. CCD kamera.....	68
6.1.4. Görüntü kartı.....	69
6.1.5. Görüntü işleme yazılımı.....	71
6.1.6. Çözünürlük.....	72

6.1.7. Noktaların yerleşimi.....	72
6.1.8. Boyutsal çözünürlük.....	73
6.1.9. Renk çözünürlüğü.....	73
6.1.10. Görüntünün yakalanması ve görüntü formatları.....	74
6.2. Birinci Grup Uygulamalar.....	76
6.2.1. Aynı sayıdaki nesnelerin farklı dağılımları.....	84
6.2.2. Kamera kalibrasyonu.....	85
6.2.3. Birinci grup uygulamalarda işlenen görüntüler.....	88
6.3. İkinci Grup Uygulamalar.....	90
 7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	 109
 KAYNAKLAR.....	 111
EKLER.....	113
ÖZGEÇMİŞ.....	147

**GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİNİN ANKARA HIZLI RAYLI
ULAŞIM SİSTEMİ GÜZERGAHINDA SEFER ARALIKLARININ
OPTİMİZASYONUNA YÖNELİK OLARAK İNCELENMESİ**
(Yüksek Lisans Tezi)

Kemal YAMAN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ocak 2001**

ÖZET

Bu çalışmada, öncelikli olarak görüntü işleme tekniği, teorik ve deneysel olarak incelenmiş ve bu teknik kullanılarak Ankara Hızlı Raylı Ulaşım hatlarında, istasyonlarda bekleyen yolcuların yoğunlukları oran olarak hesaplanmıştır.

CCD kameralarla elde edilen gri-seviye görüntüler, bilgisayar ortamına aktarıldıktan sonra, görüntü segmentasyon işlemleri ile nesneler arka plandan ayrılmış ve ayrılan nesnelere ait görüntüler, görüntü güçlendirme metotları ile belirginleştirilmiştir.

Bir sonraki aşamada, netleştirilmiş görüntülerin gri-seviye histogramlarından nesnelere ait alan bilgileri çıkartılmıştır.

Son olarak, hesaplanan yolcu kalabalık oranı değerleri, Optimizasyon işlemlerine veri olarak kullanılabilir hale getirilmiştir.

Bilim Kodu : 625.01.04

Anahtar Kelimeler : Görüntü işleme, taşımacılık, Hızlı Raylı Sistem

Sayfa Adedi :148

Tez Yöneticisi : Doç.Dr. Nizami AKTÜRK

**AN INVESTIGATION INTO THE IMAGE PROCESSING TOWARDS
THE OPTIMIZATION OF THE TIME BETWEEN THE HEADWAYS
OF THE ANKARA RAPID RAIL TRANSIT SYSYTEM
(M.Sc. Thesis)**

Kemal YAMAN

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
January 2001**

ABSTRACT

In this study, the Digital Image Processing technique is investigated both theoretically and experimentally using image-processing method. The passengers waiting on the platform are determined in terms of image density in order to find the approximate number of passenger.

First, the gray-level image data is acquired by a CCD camera, the objects have been extracted from the background of the image by utilizing the image segmentation or intermediate level processing, and then using image enhancement technique the remaining objects are investigated in detail.

In the next step, the area information has been extracted from the gray-scale histogram of the image of isolated objects.

Finally, the passenger intensity values that will be used as the input for the optimization of the time between headways are calculated.

Science Code : 625.01.04

Key Words : Image processing, transportation, Rapid Rail System

Number of Page : 148

Adviser : Assoc. Prof. Dr. Nizami AKTÜRK

TEŞEKKÜR

Böyle bir çalışmanın gerçekleşmesinde bana yardım ve katkılarıyla yol gösteren hocam, sayın Doç.Dr. Nizami AKTÜRK'e, deneysel verilerin toplanması sırasında yakın alaka gösteren Ankara Metrosu İşletme Merkezi çalışanlarına ve ayrıca, bu çalışmanın başından sonuna kadar her türlü desteği ve sabrı gösteren sevgili eşim ve meslektaşım Aysun YAMAN'a teşekkürü bir borç bilirim.



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.1. İşlenmiş görüntülerin ölçüm sonuçları ve bu sonuçlara ilişkin Korelasyon değerleri.....	83
Çizelge 6.2. Aynı sayıdaki nesnelerin farklı dağılımlarına göre alan değerleri.....	85
Çizelge 6.3. Şekil 6.20’de gösterilen işaretlenmiş nesnelere ait şekil ölçüleri.....	86
Çizelge 6.4. Uygulanan eşikleme işlemi sonucunda kalan piksellere ilişkin istatistiksel sonuçlar.....	96
Çizelge 6.5. Uygulama 3 sonucunda işlenen görüntülerin yoğunluk değerleri.....	100
Çizelge 6.6. İşlenen görüntülere ait gri-düzey ve ikili yapıda Yoğunluk değerleri.....	103

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil		Sayfa
Şekil 3.1.	İnsan gözünün kesit görünüşü.....	2
Şekil 3.2.	Göz ve algılama.....	3
Şekil 3.3.	Sayısallaştırma işleminde temel aşamalar.....	4
Şekil 3.4.	(a) CCD kamera çalışması (b) CCD kamera sensörleri.....	6
Şekil 3.5.	Sayısal görüntü temsili ve eksenleri.....	7
Şekil 4.1.	Görüntü önce optik formda yakalanır, analog forma dönüştürülür ve son olarak da sayısal forma çevrilir.....	11
Şekil 4.2.	Görüntü işlemede temel aşamalar.....	13
Şekil 4.3.	Görüntü analizinin akış diagramı.....	14
Şekil 4.4.	Değişik piksel komşuluklarının ifadeleri.....	16
Şekil 4.5.	Piksel komşuluklarının adresleri ve indis notasyonları.....	17
Şekil 4.6.	Gri-düzey skala ifadesi.....	18
Şekil 4.7.	Görüntüleme işleminin basit modeli. (X,Y,Z) dünya koordinat sisteminin, (x,y,z) kamera koordinat sistemine uzantısı.....	24
Şekil 4.8.	Gri düzey histogramı.....	25
Şekil 4.9.	Bir görüntüdeki kapalı eğriler.....	26
Şekil 4.10.	Dört temel görüntü tipine karşılık gelen histogramlar.....	30
Şekil 4.11.	Sabit arka plandan yalıtılmış noktaların çıkartılması için kullanılabilecek 3×3 tipinde bir maske.....	36
Şekil 4.12.	Çeşitli yapılarda, çizgi çıkarmaya yönelik 3×3 tipinde maskeler.....	36
Şekil 4.13.	(a) 3×3 görüntü bölgesi (b) 3×3 bölgenin merkezindeki G_x	

	değerini hesaplamak için kullanılan maske (c) (b)'de bahsedilen noktadaki G_y değerini bulmak için kullanılan maske.....	38
Şekil 4.14.	3×3 tipinde bir Laplasian maskesi.....	39
Şekil 4.15.	(a) Tek eşik değerine (b) Çok eşik değerine bölünmüş gri seviye histogramı.....	41
Şekil 4.16.	Tek değer eşikleme işlemi.....	42
Şekil 4.17.	İki değer eşikleme işlemi.....	43
Şekil 5.1.	İkili görüntü üzerinde önemli mantıksal işlemler.....	45
Şekil 5.2.	Giriş $I(x,y)$ görüntüsünde, (x,y) noktasındaki piksele uygulanan ikili morfolojik işlemler ve çıkış $O(x,y)$ görüntüsündeki sonucu.....	48
Şekil 5.3.	Gerçek veriler üzerinde yapılan bazı ikili görüntü işleme işlemleri.....	49
Şekil 5.4.	İkili görüntüde dilasyon ve erezyon.....	50
Şekil 5.5.	İkili görüntüde açma ve kapama işlemleri.....	52
Şekil 5.6.	İkili görüntüde nesne hatlarının ortaya çıkartılması.....	54
Şekil 5.7.	İskelet çıkarma işlemi ile görüntünün ana hatlarının ortaya çıkartılması.....	55
Şekil 5.8.	(a) Orijinal görüntü (b) İkili yapıya dönüştürülerek nesne hatlarının ortaya çıkartılmış hali.....	55
Şekil 5.9.	Piksel çevresindeki dönüş yönleri.....	56
Şekil 5.10.	Nesne ve ilerleme yönleri.....	58
Şekil 5.11.	Nesne tarama alanı.....	59
Şekil 5.12.	Tarama alanının yön değerleri.....	60
Şekil 5.13.	Nesne alanı.....	60
Şekil 5.14.	Nesneye ait şekil ölçüleri.....	65
Şekil 5.15.	Nesnenin parlaklık ağırlıklı kütle merkezi.....	66
Şekil 6.1.	Deney düzeneği.....	70

Şekil 6.2.	Laboratuvar çalışmalarında kullanılan kamera.....	70
Şekil 6.3.	Bir görüntünün değişik çözünürlük değerlerindeki görünüşleri.....	72
Şekil 6.4.	Görüntünün alınması ve kamera ile ilgili parametreler.....	75
Şekil 6.5.	Birinci grup uygulamalarda kullanılan deney düzeneği.....	77
Şekil 6.6.	Görüntü alanı.....	78
Şekil 6.7.	CCD kamera ile yakalanmış 352×288 piksel boyutunda renkli ve gri-seviye numune.....	80
Şekil 6.8.	Gri-düzey numunenin histogramı.....	80
Şekil 6.9.	Renkli numuneye 0-73 aralığında uygulanan eşikleme işlemi ile nesnelerin kırmızı renk katmanı olarak arka plandan ayrıştırılması.....	80
Şekil 6.10.	Gri-seviye numuneye 82-190 aralığında uygulanan eşikleme işlemi ile nesnelerin kırmızı renk katmanı olarak arka plandan ayrıştırılması.....	81
Şekil 6.11.	Renkli numuneye 74-200 aralığında uygulanan eşikleme işlemi ile arka planın kırmızı renk katmanı olarak maskelenmesi.....	81
Şekil 6.12.	Numunenin ikili yapıdaki görüntüsü ve renksel tersi.....	81
Şekil 6.13.	Numunelere ait (a) Renkli (RGB) (b) Gri-düzey (c) İkili yapıda görüntüler.....	82
Şekil 6.14.	Renkli, gri-düzey ve ikili yapıda görüntülere ait histogramlar.....	82
Şekil 6.15.	İkinci bir görüntüye uygulanan eşikleme işlemleri sonucunda elde edilen görüntü.....	82
Şekil 6.16.	Korelasyon katsayılarının ölçüm sayısına göre dağılımı.....	83
Şekil 6.18.	Aynı sayıda nesnelerin farklı dağılımları.....	84
Şekil 6.19.	Kameranin düşey pozisyon kalibrasyonu için 160mm, 255mm ve 355mm gibi üç farklı	

	uzaklıktan alınmış görüntüler.....	85
Şekil 6.20.	Düşey mesafe kalibrasyonu için üç farklı mesafeden alınmış görüntü üzerinde seçilen aynı nesne.....	86
Şekil 6.21.	Kameranın Açısal Görüş Alanı.....	87
Şekil 6.22.	Metroda kamera pozisyonları ve görüntü tarama bölgelerinin temsili gösterimi(a) Perspektif görünüş (b) Kesit görünüşü.....	92
Şekil 6.23.	Yolcu yokken alınan istasyon görüntüsü ve gri-düzey histogramı.....	93
Şekil 6.24.	Aynı İstasyona ait yolcu varken alınan görüntü ve gri-düzey histogramı.....	94
Şekil 6.25.	Görüntü çıkarma işlemi ile elde edilen fark görüntüsü ve histogramı.....	94
Şekil 6.26.	Uygulanan görüntü güçlendirme işlemleri sonucunda arka plandan tamamen ayrılmış nesneler ait görüntü.....	94
Şekil 6.27.	Nesnelere ait gri-ton değerlerinin uygulanan eşik değerleri ile belirlenmesi.....	95
Şekil 6.28.	İkili forma dönüştürülmüş görüntü ve histogramı.....	95
Şekil 6.29.	Uygulanan eşikleme işlemi sonucunda kalan piksellere ait gri-düzey histogramı.....	95
Şekil 6.30.	(a) Boş istasyon görüntüsü (b) İncelenecek istasyon görüntüsü.....	96
Şekil 6.31.	Nesnelerin arka plandan çıkartılması ve netliğinin arttırılması.....	96
Şekil 6.32.	Sırasıyla şekil 6.31. de verilen görüntülerin gri-düzey histogramları.....	97
Şekil 6.33.	Uygulanan görüntü işleme sonucunda elde kalan piksellere ait gri-düzey	

	histogramı ve istatistiki bilgiler.....	97
Şekil 6.34.	İkili işleme sonunda elde edilen ikili görüntü ve buna ait istatistiki bilgiler.....	98
Şekil 6.35.	İstasyonun boş haldeki görüntüsü ve histogramı.....	98
Şekil 6.36.	Üç farklı görüntüde nesnelerin arka plandan ayrılması ve bu ayrılan nesnelerin ikili yapıdaki görüntüleri.....	99
Şekil 6.37.	Uygulama 3’de işlenen görüntülerin histogramları.....	100
Şekil 6.38.	Çizelge 7.6’da verilen gri-düzey ve ikili-düzey görüntülerin piksel yoğunluk değerleri.....	104



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
P_{ij}	Piksel komşuluğu
$I(x,y)$	Giriş (input) görüntüsü
$O(x,y)$	Çıkış (output) görüntüsü
θ	Dönme açısı
λ	Mercek odak uzaklığı
$P(r_k)$	Gri düzey frekansı
n_k	Gri seviye piksel adedi
r_k	k'inci gri seviye
n	Toplam piksel adedi
$A(D)$	Eşik alan fonksiyonu
A	Nesne alanı
T_i	i'inci eşik değeri
∇	Gradyan operatörü
∇^2	Laplasian operatörü
$\alpha(x,y)$	Gradyan vektörünün yön açısı
Q	Piksel adedi
P	Çevre (perimeter) ölçüsü
S_T	Tek yön ilerleme değeri
S_C	Çift yön ilerleme değeri
KM_x	Kütle merkezinin x bileşeni
KM_y	Kütle merkezinin y bileşeni
w	Ağırlık vektörü
T_k	Kamera tarama uzunluğu

d	Nesne derinliği
g	Nesnenin kamera merceğine olan uzaklığı
G	Nesne yüzeyinin kamera merceğine olan uzaklığı
T_0	Nesnenin genişliği
T_a	Nesne yüzeyinin bulunduğu kamera görüş alanı
Z	Amaç fonksiyonu
X_n	Karar değişkenleri
C_n	Amaç fonksiyonunu etkileyen parametreler
b_j	Doğrusal programlamada sınır şartı sabiti
a_{ij}	Doğrusal programlamada sınır şartlarında karar değişkenlerinin bileşenlerini gösteren katsayılar

Kısaltmalar

CCD	Charge Coupling Device (Yük Bağlamalı Düzen)
YSA	Yapay Sinir Ağları
RGB	Kırmızı Yeşil Mavi ana renk sistemi
ÇAY	Çok Az Yoğun
AY	Az Yoğun
OYA	Orta Yoğun Alt değeri
OYÜ	OrtaYoğun Üst değeri
Y	Yoğun
ÇY	Çok Yoğun
FFT	Fast Fourier Transformasyonları
DFT	Discrete Fourier Transformasyonları
ARTS	Ankara Raylı Taşıma Sistemi
CCTV	Kapalı devre televizyon sistemi
OMC	Metro işletme ve bakım merkezi
IOD	Tümleşik Optik Yoğunluk

1. GİRİŞ

Sayısal görüntü işleme, bilgisayarların resimsel verileri işlemede yeterli seviyeye ulaştığı zamanlarda, yani 1950'li yıllarda ortaya çıkmış bir teknolojidir. Bu yeni teknoloji, bilgisayarların ve görüntüyü sayısallaştıran sistemlerin gelişimine paralel olarak hızla gelişmiş ve halen de gelişmeye devam etmektedir.

İlk zamanlarda maliyeti yüksek olan bu teknoloji, sadece gelişmiş bazı ülkelerde kullanılmış ve laboratuvarlarda görüntü sayısallaştırma (*digitization*), işleme, analiz ve görüntü gösterimi gibi konularda yazılımlar ve donanımlar geliştirilmiştir.

Daha sonraları görüntü işleme konusunda akademik alanda yapılan çalışmalar, yoğunluğunu ticari alana kaydırmış ve bir çok ticari şirket kullandıkları üretim ve denetim sistemlerini görüntü işleme teknolojisine adapte etme yoluna gitmişlerdir. Bu adaptasyon, özellikle kalite kontrol ve robotik konularında gerçekleşmiştir.

Fabrikalarda üretilen ürünler üzerinde, iç malzeme yapılarından dış boyut ölçülerine kadar her türlü muayene görüntü işleme ile yapılır duruma gelmiştir. Aynı zamanda üretim hatlarında kullanılan ve koordinat bilgisine göre hareket eden endüstriyel robotlara da bu teknoloji uygulanmıştır ve çalışmalar devam etmektedir.

Bahsedilen bu uygulamaların yanısıra görüntü işleme, balistikte parmak izi analizinde, görüntülü güvenlik sistemlerinde, tıpta MR görüntülerinin analizinden hareketle bazı hastalıkların teşhisinde, trafikte, mikro biyolojide, genetik mühendisliğinde, malzeme muayenesinde ve fotoğrafçılıkta yoğun olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada görüntü işleme teknikleri incelenerek, bu tekniklerin Ankara Hızlı Raylı Ulaşım Sisteminde sefer aralıklarının sürekli optimizasyonunda kullanılması için bir birikim oluşturulmaya çalışılmıştır.

2. KONU İLE İLGİLİ DAHA ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Görüntü işleme konusunda, literatürde gerek kitap gerekse makale ve/veya bildiri olmak üzere çok sayıda eser mevcuttur.

Yayınlanmış uluslararası makalelerin büyük bir kısmı tıp ve mikrobiyoloji alanında oluşmuştur. Yine bunların büyük bir kısmında, görüntüden istenilen bilgilerin çıkartılmasında ve değerlendirilmesinde yapay sinir ağları kullanılmıştır.

Bu çalışmada problemin çözümünde yapay sinir ağları kullanılmamış, temel görüntü işleme ve segmentasyon işlemleri ile problem çözülmeye çalışılmıştır. Kaynaklar kısmında bahsedilen yayımların ön işleme ve orta seviye işleme kısımları göz önüne alınmış ve bunlardan yararlanılmıştır.

Bu çalışmalardan, incelenen konuya en yakın olanı *Mecocci, Bartolini ve Cappellini*'nin (1992) yapmış oldukları çalışmadır. Bu çalışmada, bir otobüsün giriş kapısını içten gören tavan kısmına yerleştirilmiş bir CCD kameradan alınan görüntüler işlenmiştir. Laplace kenar çıkarma işlemi ve Gaussian filtreleme gibi segmentasyon işlemleri ile elde edilen yolcu profilleri üzerinde hedef ve hareket çıkarma (target and motion detection) gibi daha ileri işlemler uygulanarak otobüse giren ve çıkan yolcular sayılmıştır.

Tsai ve Manjunath (1995) ise çalışmalarında çift yansımali manyetik rezonans ile elde edilmiş 100 adet görüntüyü klinik analizlere yönelik segmentasyon işlemlerine tabi tutulmuşlardır. Görüntü üzerinde hastalıklı olması muhtemel beyin bölgesi, uygulanan dört farklı eşik değeri ile bölge çıkarma işlemi yapılmış ve çıkarılan bölge üzerine erezyon, dilasyon, opening, closing gibi ikili görüntü işleme işlemleri uygulanmıştır. Hastalıklı bölgelere ait ikili formdaki lekeler otomatik olarak test edilmişlerdir.

Eroğlu, Ünal ve Aktürk (1999) CCD kamera ile elde edilmiş görüntüleri ikili forma dönüştürdükten sonra üzerinde kenar çıkarma, kenar birleştirme (edge linking), bölge doldurma (region filling) ve eşikleme gibi temel ve orta seviye görüntü işleme işlemleri ile nesnelerin x -ekseni yönündeki uzunluğunu ölçerek kalite kontrole yönelik boyut analizi yapmışlardır.

Panda ve Rosenfeld (1978) görüntü üzerinde gerçekleştirdikleri çeşitli eşikleme işlemleri ile birbirine yakın renk tonu değerindeki pikselleri bir araya toplayarak bölge oluşturma (region growing) işlemlerini gerçekleştirmişlerdir. Bu şekilde bölge segmentasyon işlemi ile nesneleri ayırt etmişlerdir.

Karu, Anıl, Tail (1978) ve *Toshi, Rao, Kar* (1996) yaptıkları parmak izi sınıflandırma çalışmasında; ikili formda görüntüler üzerine uyguladıkları eşikleme, kenar, çizgi ve nokta çıkarma gibi orta seviye segmentasyon işlemleri ile Y.S.A'nda karşılaştıracak hale getirdikleri görüntüleri referans görüntüler ile karşılaştırarak parmak izi sınıflandırması yapmışlardır.

Crout ve Srivata (1999) potansiyel yüzey metod olarak isimlendirdikleri bir yeni yaklaşımla nesneleri arka plandan ayırt etmişlerdir. Orjinal görüntünün gri-renk yüzey profilini çıkartıp uyguladıkları modifiye yapay sinir ağı yaklaşımı ile bu yüzey profili yerine interpolasyonla yeni bir yüzey uydurmuşlardır. Uygulanan bu yeni yüzey profili ile çıkartılmak istenen nesneler arka plandan çıkmışlardır.

Salari ve Ling (1995) yaptıkları çalışmada çok çözünürlük-esaslı (*multi resolution-based*) desen algoritması metodu ile desen içerisinde bulunan farklı yapıdaki alt desenleri ortaya çıkarmışlardır.

Uyguladıkları segmentasyon işlemlerinde *Wavelet* dönüşümleri ile ana deseni alt desen gruplarına parçalayarak, bu alt desen grupları ile ana desen arasında oluşan çözünürlük farklarından alt desen gruplarını ayırt etmişlerdir.

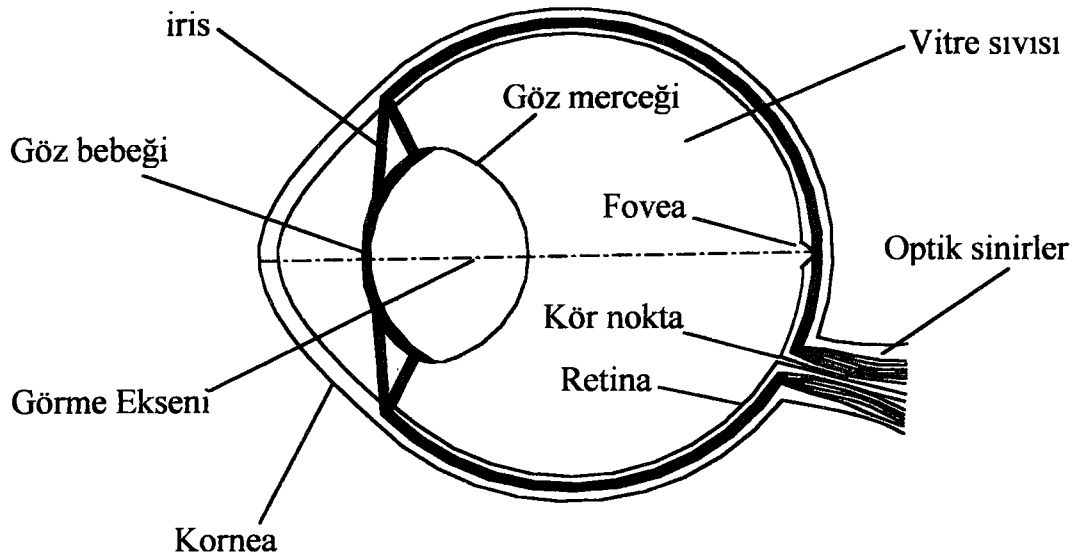
3. GÖRME VE BİLGİSAYARIN GÖRMESİ

Gerçek görüntü dünya üzerinde üç boyutta nesnelerin nerede ve ne olduğunu somut olarak algılama ve tanımlama işlemidir. Bu, görüntünün içinde bulunduğu hacim içinde algılayabildiğimiz noktaları kapsar (Castelman,1996).

Üç boyutta algılanan görüntünün bilgisayar ortamında iki boyutta gösterimi ise *görüntü* olarak ifade edilir. Bu bölümde görme ile görüntü arasındaki ilişki kurulacak ve bilgisayar ortamındaki görüntü işlemeye temel oluşturulacaktır.

3.1. Göz ve Görme Olayı

Göz vücudun çok karmaşık ve en duyarlı beş temel duyu organından birisidir. Göz, görmek için ışığı odaklar ve net bir görüntü oluşturur. Fakat göz üzerine gelen ışık miktarını ayarlamak ve doğru odaklanmış görüntüleri oluşturmak için kendi kendini ayarlama mekanizmaları çok karmaşık bir yapıya sahiptir.



Şekil 3.1. İnsan gözünün kesit görünüşü

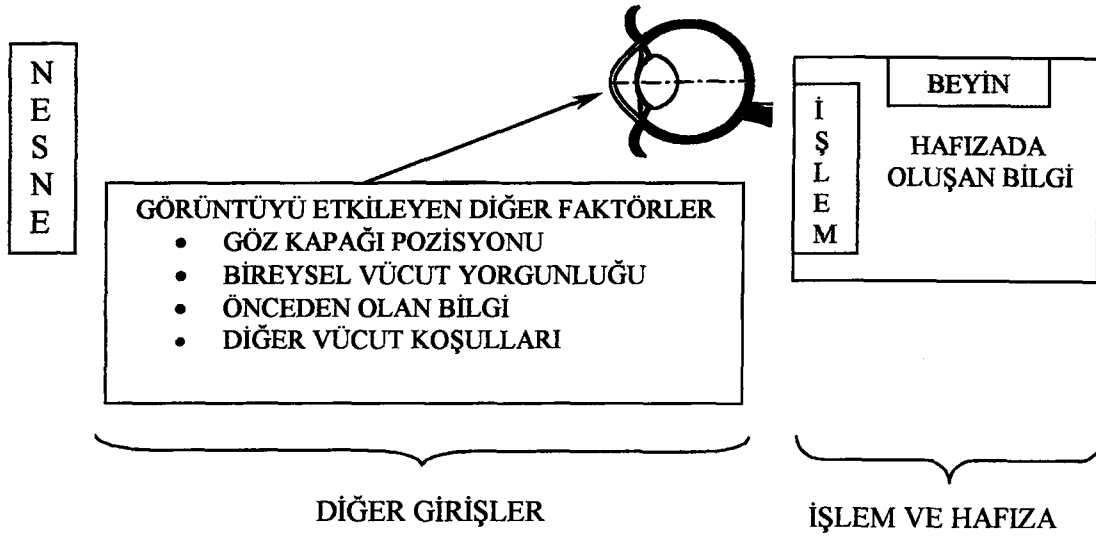
Gözün ön kısmı *kornea* denilen saydam bir zarla kaplıdır. Bunu temiz bir sıvı bölge (gözde bulunan bir sıvı), değişken bir açıklık (iris ve gözbebeği) ve göz merceği izler (Sağlık Ans.,1982).

Kırılmanın çoğu korneada oluşur, çünkü merceği çevreleyen sıvı ortamın ortalama kırılma indisi, merceğin kırılma indisine yakındır. Gözün renkli kısmı olan *iris* gözbebeğinin boyutunu kontrol eden adaleli bir diyaframdır. İris, yüksek şiddetteki ışıpta gözbebeğini küçülterek, düşük şiddetteki ışıpta ise gözbebeğini büyülterek göze giren ışık miktarını düzenler. Gözbebeğinin açıklık miktarının ölçütü olan f sayısı $f/2.8$ ile $f/16$ arasındadır. f sayıları göze giren ışık miktarını ayarlar.

Göze giren ışık, kornea-mercek sistemi tarafından *retina* adı verilen gözün arka yüzeyine odaklanır. Retinanın yüzeyi ise *rod* ve *kod* adı verilen milyarlarca ışığa duyarlı hücrelerden oluşur. Işık tarafından uyarıldığında bu hücreler, optik sinir aracılığıyla görüntünün algılandığı beyine sinyaller gönderir. Görüntüsü retina üzerinde oluşan cisim, beyin tarafından algılanır (Sağlık Ans.,1982).

Göz, uyum adı verilen bir süreçle, esnek göz merceğinin şeklini değiştirerek verilen cisim üzerine odaklanır. Burada merceğe bağlı kirpik kası önemlidir. Göz uzak cisimler üzerine odaklandığı zaman, kirpik kasları gevşer. Yakın cisimlere odaklandığı zaman ise kirpik kasları gerilir.

Bu hareket etkin olarak, retina üzerinde görüntünün odaklanmasına izin veren merceğin eğrilik yarıçapını hafifçe azaltarak, odak uzaklığını azaltır. Bu mercekle ayar öyle hızlı olur ki; değişikliğin farkına varılmaz.



Şekil 3.2. Göz ve algılama

3.2. Bilgisayarla Görme

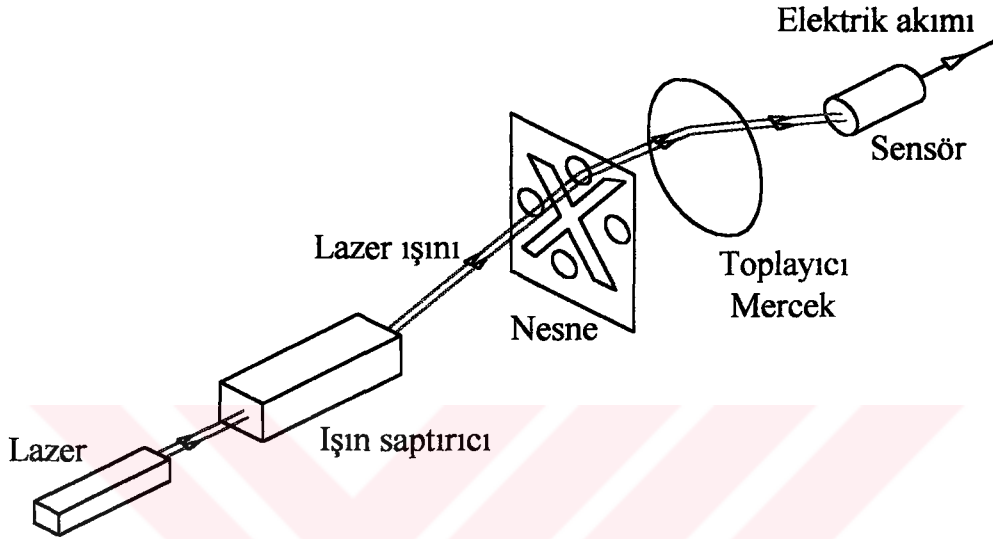
Bilgisayarla görme bir veya daha çok görüntünün üzerinde bilgisayar analizinin bir veya daha çok ana işlemciyle zaman sırasına göre çeşitli tekniklerle gerçekleştirilmesidir (Gonzales, 1993).

Bilgisayarla görme, görüntü veya görüntü setleri üzerinden bilgileri teorik ve algoritmik olarak bilgisayar tarafından çıkarılıp incelenmesini sağlayan bir bilimdir. Görüntü üzerindeki nesne ve nesnelerle ilgili, nesnenin konumu ve yönlendirilmesi ile ilgili ve boyutuyla ilgili kavramları içerir (Gonzales, 1993).

3.3. Görüntüyü Sayısallaştırma (Digitization)

Görüntünün sayısallaştırılması kısaca, kamera merceklerinde oluşan görüntünün *sensörler* üzerinden bilgisayar ortamına aktarılması işlemidir. Daha açık olarak, kameradaki görüntünün optik-elektrik mekanizma ile elektriksel sinyallere dönüştürülmesi işlemidir. Mercekte oluşan görüntü kameranin sensörleri üzerine odaklanır. Bu ışık elemanları üzerinde ışığın

durumuna göre elektrik sinyalleri üretilir. Şekil 3.3’de şematik olarak gösterilmiştir. Bu sinyaller bilgisayar ortamına görüntü aktarılmasında kullanılan analog sinyallerdir. Sinyalleri üreten sistemler vakum tüp (vidicon), yarı iletken sensör (semi-conductor) gibi yapılardan oluşmaktadır.



Şekil 3.3. Sayısallaştırma işleminde temel aşamalar (Castelman, 1996)

Tüplü kameralar genelde televizyon teknolojilerinde kullanılmaktadır. Bu tip kamera hücrelerinde geçirgen bir metal üzerindeki hücreler birer küçük kapasitör gibi ışığın durumuna göre dolup boşalma özelliğine sahiptir. Sensör alanı elektron demetleri ile 625 defa taranır.

Diğer bir kullanılan teknoloji ise katı hal (solid-state) kameralardır. Bu kameralar *Yük Bağlamalı Düzen* veya *Charge-Coupled Device* (CCD) teknolojisi ile çalışan kamera çeşitleridir. Bu tipteki kamera çeşitleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Ünal, 1998):

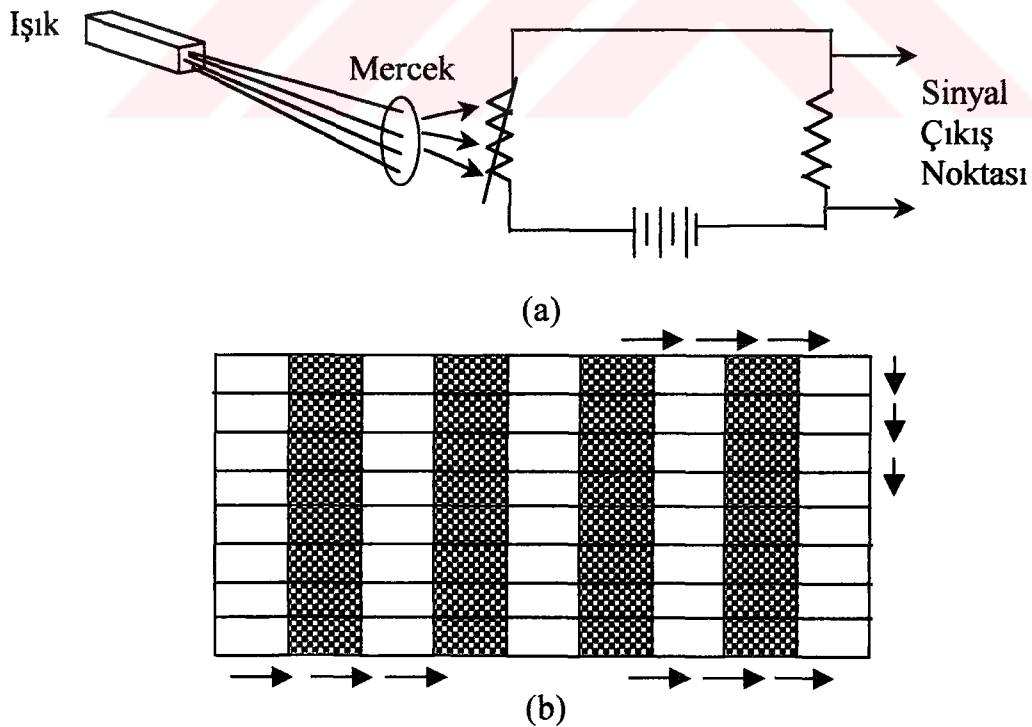
- | | |
|--------------------------|-----|
| • Charge Transfer Device | CTD |
| • Single Transfer Device | STD |
| • Bucket Brigade Devices | BBD |
| • Charge Coupled Device | CCD |

- Charge Injection Device CID
- Surface Charge Coupled Device SCCD
- Bulk Charge Coupled Device BCCD

Gerek laboratuvar uygulamalarında kullanılan gerekse metro istasyonlarında güvenlik amaçlı kullanılan platform kameralarının tipi yukarıda CCD diye tabir edilen kamera tipinde olduğundan özellikle bu kamera hakkında detaylı bilgi verilmesi uygun görülmüştür.

3.4. CCD Kamera ve Yük Bağlamalı Düzen (Charge Coupling Device)

CCD kameralar, silikon yarı iletken görüntü alma elemanlarıdır. Yüksek performanslarda çalışabilen, duyarlı görüntü alma kabiliyetine sahip, analog sinyal üreten kameralardır. Hızlı işlemler için kullanılırlar ve genellikle kontrol işlemleri için tercih edilen cihazlardır.



Şekil 3.4. (a) CCD kamera çalışması (b) CCD kamera sensörleri

Şekil 3.4.a'da görüldüğü gibi mercekten gelen ışınlar kamera sensörlerine düşmektedir. CCD kameranın temel işlemi *yük bağlamalı (charge-coupling)* olarak adlandırılır (Büyüksalih,1998).

Sensörlerde sonlu elektrik yüklerine sahip paketler silikon yarı iletkenler üzerinde belirli düzenlerde yerleşirler (Şekil 3.4.b). Bu yerleşimler birer depolama elemanı olarak yüzeye çok yakın biçimde iki çift kapılı ve birbirine çok yakın elektrotların yerleşiminden oluşur.

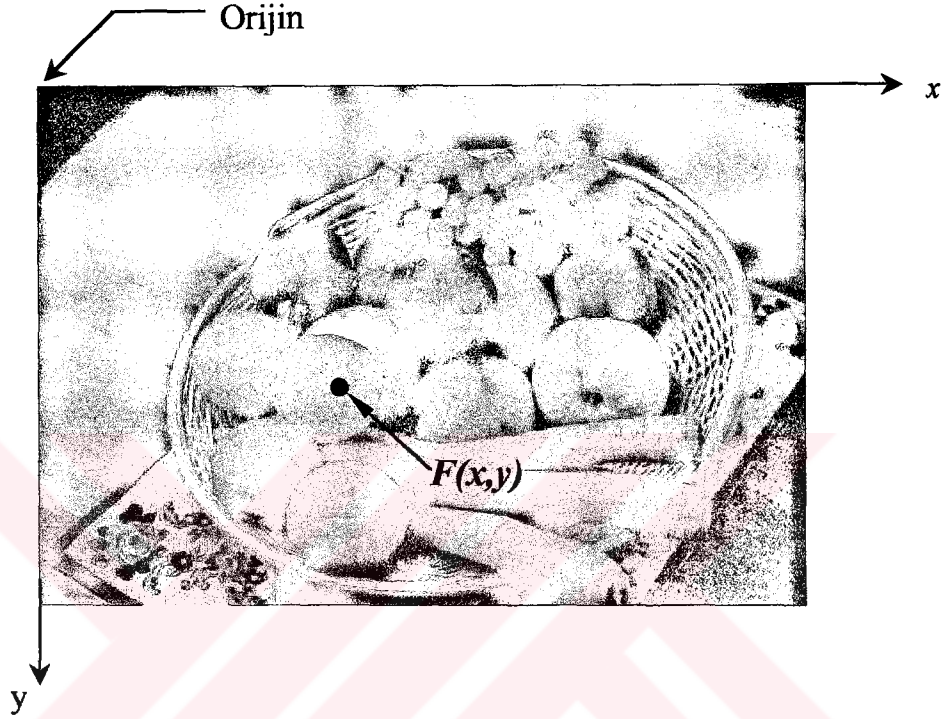
Her depo elemanı diğerine komşu olarak adlandırılır, bu komşular arasında elektrot kapıları mevcuttur ve bu kapıların biri yüksek değerde iken diğeri düşük degerdedir. Bu ise her iki eleman üzerinden birbirlerine paketlerin geçişini sağlar. Bu durum tüm elemanlar için tekrarlanır. Her paket çeşitli miktarda yük taşıyacağından, elemanlar boyunca analog bir değişim gözlenir ve bu değişim kaydedilir. Bu geçişler bir elemandan diğerine çok hızlı ve etkilidir (Ünal, 1998).

CCD kamera ile çizgi çizgi tarama veya matris halinde tarama yapılabilmektedir. Dolayısıyla sensörleri iki boyutlu tarama yapabilme kabiliyetine sahiptir. Bu tarama sonucunda görsel bilgilerin transfer oranları x ekseninde daha yüksek ve hassastır. CCD kameranın geometrik bozulma, sürüklenme ve kayma (lag) oranları çok azdır. Bu özelliğinden dolayı kullanımda tercih edilmektedir. CCD kameraların alan tarama süresi kısadır. Zaman kullanımına göre yüksek değerlerde piksel sayılarına çıkabilmesi mümkündür.

3.5. Sayısal (Dijital) Görüntü

Görüntü (image), iki boyutlu ışık şiddeti fonksiyonudur. Bu fonksiyon $f(x,y)$ şeklinde gösterilir. Burada x ve y kartezyen koordinatları, (x,y) noktasındaki

f 'in sayısal değeri (magnitude) ise parlaklık değeri veya görüntünün ilgili noktadaki gri seviye değeridir.



Şekil 3.5. Sayısal görüntü temsili ve eksenleri

Bir sayısal görüntü, satır ve sütun indisleri görüntü içerisinde herhangi bir noktayı tanımlayan elemanlardan meydana gelmiş bir matris olarak göz önüne alınabilir. Bu matrisin her bir elemanının sayısal değeri kendisine karşılık gelen noktalardaki gri seviye değerine eşittir.

Bu sayısal dizinin veya matrisin her bir elemanına görüntü elemanı (image element), resim elemanı (picture element) veya *piksel* (pixel) denir. Buraya kadar verilen bilgiler ışığında, şekil 3.1'de gösterilen bir resmin bilgisayar ortamında ne anlam ifade ettiği ortaya çıkartılmış oldu.

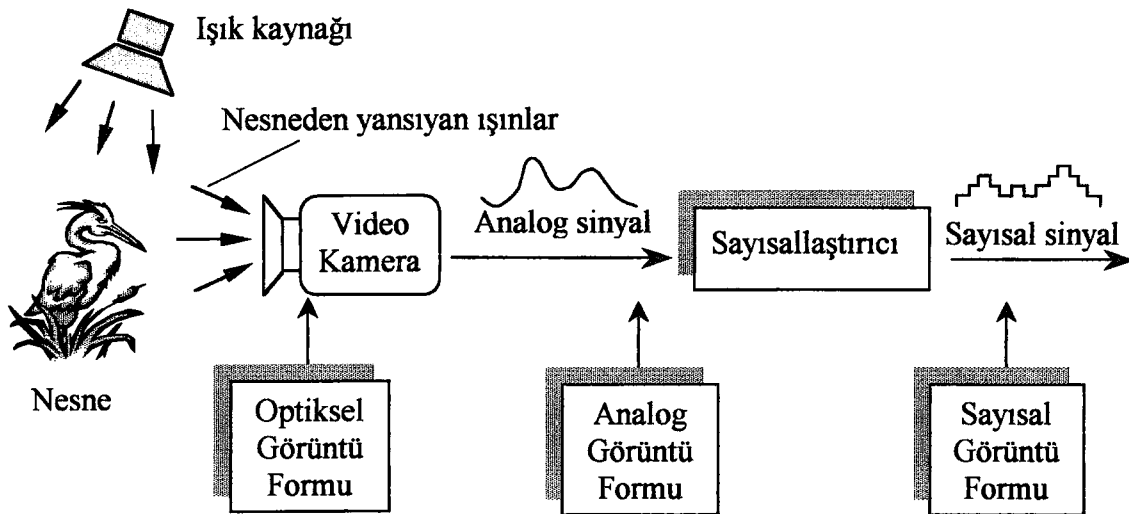
4. GÖRÜNTÜ İŞLEME VE TEMEL İŞLEME TEKNİKLERİ

Bir önceki bölümde görüntünün sayısallaştırılarak bilgisayar ortamına aktarılmasından bahsedilmişti. Bilgisayar ortamına aktarılan görüntüden istenilen bilgilerin elde edilebilmesi için bazı önemli işlemlerden geçirilmesi gerekir. Bu bölümde ise, bilgisayar ortamına alınan sayısal görüntüye uygulanacak temel görüntü işleme tekniklerinden bahsedilecektir.

Görüntü işleme, genel terim olarak resimsel bilgilerin manipulasyonu ve analizi demektir (Gonzales, 1993). Burada, resimsel bilgi olarak daha önce bahsedilen iki boyutlu görüntü fonksiyonu kastedilmektedir.

4.1. Görüntü İşlemede Temel Aşamalar

Sayısal görüntü işleme geniş anlamda donanım, yazılım ve teori bilgisi gerektiren bir alandır. Ancak burada temel bazı aşamalardan kısaca bahsedildikten sonra konuyla ilgili olanları ayrıntılı olarak incelenecektir.



Şekil 4.1. Görüntü önce optik formda yakalanır, analog forma dönüştürülür ve son olarak da dijital forma çevrilir

Birinci aşama görüntü edinme (image acquisition) veya yakalama, elde etme işlemidir. Yukarıda görüntü yakalama aşamaları kabaca şematize edilmiştir.

Burada bir ışık kaynağı ile aydınlatılmış nesne mevcuttur. Nesneden yansıyan ışınlar optik formda kameraya aktarılır. Nesneyi tanımlayan bu ışınlar, kamerada elektrik sinyallerine dönüştürülür. Böylece görüntü analog forma çevrilmiş olur. Analog sinyaller bir sayısal dönüştürücüde (dijitayzır) sayısal sinyallere dönüştürülür. Son aşamada sayısal forma dönüştürülen görüntü artık bilgisayar ortamına aktarılarak işlenecek hale getirilmiş olur.

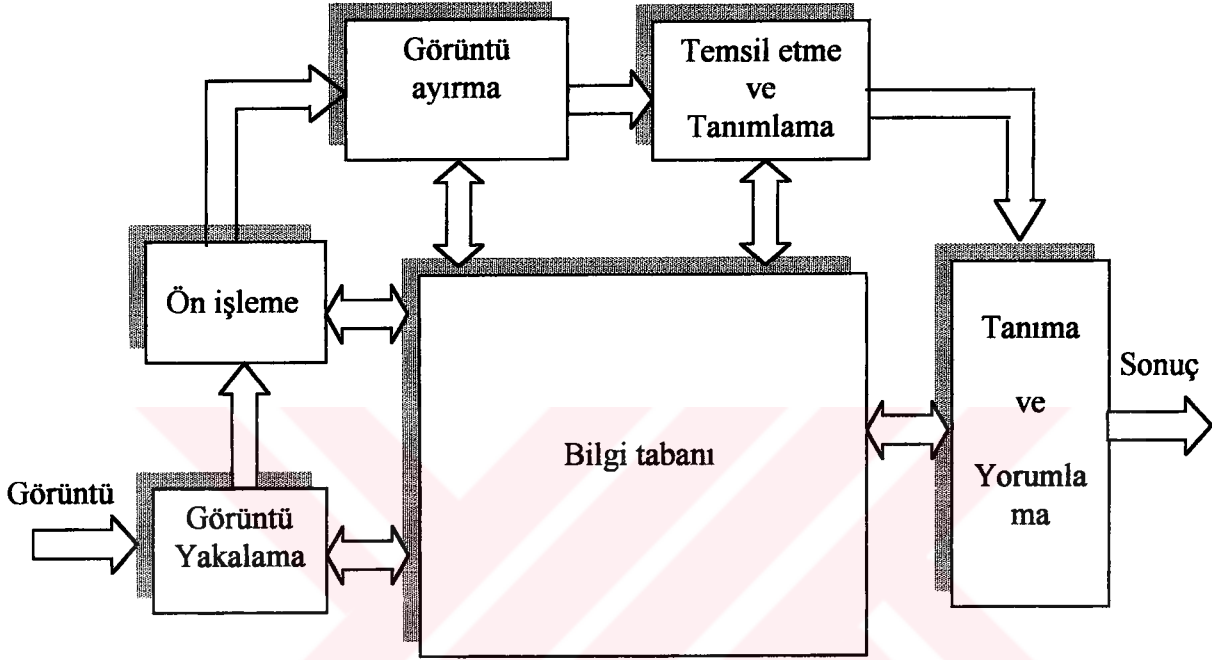
Bu işlem için görüntü sensörü (Imaging Sensor) ve bu sensörün üretmiş olduğu sinyalleri dijital forma dönüştürebilecek sistemlere ihtiyaç vardır. Görüntü sensörü tek yönde sinyal üreten çizgi tarayıcı kameralar (Line-Scan Camera) olabilir. Sensörlerden elde edilmiş sinyaller hala analog formda ise analog-dijital konverterler ile dijitayz edilebilirler.

Sayısal görüntü (imaj) elde edildikten sonra, diğer adım ön işleme (preprocessing) işlemidir. Bu aşamada, alınan görüntü bir sonraki aşamada hatasız ve kolay işlenebilmesi için daha belirgin ve anlaşılır hale getirilir. Bu işlemlerden bazıları:

- Görüntüyü belirginleştirmek (image enhancement)
- Görüntüde bulunan kirlilikleri yok etmek (image filtering)
- Görüntü üzerindeki yapısal bozuklukları yok etmek veya minimize etmek (image reconstruction)

Daha sonraki işlem ise, görüntüyü kendisini meydana getiren alt görüntülere parçalama, ayırma işlemidir. Buna görüntü ayırma işlemi (image segmentation) denir. Detaylı görüntü ayırma işlemleri görüntü işlemede en zor

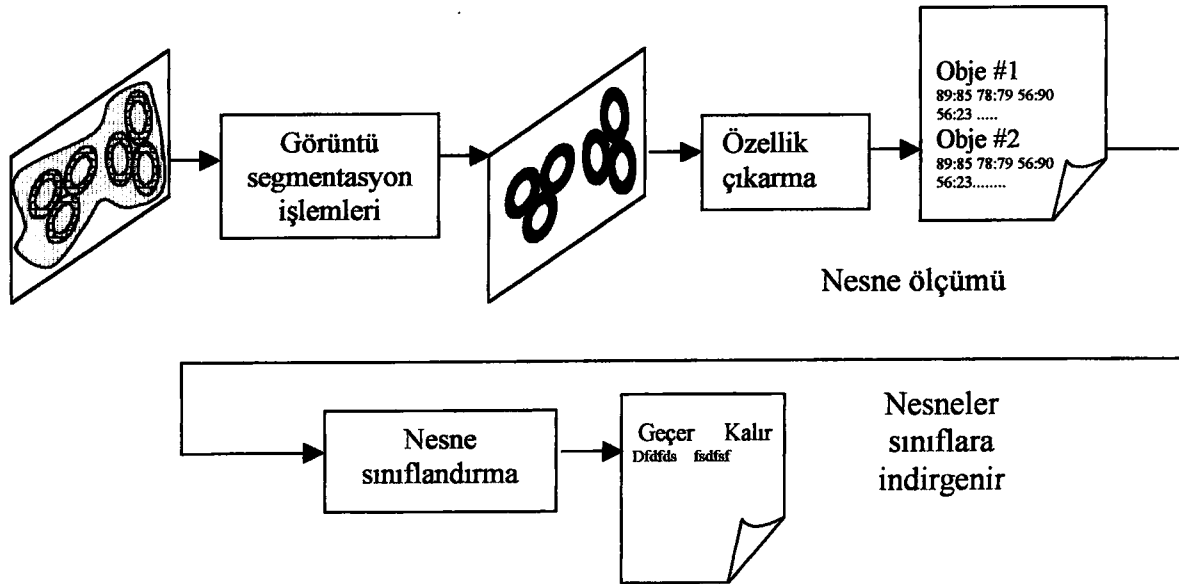
işlemlerden sayılır. Bu nedenle genellikle küçük hatalarla birlikte kaba görüntü ayırma (segmentasyon) işlemleri uygulanır.



Şekil 4.2. Görüntü işlemede temel aşamalar

Görüntü ayırma işleminin amacı, görüntüyü bozmadan içerisinde bulunan ilgili nesne veya nesneleri belirginleştirmek, ortaya çıkarmaktır. Bu işlem üç aşamaya ayrılabilir.

İlk aşama, ön işleme (preprocessing) işlemidir. Bu aşamada görüntü görsel olarak güçlendirilir ve arka plandan ayırt edilir. İkinci aşama, ilk nesne ayırma (initial object discrimination) operasyonudur. Bu aşamada nesnenin benzer özellikleri gruplara ayrılır. Üçüncü yani son aşama ise nesne sınırını temizleme (object boundary clean up) işlemidir. Bu aşamada nesne sınırları tek-piksel kalınlığına kadar indirgenir.



Şekil 4.3. Görüntü analizinin akış diagramı

Bu son aşamada yine görüntüdeki kirlilik ve artıklar ortamdaki uzaklaştırılır.

Görüntü işlemede görüntü ayırmadan sonra son işlem olarak görüntü tanıma (image recognition) ve görüntü yorumlama (image interpretation) işlemleri mevcuttur. Görüntü tanıma, nesneyi tanımlayan bilgiler göz önüne alınarak nesnenin etiketlenmesidir. Görüntü yorumlama ise etiketlenmiş nesnenin hangi anlamı içerdiğini ortaya çıkarır. Bir örnekle açıklayabilmek için alfabedeki “K” harfini alalım ve görüntü işleme işleminden geçirelim. Bu durumda görüntü tanıma işlemi ile örneğimiz harf etiketini alırken görüntü yorumlama işlemi sonunda da alfabedeki 29 harf içinden “K” sessiz harfinin olduğu ortaya çıkarılmış olur.

4.2. Bir Görüntünün Modellenmesi

Görüntü terimi, iki boyutlu uzayda ışık şiddeti fonksiyonu olarak tanımlanabilir. Bu fonksiyon $f(x,y)$ olarak gösterilirse burada f , fonksiyonun (x,y) koordinatlarındaki genliği yani parlaklık (brightness)

değeridir. Işık bir enerji biçimi olduğundan $f(x,y)$ sıfırdan farklı ve sonlu olmalıdır. Yani;

$$0 < f(x,y) < \infty \quad (4.1)$$

İnsanda, görüntü ve görme olayı nesnelerden yansıyan ışık olarak değerlendirilirse, $f(x,y)$ fonksiyonunun temelde iki bileşenden meydana geldiği de rahatlıkla söylenebilir. Birincisi izlenen nesne yüzeyine düşen kaynak ışık miktarı, ikincisi ise nesne yüzeyinden yansıyan ışık miktarıdır. Bu bileşenler sırası ile $i(x,y)$ ve $r(x,y)$ olarak gösterilirse;

$$f(x,y) = i(x,y)r(x,y) \quad (4.2)$$

Burada;

$$\begin{aligned} 0 < f(x,y) < \infty \\ 0 < r(x,y) < 1 \end{aligned} \quad (4.3)$$

(4.2) nolu denklemde maksimum ışık absorbe edilmesi durumunda yansıma (reflektans) bileşeni sıfıra yaklaşır. Maksimum ışık yansıtma durumunda ise 1'e yaklaşır. Burada, $i(x,y)$ değeri ışık kaynağına göre değişirken, $r(x,y)$ nesnenin yüzey karakteristiklerine göre değer alır.

4.3. Örneklem ve Niceleme (Sampling ve Quantization)

Bir görüntü fonksiyonu, $f(x,y)$, bilgisayarda işlemeye uygun hale getirebilmek için, fonksiyonu hem uzaysal koordinatlar olarak hem de genlik olarak sayısallaştırmak gerekir. Kartezyen koordinatların sayısallaştırılmasına *örneklem (sampling)* ve genliğin sayısallaştırılmasına da *niceleme (quantization)* denir. Bu ifadeye Shanon'un *Örneklem ve Niceleme Teoremi* de denir (Gonzales, 1993).

Sürekli bir $f(x,y)$ görüntü fonksiyonunu, elemanları eşit aralıklarla toplanmış $N \times M$ tipinde bir matris olarak kabul edelim.

$$\begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1)..... & f(0,M-1) \\ f(1,0) & f(1,1)..... & f(1,M-1) \\ f(N-1,0) & f(N-1,1)..... & f(N-1,M-1) \end{bmatrix}$$

Denklemin sağ tarafı dijital görüntüyü, matrisin her bir elemanı ise ilgili resim elemanını veya pikseli gösterir.

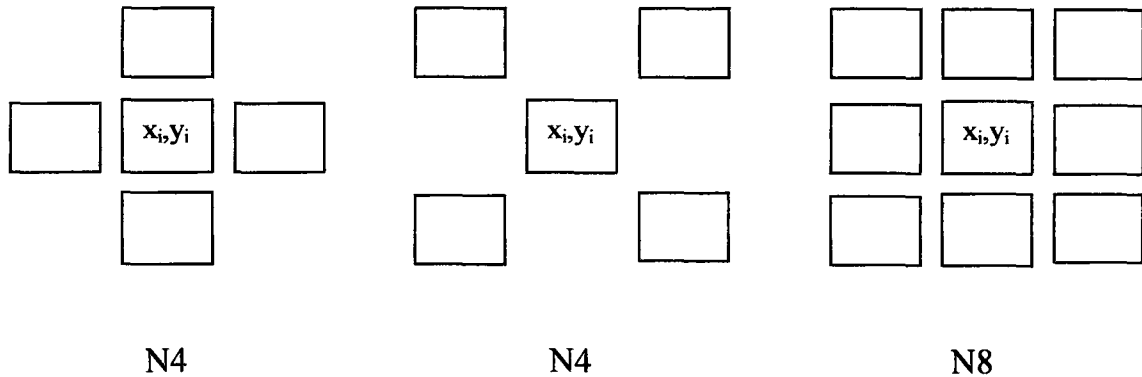
4.4. Pikseller Arası Bazı Temel İlişkiler

Bu kısımda, resimsel bilgilerin temel taşı olan pikseller arasındaki bir takım bağlantılardan söz edilecektir.

4.4.1. Piksel komşuluğu

Koordinatları (x,y) olan bir pikselin 4 adet yatay ve dikey komşuluğu mevcuttur. Bu koordinatlar,

$(x+1,y)$, $(x-1,y)$, $(x,y+1)$, $(x,y-1)$ şeklinde verilebilir.



Şekil 4.4. Değişik piksel komşuluklarının ifadeleri

Bu piksel takımına p 'nin 4 komşuluğu denir ve $N4(p)$ ile gösterilir. Her bir elemanın (x,y) 'den olan mesafesi bir birimdir. p 'nin komşularının koordinatları ise

$(x+1,y+1)$, $(x+1,y-1)$, $(x-1,y+1)$, $(x-1,y-1)$ ve $ND(p)$ şeklinde gösterilir.

	$P_{i-1,j}$	
$P_{i,j-1}$	$P_{i,j}$	$P_{i,j+1}$
	$P_{i+1,j}$	

$P_{i-1,j-1}$		$P_{i-1,j+1}$
	$P_{i,j}$	
$P_{i+1,j-1}$		$P_{i+1,j+1}$

$P_{i-1,j-1}$	$P_{i-1,j}$	$P_{i-1,j+1}$
$P_{i,j-1}$	$P_{i,j}$	$P_{i,j+1}$
$P_{i+1,j-1}$	$P_{i+1,j}$	$P_{i+1,j+1}$

Şekil 4.5. Piksel komşuluklarının adresleri ve indis notasyonları

4.4.2. Bağlantı (Connectivity)

Nesne sınırlarının kurulmasında pikseller arası bağlantı önemli bir kavramdır. İki pikselin birbiri ile bağlantılı olabilmesi için mutlaka gri ton değerlerinin birbirine çok yakın ya da aynı olması gerekir. Örneğin ikili görüntüde (binary image) pikseller 0 ile 1 değerlerini aldığından normalde bağlantılı olan iki piksel ikilik görüntüde bağlantılı olmayabilir. Bağlantılı olabilmesi için ikisinin ya 1 ya da 0 değerini alması gerekir.

3 tip bağlantıdan bahsetmek mümkün:

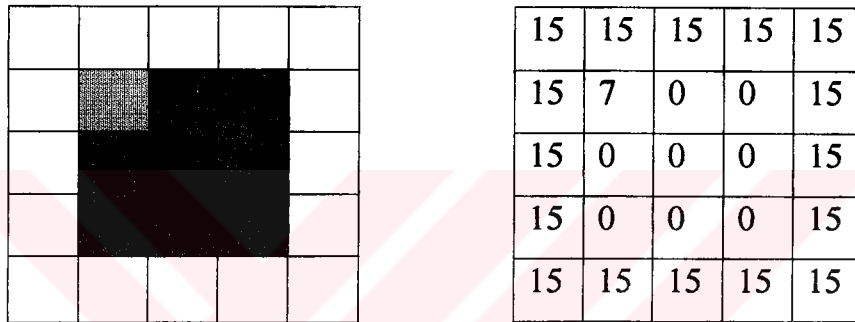
4'lü Bağlantı : İki piksel p ve q birbirinin 4-komşuluğunda $[N4(p)]$ sıralanabilir.

8'li Bağlantı : İki piksel p ve q birbirinin 8-komşuluğunda $[N8(p)]$ sıralanabilir.

M-Bağlantı : Karışık bağlantı halidir. Bu bağlantı şeklinde yukarıda bahsedilen iki durum aynı anda bulunmaktadır.

4.5. Gri-Düzey Skala

Görüntü üzerindeki aydınlatma değerlerinin farklı seviyelerde olması piksel düzeylerinin farklı olmasındandır. Bu şekilde ifadelerde görüntü siyah-beyaz renk tonlarından meydana geliyorsa görüntü üzerindeki her bir nokta gri-düzey skala üzerindeki renk değerleriyle ifade edilir. Görüntü üzerindeki noktalar farklı olduğundan, her bir aydınlatma düzeyi için gerekli bitlerin yerleşimi farklıdır (Bkz. Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Gri-Düzey skala ifadesi

Dört bitlik aydınlanma değeri için her bir pikselin üzerinde bulunacak gri-seviye parlaklık değeri şu şekildedir;

- 0 siyah
- 7 açık siyah (gri)
- 15 beyaz

Bu gibi değişik düzeylerin oluşturduğu görüntüler gri-düzey veya gri-düzey skala ile ifade edilirler. Piksel başına düşen bit sayıları,

$$2^1=2 \quad 1 \text{ bit/piksel}$$

$$2^3=8 \quad 3 \text{ bit/piksel}$$

$$2^4=16 \quad 4 \text{ bit/piksel}$$

$$2^8=256 \quad 8 \text{ bit/piksel}$$

şeklinde ifade edilirler. Şekil 4.6'da $2^4=16$ gri-düzeye sahip bir şeklin piksel değerleri matris şeklinde verilmektedir. Burada 4 bit/piksel yani bir pikselin değerini belirtmek için 4 bit kullanılmıştır. 0 ile 15 arasında 16 gri-düzey değerleri mevcuttur.

4.6. Görüntü İşlemede Önemli İşlemler

Görüntünün şekil ve ölçülerini değiştirmek için yapılan işlemler iki ana başlık altında incelenebilir:

- Geometrik işlemler
- Cebirsel işlemler

4.6.1. Cebirsel işlemler

Sayısal görüntü üzerine uygulanacak aritmetik işlemlerdir. Bunlar, toplama, çıkarma, çarpma ve bölme olmak üzere dört grupta incelenecektir.

4.6.1.1. Toplama

Bir görüntü farklı diğer bir görüntü ile toplandığı zaman görüntü tamamen bozulur, deforme olur. Fakat kirli görüntü üst üste bir kaç defa kendisi ile toplanıp toplama adedine bölünürse, yani ortalaması alınırsa görüntü daha belirgin ve kirliliklerin de ortadan kalktığı görülür. Bir başka deyişle görüntü üzerinde yapılacak bu tür bir işlem özel bir filtreleme işlemidir.

4.6.1.2. Çıkarma

Bir görüntüden aynı görüntünün arka planı çıkartıldığında görüntüde sadece arka plandan arındırılmış nesneler kalır. Bunun için çıkarma işlemi görüntüdeki nesneleri arka plandan ayırma işleminde kolaylıkla kullanılabilir. Çıkarma işlemi iki görüntü arasındaki farkı verdiği için aynı iki görüntüde zamanla meydana gelebilecek değişiklikler de kolayca kontrol edilebilir.

4.6.1.3. Çarpma

Bir görüntü (görüntü matrisi) herhangi bir sayı ile çarpılırsa görüntü o oranda büyütülmüş olur. Bu işlem görüntü üzerinde ölçekleme (scaling) işlemi yapmaktadır. Bazı programlarda yapılan zoom (yakınlaştırma-uzaklaştırma) işlemleri de bir çeşit ölçekleme işlemidir

4.6.1.4. Bölme

Bir görüntü (görüntü matrisi) herhangi bir sayı ile bölünürse görüntü o oranda küçültülmüş olur. Bu işlem de çarpma gibi görüntü üzerinde ölçekleme (scaling) işlemi yapmaktadır.

4.6.2. Geometrik işlemler

İki önemli geometrik işlemler mevcuttur. Bunlardan biri öteleme (translation) ve diğeri de döndürme (rotation) işlemleridir.

4.6.2.1. Öteleme (Translation)

Bu işlemle 2 boyutlu görüntü alanı bir yerden başka bir yere hareket ettirilmiş olur.

$$R(x,y) \longrightarrow O(x',y')$$

Burada;

$R(x,y) \longrightarrow$ Görüntü fonksiyonu girdisi

$O(x',y') \longrightarrow$ Görüntü fonksiyonu çıktısı

$$x' = x + T_x$$

$$y' = y + T_y$$

T_x : x yönündeki öteleme değeri

T_y : y yönündeki öteleme değeri

Matris formda;

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & T_x \\ 0 & 1 & 0 & T_y \\ 0 & 0 & 1 & T_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Burada iki boyutlu durum için, $T_z=0$ alınır.

4.6.2.2. Döndürme (Rotation)

İki boyutlu görüntü matrisine bu işlem uygulanırsa görüntü (0,0) piksel adresi etrafında verilen θ açısı kadar döndürülmüş olur.

$R(x,y) \longrightarrow O(x',y')$

Burada;

$$x' = x.\cos\theta + y.\sin\theta$$

$$y' = -x.\sin\theta + y.\cos\theta$$

Matris olarak;

$$R_\theta = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Görüntü matrisi ile R_θ matrisinin her bir elemanı çarpılırsa ilgili θ açısı kadar döndürülmüş olur. Buraya kadar ki bahsedilen bütün matris işlemlerinin terside mümkündür.

Örneğin öteleme işleminin tersi, öteleme matrisinin tersini alıp uygulayarak gerçekleştirilebilir.

$$T^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -T_x \\ 0 & 1 & 0 & -T_y \\ 0 & 0 & 1 & -T_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Burada, iki boyutlu görüntüler için $T_z=0$ kabul edilmektedir.

Döndürme işleminin tersi ise aşağıdaki matrisin uygulanması ile gerçekleştirilebilir.

$$R_\theta^{-1} = \begin{bmatrix} \cos(-\theta) & \sin(-\theta) & 0 & 0 \\ -\sin(-\theta) & \cos(-\theta) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

4.6.3. Perspektif dönüşümler (Transformasyonlar)

Perspektif dönüşümler, 3 boyutlu uzayda herhangi bir noktayı bir düzleme yani 2 boyutlu uzaya izdüşürür. Perspektif dönüşüm işlemi, 3 boyutlu görüntüyü, manasını bozmadan, 2 boyutlu forma dönüştürdüğü için görüntü

işlemede önemli bir yere sahiptir. Şematik olarak olayın genel mantığı şekil 4.7’de gösterilmiştir.

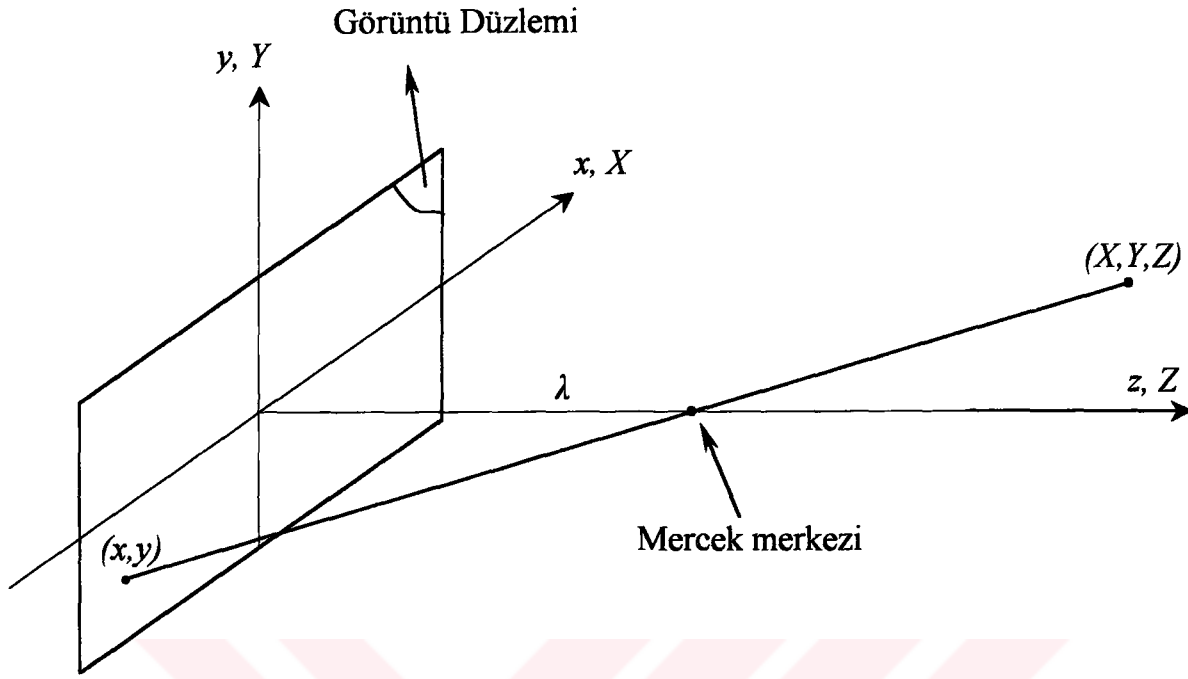
(x,y,z) kamera koordinat sistemi ve (X,Y,Z) dünya koordinat sistemi olmak üzere, her ikisinin de çakıştığı bir durum için, dünya üzerinde herhangi bir nokta (X,Y,Z) , görüntü düzlemi üzerine λ *mercek odak uzaklığına* bağlı olarak dik izdüşer. Bu nokta görüntü üzerindeki (x,y) noktasıdır.

Benzerlik bağıntılarından:

$$\frac{x}{\lambda} = \frac{X}{\lambda - Z} \quad \frac{y}{\lambda} = \frac{Y}{\lambda - Z} \quad \text{olur.}$$

Bu bağıntılar kullanılarak perspektif transformasyon matrisi aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$P = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1/\lambda & 1 \end{bmatrix}$$

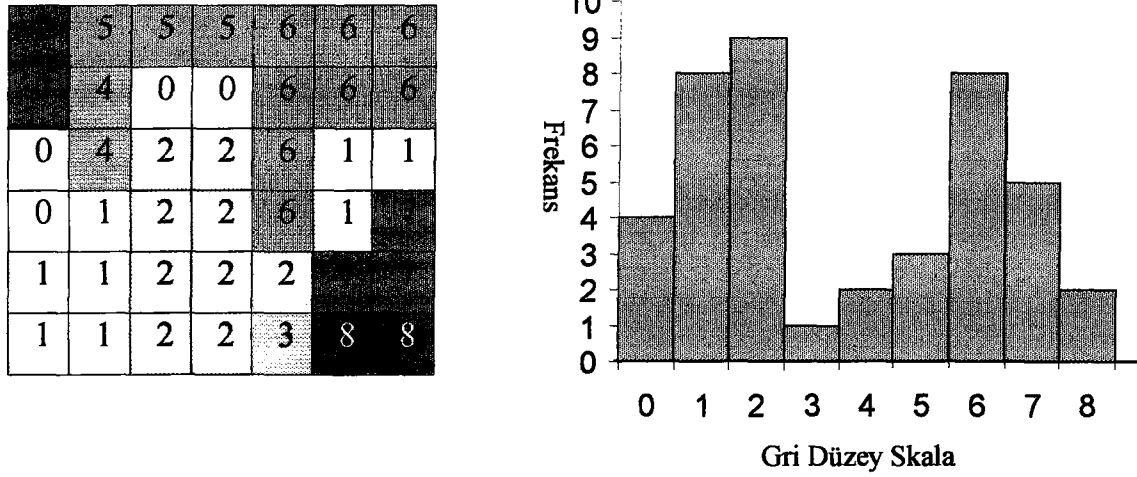


Şekil 4.7. Görüntüleme işleminin basit modeli. (X, Y, Z) dünya koordinat sisteminin (x, y, z) kamera koordinat sistemine uzantısı

4.7. Histogram

Histogram, görüntü üzerindeki piksellerin değerlerinin grafiksel ifadesidir. Buna *görüntü histogramı* veya *gri-düzey histogramı* denir (Castelman, 1996).

Görüntü histogramı görüntünün herbir noktasındaki piksellerin tespiti ve bu piksellerin sayısının ne olduğunu gösterir. Bu sayede histogram üzerinden görüntü ile ilgili çeşitli bilgilerin çıkartılması sağlanır. Görüntü üzerindeki piksellerin nerede yerleştiği tam olarak çıkartılamaz. Fakat görüntünün aydınlık-karanlık bölge değerlerinden görüntü hakkında genel bilgiler elde edilebilir. Uygulanmak istenen eşik (Threshold) değerleri tahmin edilebilir.



Şekil 4.8. Gri düzey histogramı

Matematiksel olarak, bir dijital görüntü histogramı şöyle tanımlanabilir:

$$P(r_k) = \frac{n_k}{n} \quad (4.4)$$

Burada;

r_k : k'inci gri seviye

n_k : bu gri seviyeye sahip toplam piksel adedi

n : görüntü üzerindeki toplam piksel adedi

Gri seviye histogramını tanımlamak için kullanılan bir başka yöntem de *Kapalı Eğriler* (Contour) yöntemidir.

$D(x,y)$ şeklindeki sürekli bir görüntü fonksiyonunu göz önüne alınırsa, burada $D(x,y)$ fonksiyonu, görüntü üzerindeki nesnelerin yüksek gri seviye değerinden arka plandaki fonun düşük gri seviye değerine doğru düzgün olarak değişen bir fonksiyon olur. Şekil 4.9'da görüldüğü gibi D_1 ve D_2 görüntü içerisinde iki farklı gri seviye değerindeki piksellerin meydana getirdiği kapalı eğrilerdir.

Ayrıca A_1 , D_1 eğrisi ile çevrili bölgeyi tanımlarken A_2 de D_2 eğrisinin çevirdiği bölgedir. Buna göre *Gri-Seviye Histogram Fonksiyonu* denir ve,

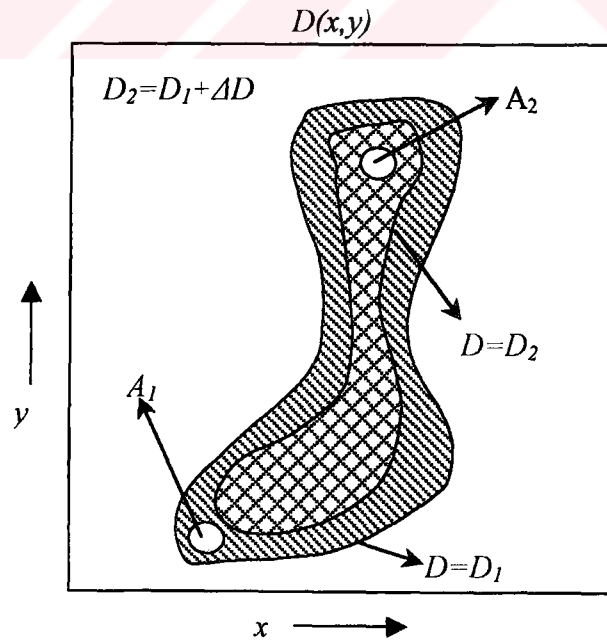
$$H(D) = \lim_{\Delta D \rightarrow 0} \frac{A(D) - A(D + \Delta D)}{\Delta D} = -\frac{d}{dD} A(D) \quad (4.5)$$

olarak elde edilir. Burada $A(D)$ eşik (treshold) alan fonksiyonudur

Eğer görüntü içerisinde tek üniform gri nesneler mevcut ise;

$$\int_D^\infty H(D) dD = \begin{bmatrix} \text{Nesnelerin} \\ \text{toplam Alanı} \\ (A_1 + A_2) \end{bmatrix} \quad (4.6)$$

Yukarıdaki integrasyon ile söz konusu objelerin toplam alanı hesaplanabilir. Bir başka deyişle histogram eşik alan fonksiyonu türevidir (Castelman, 1996).



Şekil 4.9. Bir görüntüdeki kapalı eğriler (Castelman, 1996)

Aynı zamanda kapalı eğriler nesne sınırlarının oluşturulmasında önemlidirler. Hatta bu kapalı eğrilerin sınır çizgisi olarak kullanılması tekniğine *eşikleme* (*thresholding*) denmektedir.

4.7.1. Tümüleşik optik yoğunluk

Bir görüntünün gri-seviye histogramından hesaplanabilecek bir başka ölçü ise *Tümüleşik Optik Yoğunluktur* (Integrated Optical Density IOD).

Görüntünün kütlesi olarak da tabir edilen bu faydalı ölçü şu şekilde tanımlanabilir:

$$IOD = \int_0^a \int_0^b D(x, y) dx dy \quad (4.7)$$

Burada, görüntü içerisinde arka-plan üzerinde yer alan koyu tonlu nesneler sıfır gri seviye değerine sahip oldukları zaman IOD bu nesnelerin alan ve yoğunluk değerlerini yansıtır.

Bir sayısal görüntü için yukarıdaki ifade şu şekle dönüşür:

$$IOD = \sum_{i=1}^{NL} \sum_{j=1}^{NS} D(i, j) \quad (4.8)$$

Burada, $D(i, j)$ i 'inci satır ve j 'inci sütun adresindeki pikselin sahip olduğu gri-seviye değeridir. Toplam sembollerindeki üst indisler NL ve NS sayısal görüntünün piksel cinsinden boyutlarıdır.

N_k görüntü içerisinde gri-seviye değerleri k 'ya eşit olan piksel sayısını göstermek üzere, denklem (4.8) şu şekilde yeniden yorumlanabilir:

$$IOD = \sum_{k=0}^{255} k N_k \quad (4.9)$$

Denklem (4.9) da açıkça görüldüğü üzere IOD görüntü içerisinde k 'inci gri seviye değerine sahip tüm piksellerin toplamıdır.

Bu durumda denklem (4.9),

$$IOD = \sum_{k=0}^{255} k H(k) \quad (4.10)$$

olarak yazılabilir. Denklem (4.10) ise, IOD histogramda k 'inci gri-seviye ağırlıklı piksellerin toplamı olarak verilir.

Sürekli görüntü için, denklem (4.8) ve (4.10) ortak çözülürse:

$$IOD = \int_0^{\infty} D H(D) dD \quad (4.11)$$

ve

$$\int_0^a \int_0^b D(x, y) dx dy = \int_0^{\infty} D H(D) dD \quad (4.12)$$

eşitlikleri ortaya çıkar.

Eğer görüntü içerisindeki nesnelerin sınırları T eşik değeri uygulandığında belirginleşiyorsa IOD ifadesi,

$$IOD = \int_T^{\infty} D H(D) dD \quad (4.13)$$

şeklinde yazılabilir.

Ortalama iç gri-seviye değeri (Mean Interior gray-Level *MGL*) ise, *IOD*'nin alana oranıdır. Yani,

$$MGL = \frac{IOD(T)}{A(T)} = \frac{\int_T^\infty D H(D) dD}{\int_T^\infty H(D) dD} \quad (4.14)$$

olarak yazılır. Yukarıda bahsedilen bu bilgiler ikinci aşama uygulamalar kısmında gri-seviye işleme metodu altında kullanılmıştır.

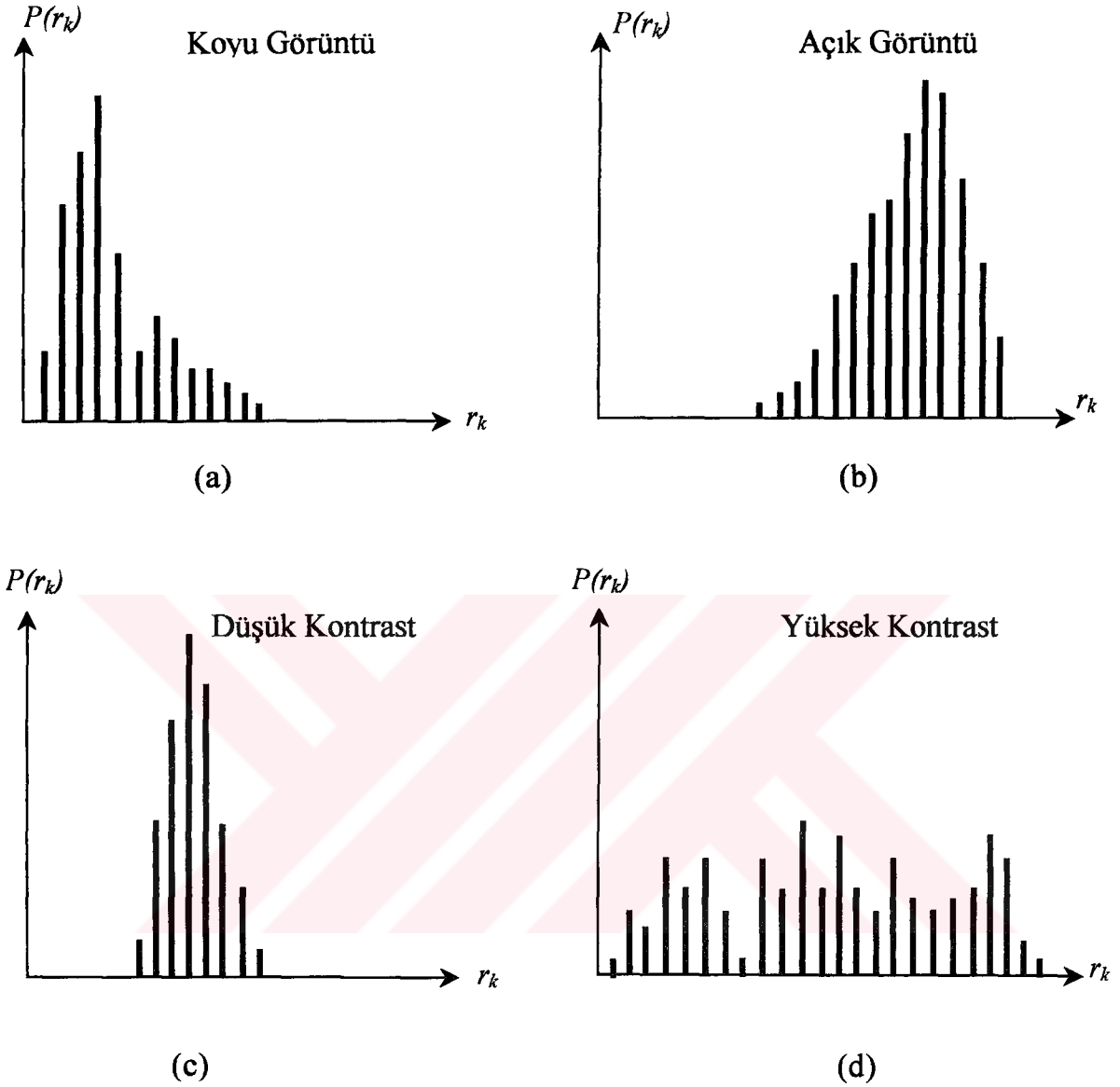
4.7.2. Histogram eşitleme (Equalization)

Çeşitli histogramlara ait görüntülerin üzerindeki piksellerin değerlerinin düzenlenmesiyle yapılan işlemdir. Özellikle koyu görüntülerin düzenlenmesinde kullanılır.

Piksellerin değerleri görüntü üzerindeki piksellerin ortalama değerine göre üniform biçimde yeniden düzenlenmesini içerir.

Böylece görüntü üzerindeki ayrıntıların analizi de kolayca yapılabilir. Fakat her uygulamada istenilen sonuç elde edilemeyebilir.

Aşağıdaki şekilde, histogram düzenleme işlemleri sonucunda elde edilen 4 temel görüntü tipi görülmektedir.



Şekil 4.10. Dört temel görüntü tipine karşılık gelen histogramlar

4.8. Eşikleme (Görüntü Güçlendirme Anlamında)

Eşikleme işlemi görüntü işlemenin önemli işlemlerinden biridir. Özellikle görüntü içindeki nesnenin kapalı ve ayrık bölgelerinin belirginleştirilmesinde kullanılır. Piksellere ayrılmış görüntünün ikili (binary) yapıdaki görüntüye kadar düzenlenmesini içerir (Gonzales, 1993).

Basit olarak, görüntü üzerindeki piksel değerlerinin belirli bir değere göre atılması ve yerine diğer değer/değerlerin yerleştirilmesi işlemidir. Böylece görüntü üzerindeki nesnelerin arka planı ile nesne hatlarının çıkartılması sağlanır.

4.8.1. Global eşikleme

Nesne sınırlarının en iyi şekilde algılanması için uygulanan eşikleme gri seviye değeri görüntüde her noktada sabit tutulmalıdır. Eğer arka planın gri seviye değeri sabit değerde tutulur ve cisimler yaklaşık olarak eşit parlaklık değeri ile arka plandan ayrılırsa arzu edilen *Global Eşikleme* değeri bulunmuş olur.

4.8.2. Adaptif eşikleme

Bir çok durumda arka plan gri seviye değeri sabit tutulmaz ve cisimlerin parlaklıkları görüntü içerisinde değişebilir. Böyle durumlarda görüntünün bazı bölümlerinde nesneler belirginken bazı bölümlerinde silik olabilir.

Burada en uygun eşik değeri, yavaş yavaş pozisyona göre değişen bir fonksiyon olarak alınabilir.

4.8.3. En iyi eşikleme (Optimal thresholding)

Görüntü içerisindeki nesneler azami derecede dik ve belirgin kenarlara sahip olmadığı müddetçe, kesin eşik (threshold) gri seviye değeri objenin sınır çizgilerinin ortaya çıkmasında çok belirgin bir rol oynar. Bunun sonucunda ölçülmek istenen büyüklükler, özellikle de alanlar seçilen bu eşik değerine duyarlı hale gelerek belirginleşirler.

4.9. Filtreleme

Görüntü üzerinde oluşan kirliliklerin giderilmesi ve piksel değerlerinin yeniden düzenlenmesi ile görüntü üzerindeki bölge hatları ve ayrıntılar netleşir. Bu işleme *Filtreleme* denir (Castelman, 1996). Görüntü işlemede genellikle kullanılan düzlemsel maskeleme işlemine *Düzlemsel Filtreleme* (*Spatial Filtering*), kullanılan bu maske matrislerine de *Filtre* denir.

Bunun alternatifi frekans boyutunda (domeninde) yapılan filtreleme işlemidir. Buna da frekans boyutunda filtreleme denir.

Filtreleme işlemi, görüntü üzerindeki piksellerin seçilen bir filtre matrisi ile hedef pikselin çevresinde bulunan komşu piksellerin çarpılması ile gerçekleştirilir. Bu şekilde çarpım sonucu elde edilen piksel hedef piksele atanır. Aşağıda 3×3 tipinde bir filtre matrisi ve bir görüntü matrisi verilmiştir.

$$\begin{bmatrix} 43 & 12 & 98 \\ 36 & 101 & 162 \\ 89 & 155 & 144 \end{bmatrix}$$

görüntü matrisi

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

filtre matrisi

Burada görüntü matrisinde a_{22} elemanı olan ve 101. gri seviye değerine sahip piksele filtreleme uygulanırsa yeni değeri aşağıdaki işlemle bulunur.

$$\begin{bmatrix} 43 & 12 & 98 \\ 36 & 101 & 162 \\ 89 & 155 & 144 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$(1 \times 43) + (-1 \times 12) + (0 \times 98) + (-1 \times 36) + (4 \times 101) + (-1 \times 162) + (0 \times 89) + (-1 \times 155) + (0 \times 144) = 82$$

101 değeriindeki pikselin filtreleme sonucunda alacağı değer 82'dir. Aynı işlemler görüntü matrisi üzerindeki diğer adreslere de uygulanarak filtrelenmiş görüntü elde edilir.

$$\begin{bmatrix} 124 & -194 & 218 \\ -89 & 82 & 317 \\ 165 & 322 & 360 \end{bmatrix} \longrightarrow \begin{bmatrix} 124 & 194 & 218 \\ 89 & 82 & 255 \\ 165 & 255 & 255 \end{bmatrix}$$

Filtrelenmiş görüntü matrisi Düzenlenmiş hali

Yukarıdaki filtreleme işlemi Matlab 5.0 SE de yapılmıştır.

Fakat filtreleme işlemlerinde gri ton değeri olarak yeni atanacak pikseller bazen negatif (-) değer alabilir. Bu durumda bir önceki değer alınır ya da bu değerın mutlak değeri alınarak pozitif hale getirilir. Bir çok çeşit filtreleme işlemleri vardır. Bunlardan en önemli olanları;

- Düşük Geçişli (Low-Pass) Filtreleme
- Yüksek Geçişli (High-Pass) Filtreleme
- Ortalama (Medyan) Filtreleme

Yukarıda bahsedilen filtreleme işlemlerine yönelik uygulamalar eklerde verilmiştir.

4.9.1. Düşük geçişli (Low-pass) filtreleme

Düşük geçişli (Low-pass) filtreleme ile iki boyutlu görüntünün düşük frekanslı bileşenleri geçirilir. Yüksek frekanslı bileşenleri ise elimine edilir. Bir görüntüde yüksek frekanslı bileşenlere, keskin görüntüler yani nesne kenarları, nesne sınırları örnek verilebilir. Genellikle kullanılan düşük geçişli (low-pass) filtre maskesi aşağıdaki gibidir.

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

Bu maske matrisi uygulandığında görüntü içerisindeki piksellerin ortalama parlaklıkları elde edilir. Yani kontrastta azalma meydana gelir.

4.9.2. Yüksek geçişli (High-pass) filtreleme

Yüksek geçişli (high-pass) filtreleme, düşük geçişli (low-pass) filtrelemeye göre tam ters bir etkiye sahiptir. Görüntüdeki yüksek frekans bileşenleri filtreden geçerken düşük frekans bileşenleri elimine edilir. En sık kullanılan yüksek geçişli (high-pass) filtre maskesi aşağıda gösterildiği gibi merkezinde (+9) ve çevresinde (−1)'lerden oluşan matristir.

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Bu filtreleme sonucunda görüntüde yüksek kontrast elde edilir.

Yüksek geçişli (high-pass) ve düşük geçişli (low-pass) temel iki boyutlu filtreleme işlemleridir. Bunların bileşiminden meydana gelen bileşik filtreleme işlemi ile adaptif eşikleme işlemi aynı manaya gelmektedir. Çünkü adaptif eşikleme işleminde de bir grup pikselin parlaklık değeri kullanılmakta diğer değerler ise atılmaktadır.

4.9.3. Ortalama (Medyan) Filtreleme

Amaç, görüntüdeki bulanıklığı, belirsizliği gidermekten çok kirliliği (noise) azaltmak olursa kullanılabilecek alternatif bir filtreleme işlemi mevcuttur. Bu işleme, *ortalama (medyan) filtreleme (median filtering)* ismi verilir. Bu metodda her bir pikselin gri seviye değeri, o pikselin komşuluklarının gri seviye değerlerinin ortalaması olan gri seviye değerleri ile değiştirilerek işlem

gerçekleştirilir. İleride bahsedeceğimiz segmentasyon aşamalarından biri olan kenar çıkarma işlemi de özel bir filtreleme işlemidir.

Buraya kadar bahsetmiş olduğumuz tüm filtreleme işlemlerinin frekans boyutunda da karşılıkları mevcuttur.

4.10. Segmentasyon

Buraya kadar görüntünün elde edilmesi ve elde edilen görüntüye çeşitli işlemler uygulayarak güçlendirilmesi (enhancement) tekniklerinden bahsedildi. Bu ve bundan sonraki kısımlarda ise görüntüden nesnelere ait bilgi çıkarma yani görüntüyü analiz etme tekniklerinden bahsedilecektir.

Görüntü analizinde birinci basamak segmentasyon işlemidir. Bir diğer deyişle görüntüyü, kendisini meydana getiren anlamlı alt bölgelere veya nesnelere ayırma işlemidir. Problemin zorluğu, bu bölgelere ayrılmış görüntüden çıkartılmak istenen bilgilerin karmaşıklığına bağlıdır. Bir görüntünün segmentasyonu, o görüntüdeki piksellerin gri-seviye değerlerindeki süreksizlikler ve benzerlikler temel alınarak gerçekleştirilir (Gonzales, 1993).

4.10.1. Nokta çıkarma

Bir görüntüde yalıtılmış görüntülerin çıkartılması ileri bir işlemidir. Şekil 4.11'deki maske kullanılarak bu işlem gerçekleştirilebilir. Fakat matrisin merkezindeki değer, R , mutlaka görüntüye uygulanacak eşik değeri, T 'den büyük olmalıdır. Yani, $|R| > T$ olmalıdır.

Burada amaç, yalıtılmış piksellerin gri-seviye değerini komşu piksellerin gri-seviye değerinden tamamen farklı tutmaktır.

Şekil 4.11’de verilen maske yüksek geçişli (high-pass) filtreleme işleminde kullanılan maskenin bir benzeridir.

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

Şekil 4.11. Sabit arka plandan yalıtılmış noktaların çıkartılması için kullanılabilir 3×3 tipinde bir maske

4.10.2. Çizgi çıkarma

Nokta çıkarma işleminden sonraki aşama ise görüntüden çizgilerin çıkartılmasıdır. Şekil 4.12’de bazı çizgi çıkarma maskeleri verilmiştir. Bu 3×3 tipindeki maskelerden yatay maske, görüntü içerisindeki yatay çizgilerin çıkartılmasında, 45°’lik maske, birinci açıortay çizgilerin çıkartılmasında ve dikey maske de dikey çizgilerin çıkartılmasında kullanılır.

-1	-1	-1
2	2	2
-1	-1	-1

Yatay maske

-1	-1	2
-1	2	-1
2	-1	-1

45°’lik maske

-1	2	-1
-1	2	-1
-1	2	-1

Dikey maske

2	-1	-1
-1	2	-1
-1	-1	2

(135°)’likmaske

Şekil 4.12. Çeşitli yapılarda, çizgi çıkarmaya yönelik 3×3 tipinde maskeler

4.10.3. Kenar çıkarma

Nokta ve çizgi çıkarma işlemleri segmentasyon işlemleri olmasına rağmen kenar çıkarma işlemi çok sıklıkla kullanılan ve daha anlamlı bilgilerin çıkartıldığı bir işlemdir.

Birbirlerine göre gri-seviye özellikleri farklı iki bölgenin sınırına *kenar* denir. Kenar çıkarma işleminde temel işlem türev alma işlemidir. Bir görüntüde herhangi bir noktadaki birinci türev o noktadaki gradyan operasyonuna eşittir. İkinci türev ise Laplasian operasyonuna eşittir.

4.10.3.1. Gradyan operasyonu

İki boyutlu bir görüntüde $f(x,y)$, (x,y) noktasındaki gradyan vektörü:

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (4.7)$$

Vektör analizinden çok iyi bilindiği üzere, gradyan vektörü, noktaları f fonksiyonunun (x,y) 'deki maksimum değişme oranı yönünde olan vektör olarak tanımlanabilir. Bu vektörün büyüklüğü, kenar çıkarma işleminde önemli bir faktördür (Gonzales, 1993).

$$\nabla f = \text{mag}(\nabla f) = [G_x^2 + G_y^2]^{1/2} \quad (4.8)$$

Bu büyüklük ∇f yönünde her bir birim mesafede $f(x,y)$ 'deki maksimum artış oranına eşittir. Pratikte yaklaşık olarak;

$$\nabla f \approx |G_x| + |G_y| \quad (4.9)$$

∇f kısmi türevlerin toplamına eşittir.

Gradyan vektörün yönü de önemli bir büyüklüktür. ∇f vektörünün yön açısı $\alpha(x,y)$ ile temsil edilirse,

$$\alpha(x, y) = \tan^{-1} \left(\frac{G_x}{G_y} \right) \quad (4.10)$$

Bir görüntünün gradyanını hesaplamak için o görüntüdeki her bir piksel konumundaki kısmi türevleri $\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)$ ve $\left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)$ hesaplamak gerekir.

Türevler dijital formda bir çok şekilde temsil edilebilirler. Örneğin, sobel operatörü en çok kullanılan türev operatörüdür. Sobel operatör maskeleri;

$$G_x = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3) \quad (4.11)$$

ve

$$G_y = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7) \quad (4.12)$$

Burada z 'ler görüntü üzerindeki ilgili piksellerdeki gri-seviye değerleridir.

Z1	Z2	Z3	-1	-2	-1	-1	0	1
Z4	Z5	Z6	0	0	0	-2	0	2
Z7	Z8	Z9	1	2	1	-1	0	1
(a)			(b)			(c)		

Şekil 4.13. (a) 3×3 görüntü bölgesi (b) 3×3 bölgenin merkezindeki G_x değerini hesaplamak için kullanılan maske (c) (b) de bahsedilen noktadaki G_y değerini bulmak için kullanılan maske.

Bu maskeler sobel operatörlerine karşılık gelen matrislerdir. Diğer piksellerdeki değerleri elde etmek için maskeler diğer piksel konumlarına kaydırılır ve bir önceki işlemler uygulanır. Görüntü üzerindeki bütün piksellere bu işlem uygulandığında görüntü içerisindeki nesnelerin sınırları ortaya çıkar.

4.10.3.2. Laplasian (Laplacian) operasyonu

İki boyutlu bir görüntü fonksiyonu $f(x,y)$ 'nin *Laplacian* operasyonu, aynı fonksiyonun ikinci dereceden türevi olarak tanımlanır (Gonzales, 1993).

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (4.13)$$

$$\nabla^2 f = 4z_5 - (z_2 + z_4 + z_6 + z_8) \quad (4.14)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} &\cong [2f(x,y) - f(x+1,y) - f(x-1,y)] + 2[2f(x,y) - f(x,y+1) - f(x,y-1)] \\ &\cong 4f(x,y) - [f(x+1,y) + f(x-1,y) + f(x,y+1) + f(x,y-1)] \end{aligned}$$

Gradyanda olduğu gibi Laplasian operatörü de sayısal formda birçok şekilde tanımlanabilir. Pratikte en çok kullanılan 3×3 tipindeki maske şekil 4.14'de gösterilmiştir.

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

Şekil 4.14. 3×3 tipinde bir Laplasian maskesi

Laplasian operatöründe merkezdeki piksel değeri pozitif, komşu pikseller negatif ve toplam değer de sıfır olmalıdır. Laplasian operasyonu sonucunda elde edilen nesne sınırları gradyan operasyonuna oranla daha az belirgindir. Çünkü Laplasian çift kenar üretir. Gradyan operasyonunda olduğu gibi ortam kirliliğini düşürmez. Bu nedenlerden dolayı pratikte pek fazla kullanılmaz.

Ancak piksellerin koyu bölgede mi yoksa açık bölgede mi olduğu konusunda fikir verebilir.

4.11. Eşikleme (Görüntü Ayırma Anlamında)

Eşikleme (tresholding) işlemi, görüntü güçlendirme (image enhancement) tekniklerinden biri olarak bölüm 4.8’de bahsedilmişti. Aynı zamanda eşikleme işlemi en önemli segmentasyon yaklaşımlarından biridir.

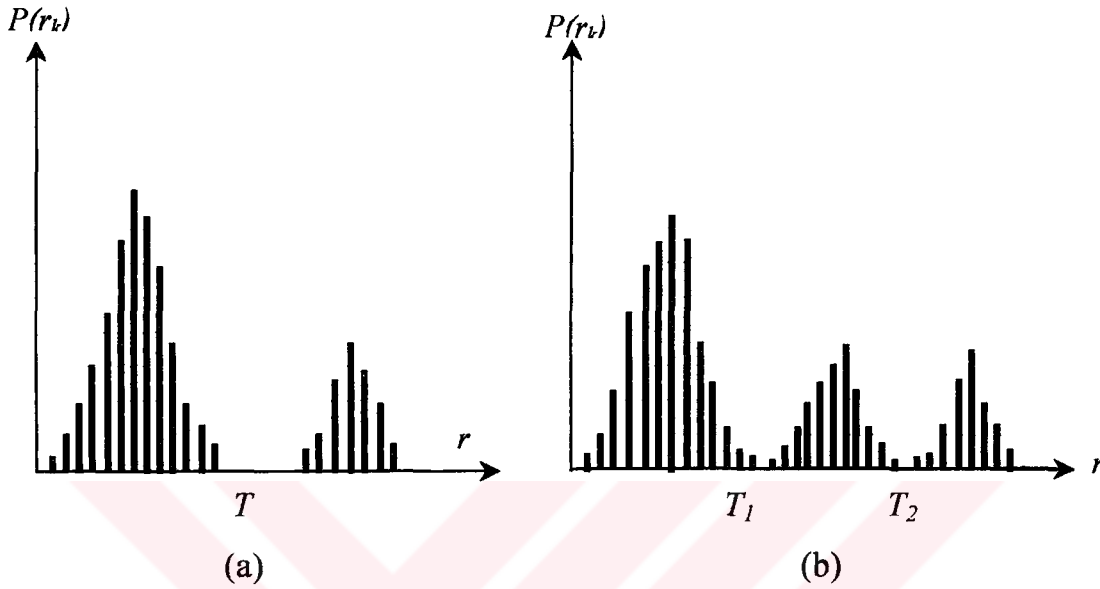
Eşikleme işlemi görüntünün piksel değerlerini belirli şekillerde değiştirerek azaltılmasını sağlayan bir işlemdir. Buna, eşik piksel değerinden küçük piksel değerlerini atma işlemi de denebilir (Gonzales, 1993).

Farz edelim ki şekil 4.15.(a)’daki gibi bir gri-seviye histograma sahip bir görüntüde, $f(x,y)$ ’de, parlak renk tonu nesnelere, koyu renk tonu da arka plana karşılık gelsin. Bu şekilde görüntü içerisinde nesneler ve arka plan iki baskın tona ayrılmış olsun. Bu durumda görüntü içerisindeki nesneleri arka plandan belirgin bir şekilde ayırt etmek için yapılması gereken, uygun eşik değeri, T , seçerek arka planın etkisini azaltmak ya da yok etmektir (Gonzales, 1993).

Genel olarak, görüntü içerisinde birden fazla farklı özellikte nesneler mevcuttur. Örneğin iki farklı renk tonuna sahip iki nesnenin bulunduğu bir görüntü, şekil 4.15.(b)’de gösterilen gri-seviye histogramı ile temsil edilir.

Burada üç baskın renk tonu görüntü histogramını karakterize etmektedir. Bu üç tondan ikisi nesneleri, üçüncüsü de arka planı temsil ediyor olsun. Birinci nesneye ait noktalar eğer $T_1 < f(x,y) \leq T_2$ arasında gri-seviye değerlerine sahipse bu aralığa uygun bir eşik değeri seçilerek bu nesne belirgin hale getirilir. Aynı şekilde $f(x,y) > T_2$ için ikinci nesne, $f(x,y) \leq T_1$ için de arka plan ortaya çıkartılır.

Bu tür çok seviyeli eşikleme işlemi tek seviyeli eşikleme işlemine göre daha az güvenilir sonuç vermektedir (Gonzales, 1993).



Şekil 4.15. (a) Tek eşik değerine (b) Çok eşik değerine bölünmüş gri-seviye histogramı (Gonzales, 1993)

4.11.1. İki değer eşikleme

Histogramı çıkarılmış görüntünün histogram üzerindeki piksel dağılımı bilgilerinden gerekli eşik değerleri tespit edilerek eşikleme işlemi uygulanır. Şekil 4.15.(a)'da görüldüğü gibi piksel değerleri aydınlık ve karanlık noktalarda yığılmalar göstermiştir. Bu şekilde görüntü histogramı, tek eşik değeri alınarak uygulanabilir. Piksellerin dağılımı aşırı derecede düzensizlik göstermemekle birlikte iki tepe noktasıyla farklı şekilde görüntü üzerinde bölgeler mevcuttur. Bu amaçla değişim noktası alınarak eşik değeri tespit edilebilir. Şekil 4.15.(b)'de ise durum çok farklıdır.

Burada görüntü üzerindeki piksellerin dağılımı hem çok farklı hem de düzgün değildir. Herhangi bir eşik değeri uygulandığında çeşitli görüntü kayıpları

fazla olabilir. Bunun için görüntünün uç noktalarından hareket edilerek iki yönlü eşikleme işlemi yapılır. İki eşik değeri arasındaki piksellerin değeri korunarak işlem gerçekleştirilir.

Görüntü üzerindeki piksel değerleri belirli bir değerin altında ve üstünde 0 ve 1'e atanarak görüntü netleştirilir. Tek değerli eşik işlemi Şekil 4.16'da

15	15	0	0	2
13	13	15	0	0
0	0	7	14	14
0	1	2	3	4
15	14	13	12	11

(a)

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

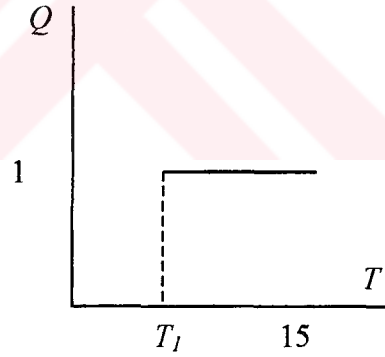
(b)

Piksel Sayısı= Q

$$Q=0 \quad T \leq T_l$$

$$Q=1 \quad T > T_l$$

Yukarıda $T_l=5$ için a matrisi düzenlenirse b matrisine dönüşür. Bu dönüşüm yandaki grafikte de özetlenmiştir.



Şekil 4.16. Tek değer eşikleme işlemi

görüldüğü gibidir.

Gri-düzeylerin histogram dağılımlarında iki değerli eşikleme işlemleri uygulanır. Bu şekilde görüntü özellikleri çıkarılırken gereksiz piksel değerlerinden görüntü arındırılır. Maksimum ve minimum noktalar arasında iki değer seçilerek bu iki değer arasında kalan eşik değerleri ile görüntü üzerindeki değişim izlenir.

İki değer kullanılması görüntü üzerindeki piksel yoğunluğunun fazla olması ve gri-düzeylerinin çeşitliliğinin fazla olmasından veya histogram frekanslarının birbirlerine yakın olmasından kaynaklanır. Dolayısıyla nesne üzerinde ve arka planda değişik piksel değerli bölgelerin arındırılması sağlanır (Şekil 4.17).

Burada görüntü üzerinde uygulanabilecek eşikleme işlemlerini genel (global), bölgesel (lokal) ve dinamik olarak sınıflandırabiliriz. Genel eşik değerleri görüntü üzerindeki piksellerin gri-düzeylerine bağlıdır. Bölgesel olarak uygulanacak eşik değerleri ise komşu piksellerin gri-düzeylerine bakılarak yapılır. Dinamik eşik değerleri ise piksellerin yerleşimi, gri-düzeyleri ve komşu piksel değerleri ile tayin edilir. Aşağıda şekil 4.17’de gösterildiği gibi $T_1=2$ ve $T_2=12$ değerleri için ilgili görüntü matrisler elde edilir.

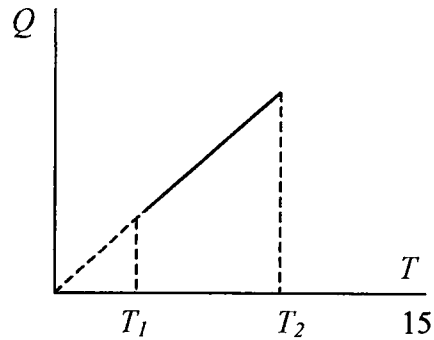
15	15	0	0	2
13	13	15	0	0
0	0	7	14	14
0	1	2	3	4
15	14	13	12	11

0	0	0	0	2
0	0	0	0	0
0	0	7	0	0
0	0	2	3	4
0	0	0	12	11

$$Q=T \quad T_1 \leq T \leq T_2$$

$$Q=0 \quad T < T_1$$

$$Q=0 \quad T > T_2$$



Şekil 4.17. İki değer eşikleme işlemi

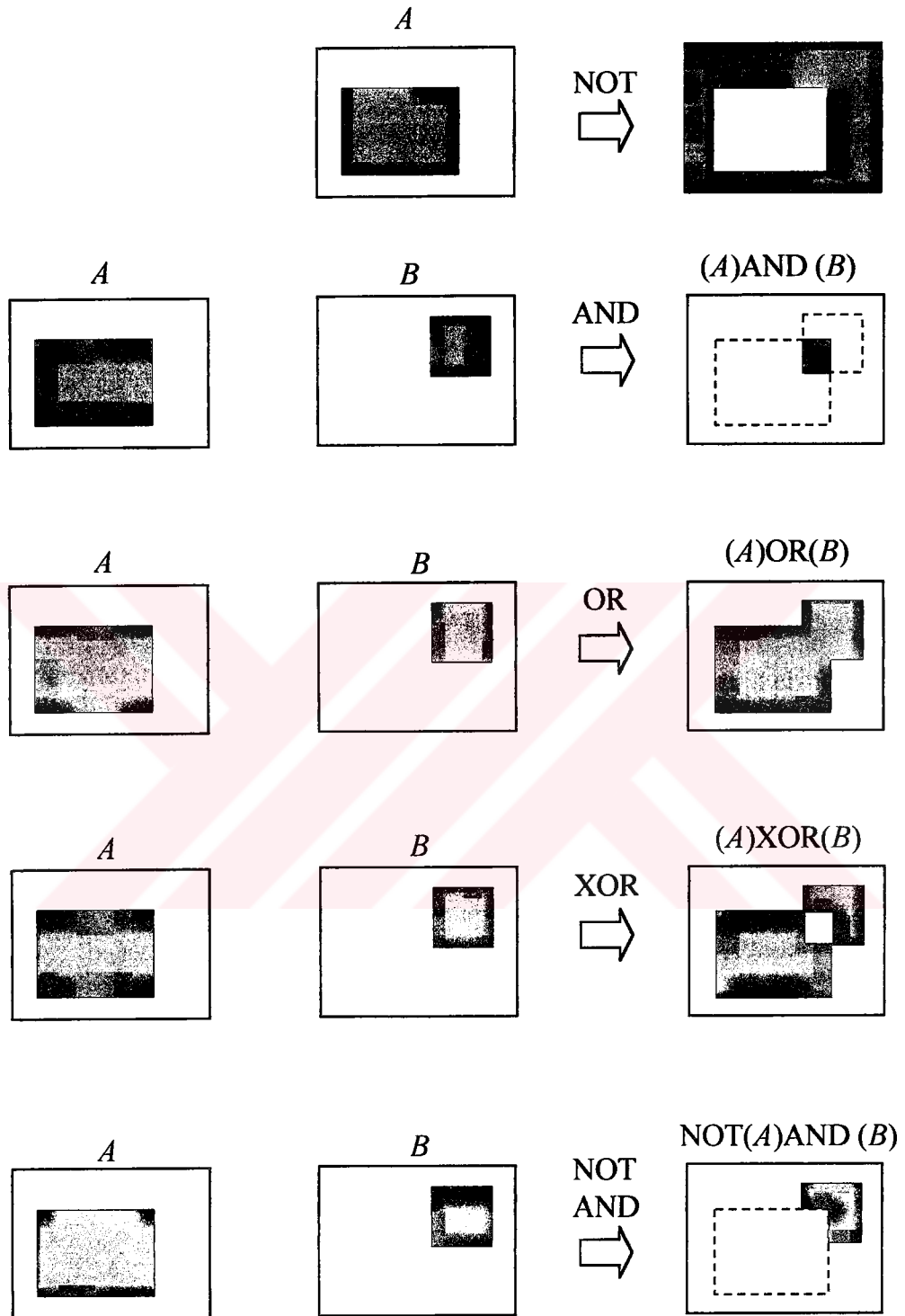
5. İKİLİ (BINARY) GÖRÜNTÜ İŞLEME VE NESNE ANALİZİ

Görüntü morfolojisi (image morphology), görüntü içerisindeki nesnelerin matematiksel yapılarının incelenmesiyle ilgilidir. Görüntü üzerinde ön işleme, ilk ayırma işlemleri ve morfolojik işlemler ile nesnelerin yapıları açığa çıkarılır. Bu da nesne sınırlarının ileri sadeleştirme yani tek piksel genişliğine kadar sınır hatlarının ve iskeletinin çıkartılmasıyla mümkün olmaktadır. Bu çıkartılan sınır hatları (outlines) ve iskelet yapısı (skeleton) nesnenin en temel özelliklerini ortaya çıkarır.

İkili (binary) morfolojik görüntü işlemede işlenecek görüntüler ikilik düzende olmalıdır. Giriş görüntüsü iki farklı parlaklık değerine sahiptir, siyah (0) veya beyaz (255). Çıkış görüntüsü de ikili yapıya sahiptir. Morfolojik işlemede farklı parlaklık değerlerine sahip pikseller mantıksal olarak bir araya getirilirler. Piksel parlaklık değerlerinin bir ağırlıkla çarpılıp sonuçlarının toplanması yerine morfolojik işleme ara kesit (AND), birleşim (OR) ve tersi (NOT) gibi kümeler teorisi işlemlerini kullanır.

İkili morfolojik işlemeden söz edildiği zaman piksel değerlerinin aynı zamanda mantık (lojik) değerler manasına geldiğini de göz önüne almak gerekir. Yani siyah (0), kapalı (off), beyaz (255), açık (on) gibi. Morfolojik işlemlerde her bir piksel konumunda, piksel ve çevre komşulukları yapısal eleman veya morfolojik maske ile karşılaştırılarak mantık değeri atanır. Sonuç piksel değerleri ya (0) siyah (0) ya da (255) beyaz (1) olarak görünür. Şekil 5.1'de yukarıda bahsedilen bazı mantıksal işlemlere ilişkin bilgiler basit olarak gösterilmiştir.

Yapısal eleman düzlemsel veya uzaysal konvolasyon (Spatial Convulation) işleminde kullanılan bir tür maskeye benzer.



Şekil 5.1. İkili görüntü üzerinde önemli mantıksal işlemler

Yapısal eleman genellikle, 3×3 veya 5×5 boyutlarında ya da kullanılan amaca göre boyutu artabilen değerlerde kare matris olarak tanımlanır ve her bir elemanı 0 (off), 1 (on) veya dikkate alınmayacak herhangi bir sayı değerinden oluşur. Bazı önemli morfolojik işlemler hakkında bilgi verilecektir.

5.1. Erezyon ve Dilasyon

Erezyon (Erosion) ve Dilasyon (Dilation) en temel morfolojik işlemlerden ikisidir. Erezyon işleminde, düzgün (uniform) bir şekilde nesne boyutları arka plana bağlı kalınarak azaltılır.

Dilasyon işleminde ise erezyonun zıttı olarak düzgün bir şekilde nesne boyutları genişletilir. Erezyon ve Dilasyon işlemleri görüntüde bulunan nesnelerin sınırlarında oluşan, küçük çapak ve kirlilikleri elimine etmek için kullanılır.

İkili bir görüntü içinden, beyaz (1) piksellerin objeyi, siyah (0) piksellerin de arka planı gösterdiği bir görüntü göz önüne alınırsa, buna göre genelleştirilmiş bir erezyon maskesi aşağıdaki gibi olur (Baxes, 1994).

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

Burada $O(x,y) = 1$ (beyaz)

$= 0$ (siyah)

Eğer bütün dokuz piksel kendisine karşılık gelen maske değerleriyle örtüşürse “hit” dönüşümü oluşur ve çıkış piksel değeri 1 (beyaz) olur.

Eğer en az bir piksel kendisine karşılık gelen maske değeri ile örtüşmezse “miss” dönüşümü oluşur ve çıkış piksel değeri olarak 0 (siyah) alınır. Üçüncü

durumda, giriş (input) piksel değeri sıfıra eşit olur ve diğer sekiz piksel komşuluğu 0 ile 1'lerden meydana gelir. Bu da *miss* dönüşümüdür. Yani çıkış piksel değeri 0'dır.

Dördüncü durumda ise , giriş piksel değeri 1'e eşit olur ve diğer sekiz piksel komşuluğu da 0 ile 1 değerlerinin karışımından meydana gelir. Bu da yine *miss* dönüşümüdür ve çıkış piksel değeri 0 alınır.

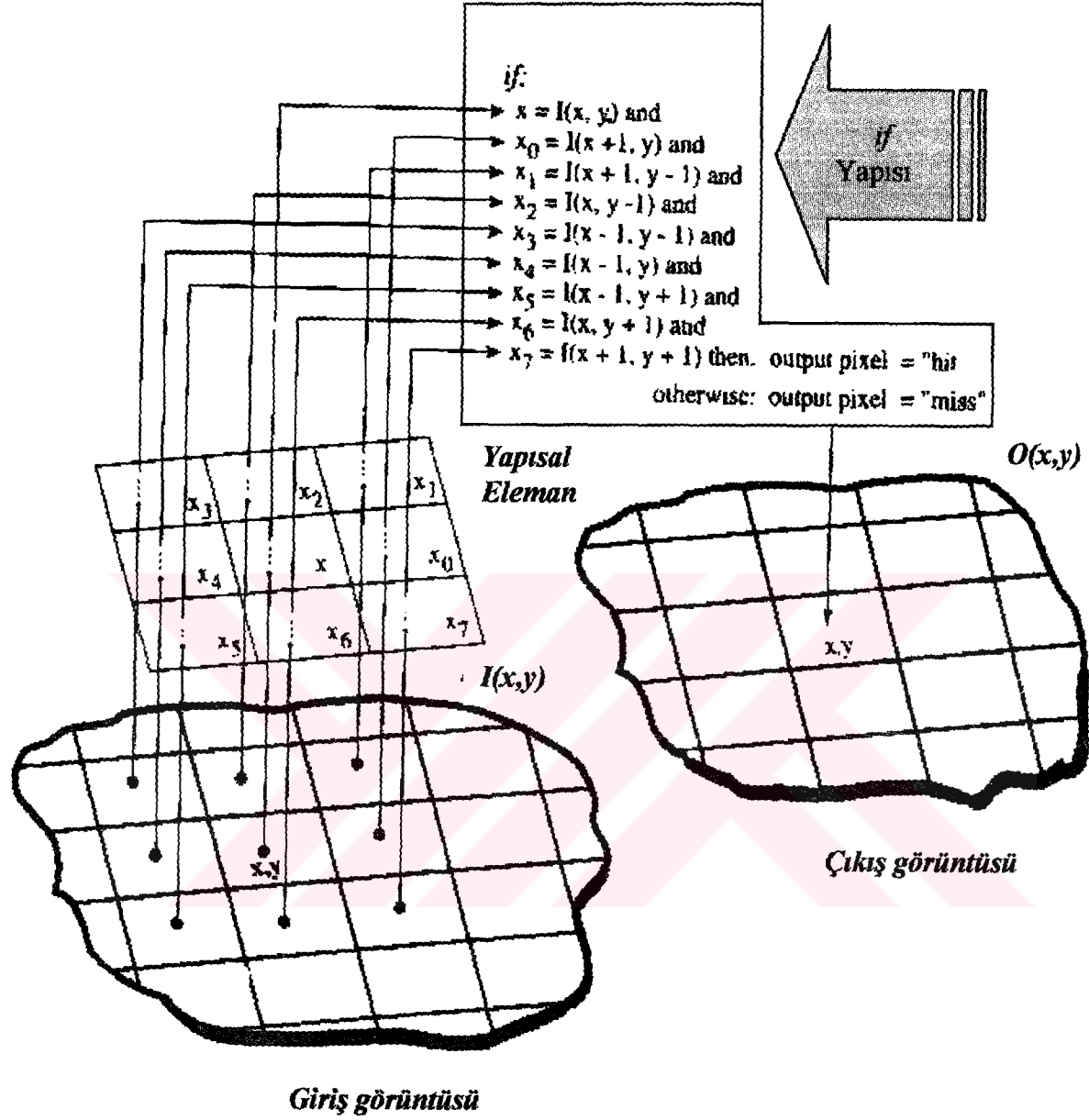
Erezyon işlemi sonucunda ikili görüntü içerisinde bulunan beyaz nesnelerin boyutlarında daralmalar meydana gelir ve çok küçük özellikler görünmez olur. Bunun yanısıra erezyon işlemi birbirine dokunan nesneleri ayırmak için de kullanılabilir.

Dilasyon işlemi ise erezyon işleminin tamamen tersi bir işleve sahiptir. Genellikle kullanılan dilasyon (genişletme) maskesi aşağıdaki gibidir (Baxes, 1994).

$$\begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

Burada $O(x,y) = 0$ (siyah) “hit”

= 1 (beyaz) “miss”



Şekil 5.2. Giriş $I(x,y)$ görüntüsünde, (x,y) noktasındaki piksele uygulanan ikili morfolojik işlemler ve çıkış $O(x,y)$ görüntüsündeki sonucu (Baxes, 1994)

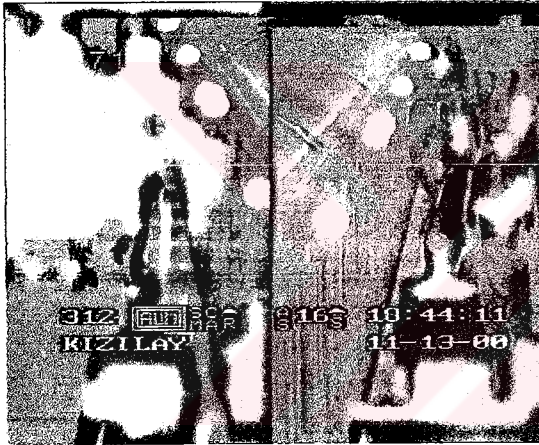
Uygulanan bu maske etkisiyle beyaz objenin çevresindeki tek piksel atılmış oldu. Şekil 5.3'de orijinal metro görüntüsü ve dört kez erezyona maruz kalmış çıkış görüntüleri gösterilmektedir.



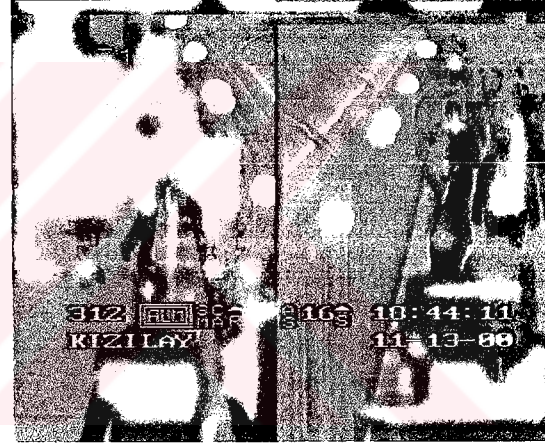
Orijinal gri-seviye görüntü



İkili forma dönüştürülmüş hali



Bir kez erezyona uğramış
görüntü



On kez erezyona uğramış
görüntü

Şekil 5.3. Gerçek veriler üzerinde yapılan bazı ikili görüntü işleme işlemleri

Erezyon işlemi sonuçlarına göre dört farklı durumdan söz etmek mümkündür. Her durumda morfolojik işlem, her bir piksel parlaklık değerini, maske de o piksele karşılık gelen parlaklık değeri ile karşılaştırılır.

Dilasyon işleminde, erezyonun tersi olarak, beyaz nesnenin sınır ölçülerinde bir piksel değerinde artış meydana gelir ve çok küçük özellikler de gözle görülür artışlar oluşur. Dilasyon işlemine ard arda devam edilirse ayırık

nesnelerin de bir biri ile temasa geçmesi ve bütünleşmesi sağlanabilir. Şekil 5.4’de bu durum açık bir şekilde görülmektedir.



Orijinal ikili görüntü



Bir kez dilasyona uğamış
ikili görüntü



On kez dilasyona uğamış
ikili görüntü

Şekil 5.4. İkili görüntüde dilasyon ve erezyon

5.2. Açma ve Kapama (Opening ve Closing)

Daha evvel bahsedilen erezyon ve dilasyon işlemleri birincil morfolojik işlemlerdir. Burada değinilecek olan açma (opening) ve kapama (closing) işlemleri ise ikincil morfolojik işlemlerdir.

Açma işlemi, kendisini dilasyon işleminin takip ettiği basit bir erezyon işlemidir (Baxes, 1994). Erezyonda olduğu gibi nesne sınırlarından birer piksel atarak çapak, çıkıntı ve kirlilik gibi anormallikleri yok eder. Sonuçta obje sınır eğrileri pürüzsüz hale gelir.

Opening (açma) işlemi, erezyon işlemlerinden farklı olarak nesne boyutlarında ve sınırında bir değişiklik yapmaz. Yani nesnenin şekil ve boyutları orjinal halinde kalır (Baxes, 1994). Bunun sebebi uygulanan bir çeşit erezyon işleminden sonra dilasyon uygulanmasıdır. Bu da nesnenin şekil ve boyutlarının aynı kalmasını sağlamaktadır.

Açma işlemi, erezyon ve dilasyon işlemlerinde olduğu gibi istenen sonuca ulaşılan kadar tekrar edilir. Bu edilen tekrar sayısı oranında nesne sınırlarındaki anormallikler yok edilir ve nesne daha pürüzsüz hale gelir.

Kapama işlemi ise açma işleminin tam tersidir. Bir çeşit dilasyon işlemidir ve arkasından erezyon işlemi uygulanır. Kapama işleminde, delik ve çeşitli hatalı açıklıklar gibi anormallikler tek piksel değeri atanarak doldurulur. Açma işleminde olduğu gibi kapama işlemi de pürüzsüz bir nesne sınır çizgisi elde etmeyi amaçlar. Bu işlem sonunda da yine nesnenin şekil ve boyutlarında herhangi bir değişiklik oluşmaz.

Şekil 5.5’de açma ve kapama etkileri açık olarak görülmektedir.



Orijinal ikili görüntü



On defa erezyon-dilasyon uygulanarak açılmış görüntü



On defa dilasyon-erezyon uygulanarak kapatılmış görüntü

Şekil 5.5. İkili görüntüde açma ve kapama işlemleri

5.3. Nesne Hatları Çıkarma (Outlining)

Erezyon işlemi, görüntü içerisindeki objelerin sınırlarını çıkartır. Nesne hatlarını çıkarma (Outlining) işlemi ise kenar belirginleştirme (edge enhancement) işlemi ile benzerlik gösterir. Genellikle hat belirginleştirme

5.3. Nesne Hatları Çıkarma (Outlining)

Erezyon işlemi, görüntü içerisindeki objelerin sınırlarını çıkartır. Nesne hatlarını çıkarma (Outlining) işlemi ise kenar belirginleştirme (edge enhancement) işlemi ile benzerlik gösterir. Genellikle, hat belirginleştirme işlemi, kenar belirginleştirme işleminden farklı olarak tek piksel genişliğinde nesne sınır çizgilerini ortaya çıkartır ve herhangi bir filtreleme işlemi uygulamaz.

Nesne hatları belirleme işleminde, önce görüntü içindeki nesnelere erezyon işlemi uygulanarak nesne sınırları tek piksel değerinde inceltilir. Daha sonra orjinal görüntüden erezyon işlemi sonucu elde edilen görüntü çıkartılarak kenar hatları ortaya çıkartılır.

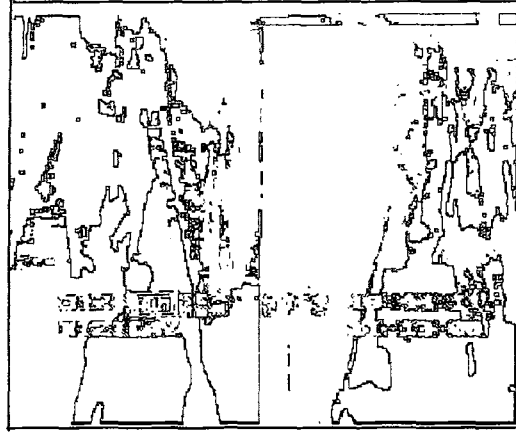
Yukarıdaki şekilde nesne hatları belirleme işlemi aşama aşama gösterilmiştir. Nesne sınırları daha ileri özelliklerin çıkartılmasında ve sınıflandırma işlemlerinde çok sık olarak kullanılmaktadır (Haralick ve Shapiro, 1993).



Orijinal görüntü



Erezyona uğramış (eroded)
görüntü



Hatları çıkartılmış (outlined)
görüntü

Şekil 5.6. İkili görüntüde nesne hatlarının ortaya çıkartılması

5.4. İskelet Çıkarma (Skeletonization)

Erezyon işleminin diğer faydalı bir uygulaması da nesne iskeleti çıkarma (object skeletonization) işlemidir. Bu işlem sırasında birçok faydalı erezyon maskesi kullanılır (Haralick ve Shapiro, 1993).



Orjinal görüntü



İskelet görüntü

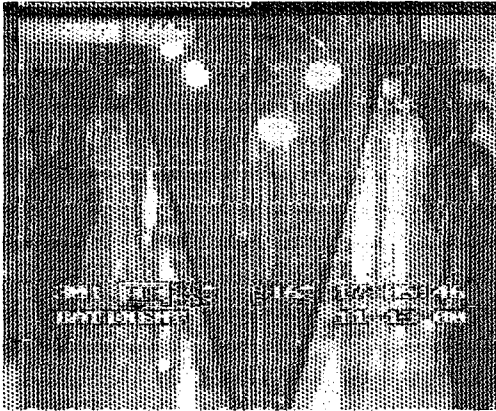


Elde edilen iskelet görüntünün tersi (invert) alındıktan sonra dilasyon işlemi uygulanmış ikili görüntü

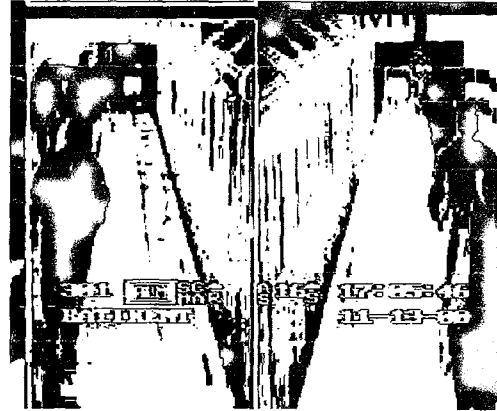
Şekil 5.7. İskelet çıkarma işlemi ile görüntünün ana hatlarının ortaya çıkartılması

5.5. Görüntü Üzerinde Nesne Analizi

Görüntü üzerinden bilgilerin çıkarılması işleminin en önemli özelliği, bilgisayar ortamındaki görüntünün yapısı ve görüntü üzerindeki nesne bölgesinin tam olarak arka plana göre ifadesidir. Bilgisayar ortamında nesne ne kadar iyi kodlanırsa üzerinde yapılacak işlemler de o kadar kaliteli olur.



(a)



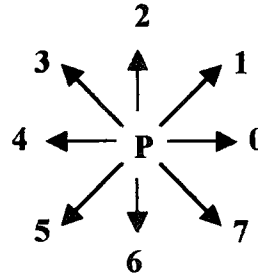
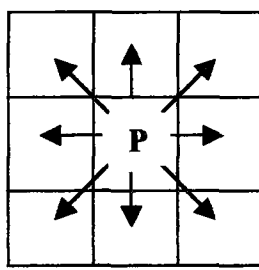
(b)

Şekil 5.8. (a) Orijinal görüntü (b) İkili yapıya dönüştürülerek nesne hatlarının ortaya çıkartılmış hali

İncelenen alana göre belirli özellikleri çıkartılmış nesnelerin şekli birçok tipte olabilir. Şekil 5.8’de görüldüğü gibi iki düzeye sahip görüntünün sadece ana hatları (kenarları, sınırları) çıkartılmış durumdadır. Burada şekil sınırları ikili yapıda siyah-beyaz düzeyde incelemek daha kolaydır.

Bu tür ikili forma dönüştürülmüş görüntüden nesnelerin sınır analizi en iyi şekilde zincir kodlama (chain coding) işlemi ile yapılabilir. Bu metot ilk olarak Freman (Castelman, 1996) tarafından uygulanmıştır. Zincir kodlama, nesne ile arka plan arasındaki bölgelerdeki piksellerin değerlerini belirli bir pikselden başlayarak sayar ve uygun şekildeki pikselleri tespit eder. İki boyutlu alt bölgelerde kesin kenar bölgeleri anlaşılamadığı noktalara uygulanır. Bu sistemin değişik uygulamaları vardır (Castelman, 1996).

Komşuluk açısından bir piksel miktar olarak 7 adet komşu piksele sahiptir. Yine aynı şekilde komşusu olan piksel de 7 tane komşuya sahiptir. Dolayısıyla bir piksel 7 tane yöne sahiptir. Bir pikselin analizinin yapılabilmesi için 7 yöndeki piksel değerlerine bakılması gerekir. Zincir kodlama ise nesnenin çevresindeki piksel değerleri üzerinden bu belirtilen yönlerine bakarak tarama işlemi yapar.



Şekil 5.9. Piksel çevresindeki dönüş yönleri (Baxes, 1994)

Görüntülerin taranması için nesnenin üzerindeki bir bölgede piksel değişimleri sınır bölgede ne durumda ise ona göre işlem yapılır. Nesne çevresindeki bu

işlem sonucunda elde edilen pikseller nesnenin hatlarıdır. Yani nesneyi arka plandan ayıran en genel sınırdır. Fakat bu her görüntü için geçerli değildir. Genelde düz bir nesneye sahip, arka planı açıkça görülebilen görüntüler de böyledir. Bu tez çalışmasında arka plandan ayrılması çok güç olan görüntüler üzerinde çalışılmıştır.

Görüntü üzerindeki tarama işlemi, nesnenin özelliklerinin tanımlanması, ölçmenin yapılabilmesi ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesini sağlar.

Bu düzenleme ile elde edilen ikili görüntü üzerinde istenen fiziksel işlemler yapılabilir. Görüntü üzerinde nesnenin fiziksel olarak üç şekilde özelliği çıkarılabilir:

- Nesnenin çevresi
- Nesnenin genişliği
- Nesnenin alanı

5.5.1. Nesne çevresi

Nesnenin etrafını saran piksel mesafelerinin toplamı nesnenin çevre ölçüsünü verir. Nesne çevresi ölçümü, genel hatlarıyla belirlenmiş görüntü üzerindeki nesnenin hatlarını tam anlamıyla belirlemek için piksellerin nesne çevresinde saydırılma işlemidir. Bu saydırma işlemi, piksellerin tek tek alınarak sayılması şeklindedir. Her piksel bir ünite (birim) olarak ifade edilerek yönlendirmeye göre her piksel sayımından sonra uzaklıklar birleştirilerek nesnenin çevresi elde edilir.

Nesnenin üzerinde işaretlenen bir pikselin 0, 2, 4, 6 yönlerinde her bir birim ilerleme için 1 birim ilerleme ve 1,3,5,7 yönlerinde de her bir ilerleme için $\sqrt{2}$ birim ilerleme ölçülür. Tek değerdeki yönlerde her ilerleme değeri S_T ve çift

değerdeki yönlerde ilerleme değeri ise S_C olarak ifade edilirse nesnenin çevresi, toplam bu yön ilerlemeler alınarak aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

Nesnenin çevresi;

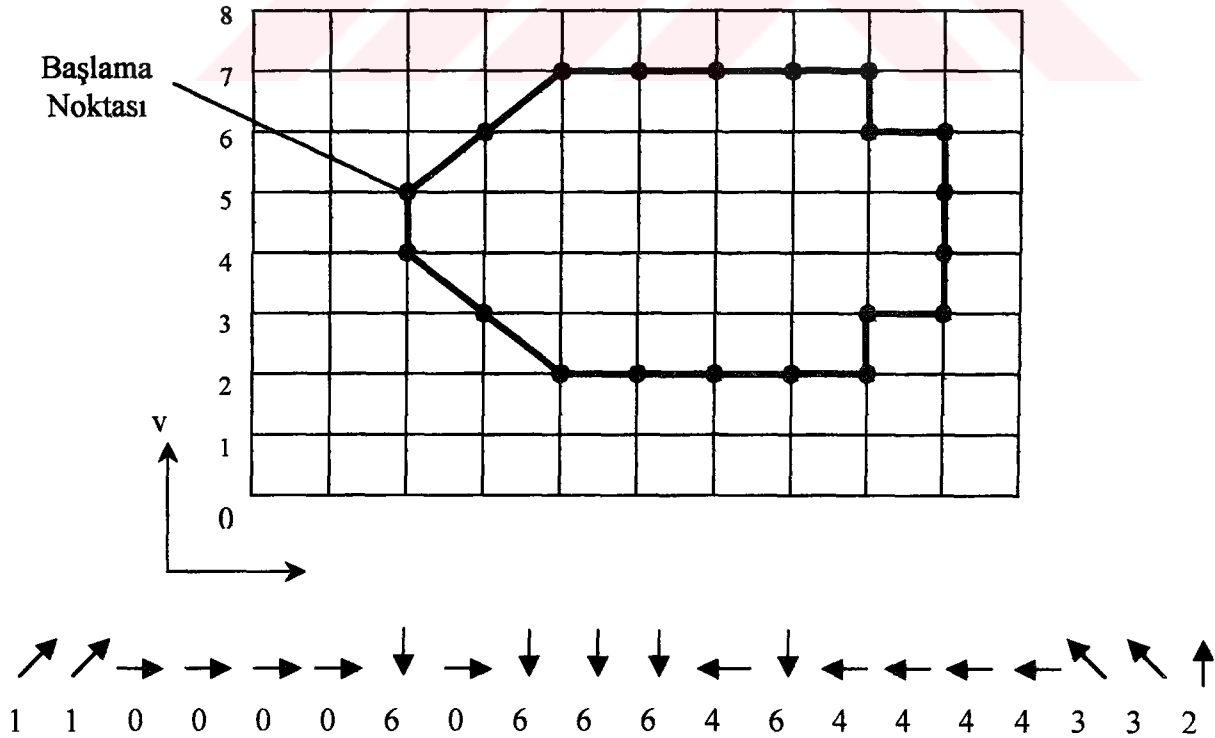
$$P = n.(S_C) + m.(S_T).\sqrt{2} \quad (5.1)$$

olarak ifade edilebilir.

Burada, n ve m toplam yön ilerleme sayılarıdır. (Bkz. Şekil 5.10).

Şekil 5.10'da görüldüğü gibi bir başlangıç noktasından başlayarak çevresi dolanan nesnenin yön olarak ilerlemesini 1100006066646444332 olarak verilir ve bu ilerleme sonucunda başlangıç noktasına geri döner. Yani yön olarak bu ilerleme aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi oluşur.

$S_C=16$ ve $S_T=4$ 'dür ve bu durumda bu nesnenin çevresinin uzunluğu Şekil 5.10'da tanımlanan yön kısıtlamalarına göre $P=16+4\sqrt{2}=21.66$ birim olarak hesaplanır (Ünal, 1998).

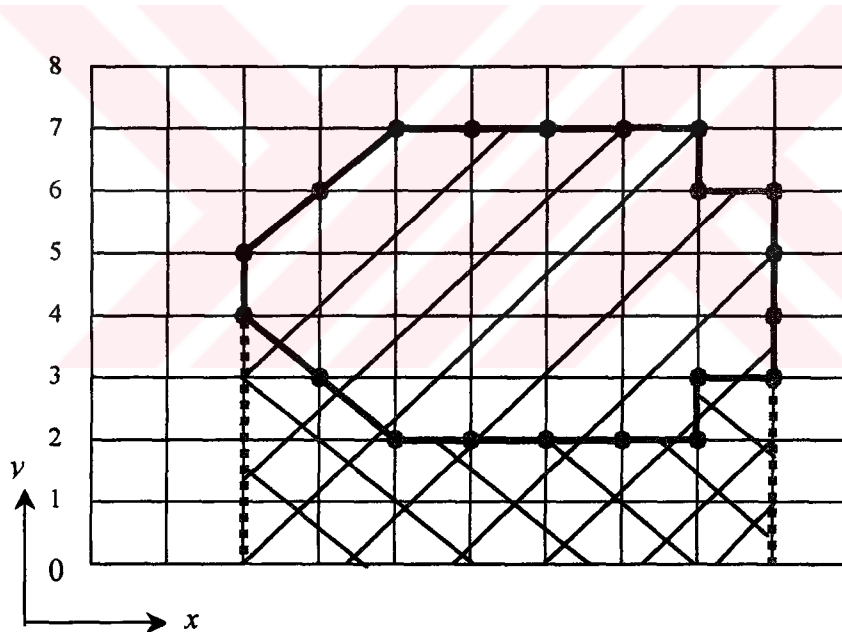


Şekil 5.10. Nesne ve ilerleme yönleri

5.5.2. Alan ölçümü

Görüntü üzerinde nesnenin alanını tespit etmek için kenar pikseller arasındaki değişimin yönleri baz alınır. Üzerinde bulunan pikselin koordinat sistemi merkez kabul edilerek x eksen yönündeki 1, 0, 7 yönleri pozitif olarak alınır. 2 ve 6 no'lu yönler nötr olarak kabul edilir ve işleme sokulmaz, çünkü bu yönlerin ilerlemesinde bir yer kat etme yoktur. 5, 4, 3 no'lu yönler ise negatif yönlere sahiptir ve hesaplamalardan çıkartılırlar.

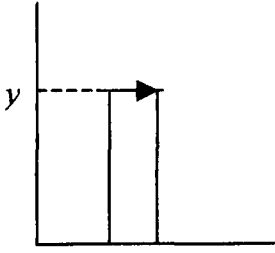
Koordinat sisteminde taranan nesnenin kenar piksellerinin ordinatı (y eksen değeri) alınır. Bu durum şekil 5.11'de gösterilmiştir.



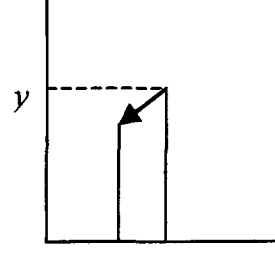
Şekil 5.11 Nesne tarama alanı (Tunalı 1998)

Bu tarama işleminde, geri dönüldüğünden diğer dönülen piksellerin değerleri alt alanı ifade eder.

Her ilerleme ordinatına göre bir birim alan taranmış olur. Bu tarama alan değerleri şekil 5.12'de çeşitli yönlerle gösterilmiştir.



0 yönünde ilerleme bir birim kat edilen alan $A=y \times 1$ birim karedir.

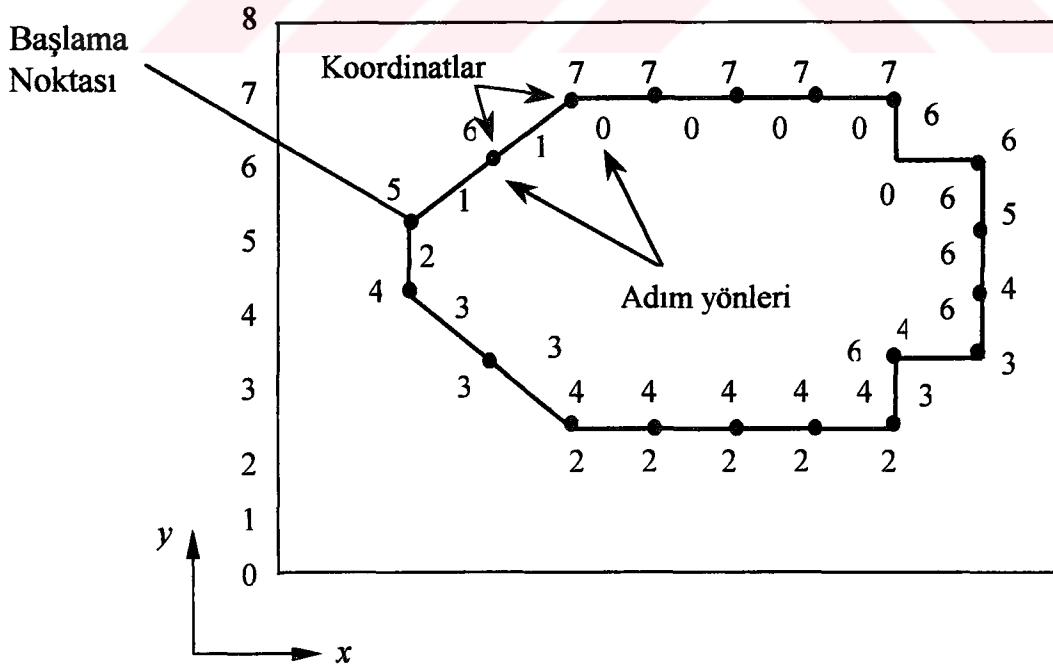


5 yönünde ilerleme eksi yönde fakat kat edilmeyen 45° lik bir birim alan çıkartılarak hesaplanır. Artı yönlerde ise bu eklenir $A=(y \times 1)-0.5$



2 yönünde taranan alan sıfırdır

Şekil 5.12. Tarama alanı yön değerleri



Şekil 5.13. Nesne alanı

Bu tanımlamalara göre yukarıda şekil 5.13’de verilen nesne alanı şu şekilde hesaplanabilir.

$$\text{Alan}=5.5+6.5+7+7+7+7+7+0+6+0+0+0+(-3)+0+(-2)+(-2)+(-2)+(-2).5+(-3).5$$

Alan=29 birim kare olarak hesaplanır.

5.5.3. Genişlik ölçümü

Nesnenin yatay eksenindeki maksimum uzunluğu pikseller üzerinden yine yönlerin sayısı ile bulunabilir. 0, 1, 7 yönlerindeki pikseller x eksenini yönün de bir birim pozitif olarak ilerler. 2 ve 6 yönlerinin buna etkisi olmaz. 3, 4, ve 5 no’lu yönler x ekseninde azalan yönlerdir.(Bkz. Şekil 5.13)

Nesne üzerinde yine başlangıç noktası seçilerek tarama başlatılır. Bu tarama ile x eksenini üzerinde maksimum artımın olduğu sayım noktasına gelinir ve burada piksel adedi tespit edilir.

Bu tarama sonucu başlangıç noktasına dönüleceğinden toplam sayım sonucu sıfır olacaktır. Sayım maksimum noktasında durdurulur ve başlangıç noktası değeri sıfır kabul edilir (Gonzales, 1993). Böylece nesnenin x ekseninde sahip olduğu piksel adedi belirlenmiş olur.

Şekil 5.13’de görüldüğü gibi x ekseninde maksimum 7 birim pozitif ve 7 birim negatif ünite sayılmıştır. Bu durumda P_p pozitif piksel, P_n negatif pikseli temsil etmek üzere, yatay eksenindeki maksimum piksel değişimi $P_p=7$, başlangıç noktasından itibaren hiç geri gidilmemiş, $P_n=0$ alınırsa genişlik:

$$\text{Genişlik} = P_p - P_n \quad (5.2)$$

$$\text{Genişlik} = 7 - 0 = 7 \text{ birim olarak hesaplanır.}$$

5.5.4. Alanın çevreye oranı

Alanın çevreye oranı nesnenin yuvarlaklığı (Roundness) veya sıkılık (Compactness) faktörü olarak bilinir ve değeri de 0 ile 1 arasında değişir. Alanın çevreye oranı ne kadar büyükse nesne o derece yuvarlaktır. Eğer oran 1'e eşitse obje düzgün bir dairedir, oran 1'den küçükse nesne dairesel yapıdan uzaklaşır.

$$Yuvarlaklık (Roundness) = (4\pi \cdot \text{Alan}) / (\text{Çevre})^2 \quad (5.3)$$

şeklinde tanımlanır.

5.6. Büyük Eksen (Major Axis)

İncelenen nesnenin büyük eksenini nesne üzerine çizilebilecek en uzun çizginin ölçüsüdür. Nesne üzerine çizilen bu en uzun çizginin uç noktaları (x_1, y_1) ve (x_2, y_2) ise eksen uzunluğu:

$$Büyük Eksen Uzunluğu = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (5.4)$$

olarak hesaplanabilir. Büyük eksen açısı ise bu uzun çizginin pozitif x eksenini ile yaptığı açı olup $(0^\circ - 360^\circ)$ arasında değişir (Baxes, 1994). Ve

$$Büyük Eksen Açısı = \tan^{-1} \left[\frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} \right] \text{ olarak hesaplanır.} \quad (5.5)$$

5.7. Küçük Eksen (Minor Axis)

Nesne üzerinde büyük eksene dik olan en uzun çizgiye küçük (minör) eksen denir. Eğer bu çizginin uç noktaları sırası ile (x_1, y_1) ve (x_2, y_2) ise eksen genişliği:

$$Küçük Eksen Genişliği = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (5.6)$$

Küçük eksenin büyük eksene oranı 0 ile 1 arasında değişir. Eğer oran 1'e eşitse nesneye kabaca karesel veya dairesel denebilir. Oran 1'den 0'a doğru küçüldükçe nesne daha da boyuna uzama gösterir (Baxes, 1994). Bu oran,

$$Oran = \frac{Küçük Eksen Uzunluğu}{Büyük Eksen Uzunluğu} \quad \text{şeklinde tanımlanabilir.} \quad (5.7)$$

5.8. Sınır Kutu Alanı (Bounding Box)

Nesneyi tam olarak sınırlarından saran kutuya *sınır kutusu* veya *Bounding Box* denir. Bu kutunun alanı ise,

$$Sınır Kutu Alanı = [Küçük Eksen Genişliği \times Büyük Eksen Uzunluğu] \quad (5.8)$$

Buraya kadar bahsedilen ölçümler görüntü analizinde çok sık kullanılan ve uygulamalar için yeterli olan ölçümlerdir. Bunun yanı sıra özel amaçlara hizmet eden ölçümler de mevcuttur. Alan atalet momentleri ve ağırlık merkezleri bu tür ölçümlere örnek olarak verilebilir (Awecock ve Thomas, 1996).

5.9. Düzlemsel Momentler (Spatial Moments)

Düzlemsel moment değerleri nesnenin istatistiki şekil ölçüleridir. Nesneyi özel olarak karakterize etmeyen bu ölçüler, nesne karakteriyle ilgili genel istatistiki bilgiler verirler.

Sıfırıncı mertebeden düzlemsel momentler nesne içerisindeki piksel parlaklıkları değerlerinin toplamıdır. İkili (binary) görüntü durumunda ise

nesne içerisindeki piksellerin toplamı sıfıncı mertebeden (zero-order) düzlemsel momenti verir. Gri-düzey görüntü için düzlemsel moment, piksel parlaklık değerinin toplamına eşittir.

Birinci mertebeden düzlemsel moment iki bağımsız bileşen x ve y içerir. Bu bileşenler (x,y) nesne içerisindeki parlak piksellerin toplamına eşittir ve her bir x, y görüntü içerisinde kendisine karşılık gelen konumdaki değerler ile çarpılır. İkili görüntüde ise, birinci mertebeden düzlemsel moment sadece obje piksellerinin x koordinatları toplamıdır. Çünkü her piksel 1 (beyaz) değerine sahiptir. Aynı şekilde y düzlemsel momenti de y eksenı üzerindeki piksellerin toplamına eşittir. Nesnenin birinci mertebeden düzlemsel momenti nesnenin kütesini ve bu kütenin eksenler boyunca nasıl dağılım gösterdiğini temsil eder.

Düzlemsel momentlerin hesabında iki önemli ölçü kullanılır:

- Nesnenin Alanı
- Kütle Merkezi

Daha önce belirtildiği üzere nesnenin alanı nesnenin sıfıncı mertebeden düzlemsel momentine eşittir. Nesnenin kütle merkezi ise birinci mertebeden düzlemsel momentlerinin (x,y) sıfıncı mertebeden düzlemsel momenti yani alanına oranıdır.

5.10. Kütle Merkezi (Centroid)

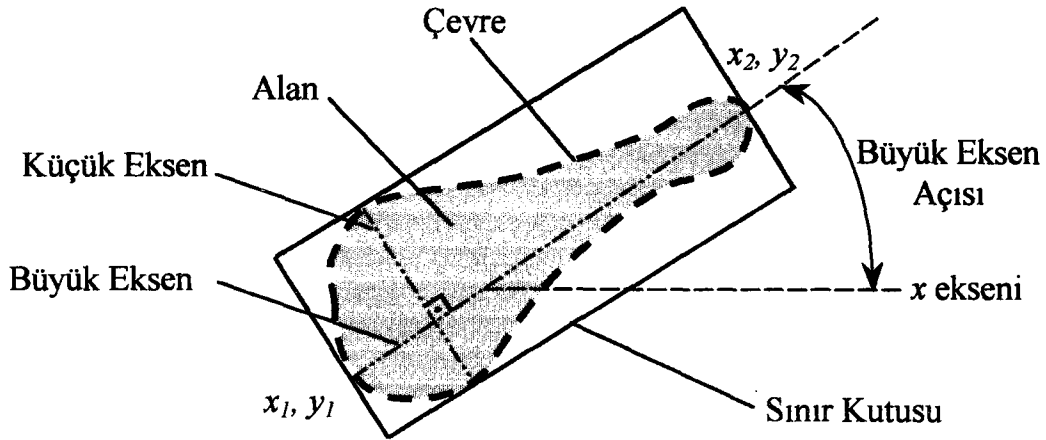
Nesnenin sağ-sol ve üst-alt kısımlarındaki kütlelerinin eşit şekilde dağılım gösterdiği denge noktasına kütle merkezi denir (Wylie ve Barrett, 1985). Eğer bir nesne üzerindeki piksellerin birim kütlelere sahip olduklarını düşünürsek, kütle merkezi kütenin mükemmel dengede olduğu noktadır. Şekil 5.14'de verilen nesnenin kütle merkezi gösterilmektedir.

Örneğin, kare, dikdörtgen, elips gibi düzgün simetrik şekillerde kütle merkezi büyük ve küçük eksenlerin kesişim noktasıdır. Kütle merkezleri şu şekilde tanımlanabilir:

$$KM_x = \frac{\sum (x - \text{Piksel Koordinatları})}{\sum (\text{Piksel Sayısı})} \quad (5.9)$$

$$KM_y = \frac{\sum (y - \text{Piksel Koordinatları})}{\sum (\text{Piksel Sayısı})} \quad (5.10)$$

Şekil 5.14’de yukarıda bahsedilen tüm şekil ölçüleri aynı nesne üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 5.14. Nesneye ait şekil ölçüleri

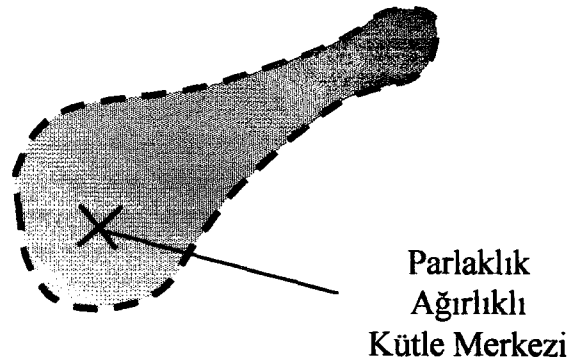
5.11. Parlaklık Ağırlıklı Kütle Merkezleri (Gray Centroid)

Nesnenin (x,y) denge noktasında sağ-sol, alt-üst kısımlardaki parlaklık değerleri birbirlerine eşittir. Bu noktaya *Parlaklık Ağırlıklı Kütle Merkezi* denir. Piksel parlaklıkları esasına dayalı kütle merkezleri aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\left(\begin{array}{c} \text{Parlaklık} \\ \text{Kütle} \\ \text{Merkezi} \end{array} \right)_x = \frac{\sum [(x - \text{Piksel Koordinatları})(\text{Piksel Parlaklık Değerleri})]}{\sum (\text{Piksel Parlaklık Değerleri})} \quad (5.11)$$

$$\left(\begin{array}{c} \text{parlaklık} \\ \text{Kütle} \\ \text{Merkezi} \end{array} \right)_y = \frac{\sum [(y - \text{Piksel Koordinatları})(\text{Piksel Parlaklık Değerleri})]}{\sum (\text{Piksel Parlaklık Değerleri})} \quad (5.12)$$

Daha yüksek mertebeden momentler nesne hakkında daha yüzeysel bilgiler verdiği için pratikte en çok sıfırıncı, birinci ve ikinci mertebeden momentler nesne özelliklerini çıkarmada kullanılmaktadır (Baxes, 1994).



Şekil 5.15. Nesnenin parlaklık ağırlıklı kütle merkezi

6. UYGULAMA ÇALIŞMALARI

Uygulama çalışmaları iki grup olarak gerçekleştirilmiştir. Birinci grup uygulama çalışmaları Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Makina Teorisi ve Dinamiği Anabilim Alanında kullanılan şekil 6.5’de gösterilen görüntü işleme sistemi ile yapılan uygulamalardır.

İkinci grup uygulama çalışmaları ise Ankara Hızlı Raylı Sistem üzerinde yapılan uygulamalardır. Bu kısımda kullanılan veriler, platformlarda güvenlik amaçlı konumlandırılmış ve gri renk tonlarında çekim yapabilen kameralar tarafından sağlanmıştır.

Şimdi birinci grup uygulamalarda kullanılan bu sistemle ilgili detaylı bilgiler verilecektir.

6.1. Görüntü İşleme Deney Düzenegi

Üzerinde çalışma yapılan sistem kamera ile görüntünün alınması amacıyla görüntü alma kartı, görüntünün gerçek ortamla uyumu için RGB (Red-Green-Blue) destekli 37 ekran PAL TV, Pentium 120 işlemcili PC bilgisayar, 14 inch VGA monitör, ve RGB uyumlu CCD kamera elemanlarından oluşmaktadır.

Sisteme ait fotoğraflar şekil 6.1 ve 6.2’de verilmiştir. Şimdi fotoğrafta verilen bu elemanlara ilişkin bilgiler sırası ile verilecektir.

6.1.1. Bilgisayar

Bu çalışmada pentium 120 işlemcili, 32 MB hafıza, 2 MB görüntü kartı hafızası ve 1.1 GB sabit disk özelliklerine sahip bir bilgisayar kullanılmıştır. Görüntü üzerinde iç içe döngü işlemleri gibi bazı görüntü işleme işlemlerinde

bu sistem yetersiz kalmaktadır. Bu yüzden ileri uygulamalarda daha yüksek konfigürasyonlu bir sisteme ihtiyaç vardır.

6.1.2. Televizyon

Sistemde kullanılan televizyon 37 ekran olup PAL sistemine sahiptir. İkinci bir monitör görevi yapan bu televizyonun kullanım maksadı, bilgisayarla entegre çalışan *Targa+* data işleme kartı ile RGB ekranın uyumluluğunun en iyi düzeyde olmasıdır.

Fakat görüntü kartı ile TV arasında çok düşük seviyede frekans uyumsuzluğu meydana gelebilmektedir. Bu ise çalışmalar sırasında ekranda sürüklenmeler meydana getirebilmekte ve gözü olumsuz yönde etkilemektedir.

PAL Sistem TV, görüntü alınması sırasında 16,000,000 renk tonunun üzerine çıkması ve elde edilen görüntüde kayıpların minimum olmasını sağlaması açısından tercih edilmiştir.

6.1.3. CCD kamera

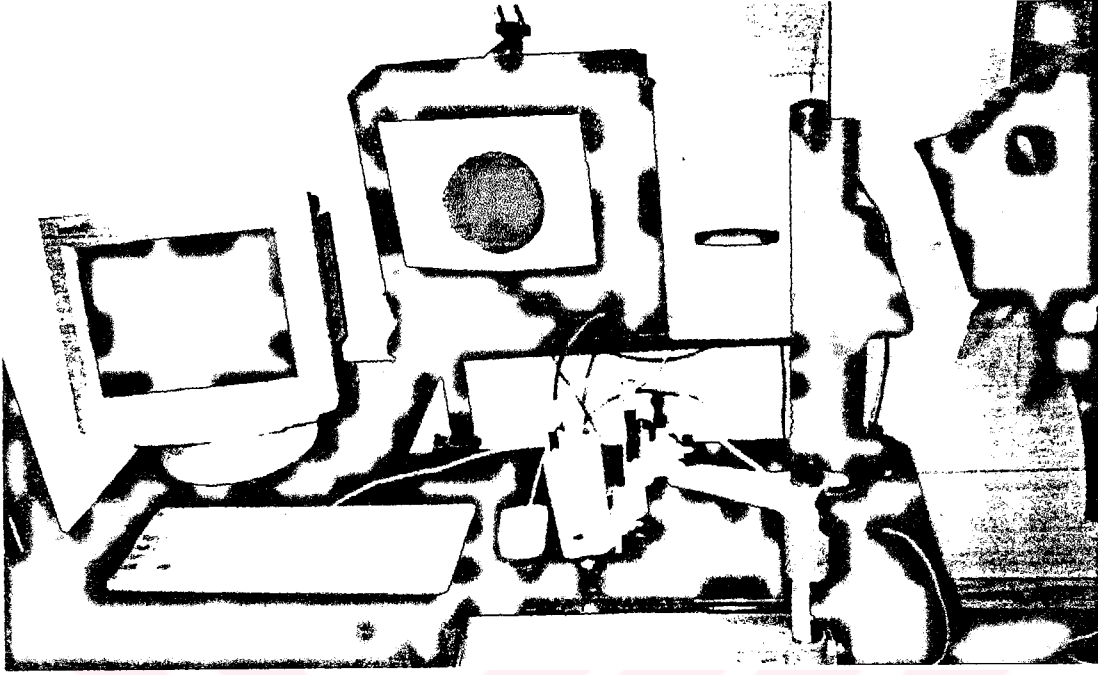
Bu çalışmada, RGB uyumlu, yüksek çözünürlük ve yüksek duyarlılığa sahip CCD kamera kullanıldı. Kameranın özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

- PAL ve NTSC sistem çıkışı verebilen turkuaz (cyan), sarı, eflatun (magenta), ve yeşil, renk için uyum sağlayabilen yapıya sahip
- 3200 K yüzey aydınlanma değerine duyarlı
- 6.4×4.8 mm(1/2" format) görüntü alanına sahip
- Düşük leke düzeyli, sağlıklı ve düzgün görüntü veren
- Machine Vision, Medikal Analiz, Tarım İşlemleri, Kontrol, Mikroskopi, alanlarında kullanılabilen özelliklere sahiptir.

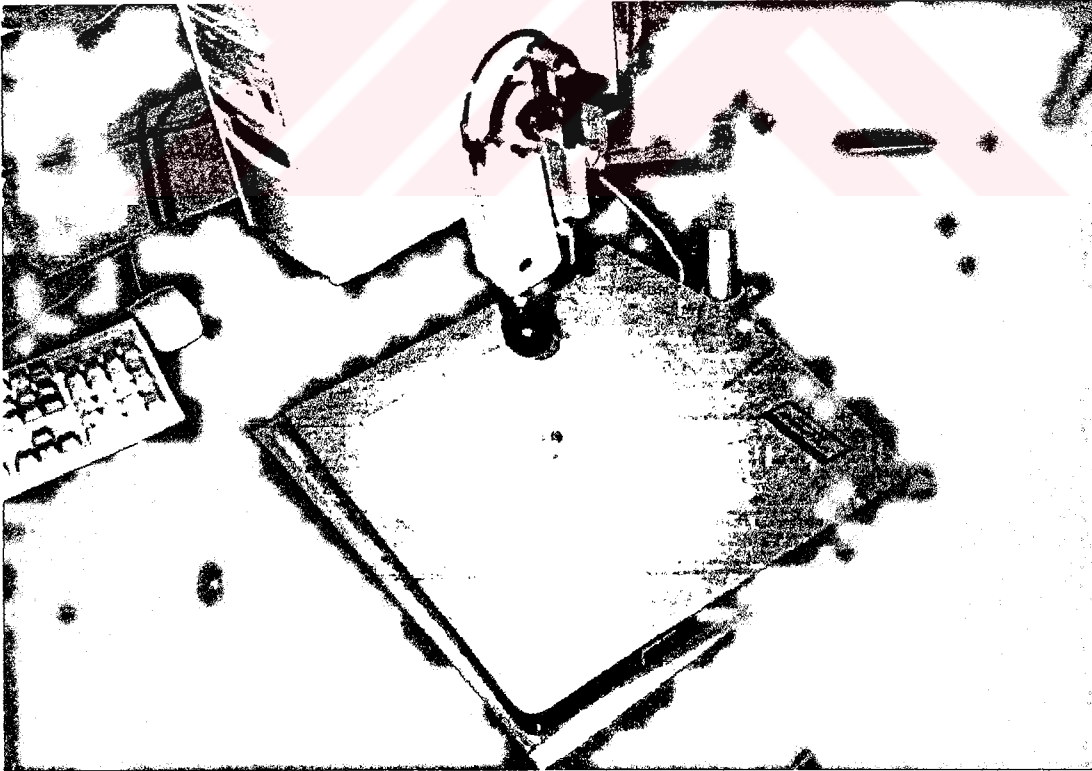
6.1.4. Görüntü kartı

Görüntü alınmasında en önemli birim görüntü kartıdır. Kartın ismi Targa+'dır. Bilgisayar grafik işlemleri için tasarlanmış bu kart iyi uyumlu ve görüntü yakalamak için yüksek performansa sahiptir. Görüntü ortamındaki renk tonlarını maksimum düzeyde algılamaktadır. Bu kartın özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz:

- PAL Sistem destekli
- Bir çok çözünürlük düzeyinde görüntü yakalama kabiliyetine sahip
- Ekran giriş ve çıkışları, kamera giriş ve çıkışları RGB uyumlu
- VGA uyumlu
- Hızı, renk kalitesi yüksek, bir çok uygulamayı destekleyebilen
- BMP, JPG, TGA, uzantılı dosya sistemi oluşturabilen
- 8, 16, 24, 32 bit destekli
- Tek renk (Monochrome) görüntü elde edebilen
- DOS, Windows sistemlerinde çalışabilen
- 1-2 MB arasında hafıza sahip
- 256-16,777,216 arasında renk tonu algılaması
- 768×576 15, 625 KHz kare piksel görüntü formatı
- 720×576 15, 625 KHz kare piksel görüntü formatı
- 512×476 15, 625 KHz kare piksel görüntü formatı
- RGB uyumlu analog-dijital sampling oranı 9,5-15 MHz
- RGB uyumlu dijital-analog sampling oranı 9,5-30 MHz
- 12,96 Watt tüketim, 13,35"×4,5"×0,6" mekanik büyüklük, 0-55° çevre sıcaklığı çalışması



Şekil 6.1. Deney düzeneği



Şekil 6.2. Laboratuvar çalışmalarında kullanılan kamera

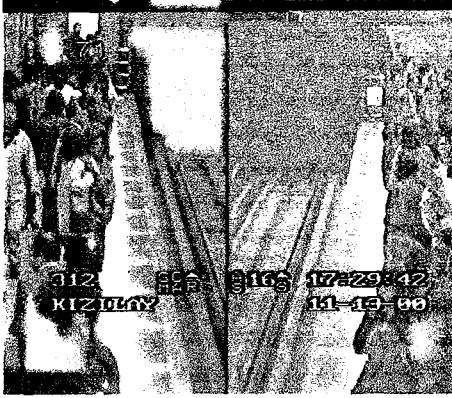
6.1.5. Görüntü işleme yazılımı

Görüntüler üzerindeki işlemler için sistemde kullanılan görüntü işleme yazılımı, Jandel Scientific Firmasının Sigma-Scan Pro görüntü analizi yazılımıdır. Bu yazılım Windows İşletim Sistemi altında en az 386,33 MHz işlemcili ve en az 4 MB hafızaya sahip bilgisayar sisteminde çalışmaktadır. Sigma-Scan 8 bit destekli (256 gri-düzey) görüntüler üzerinde işlemler yapmaktadır. Yazılım ile herhangi bir donanıma bağlı kalmaksızın uygulama yapılabilir.

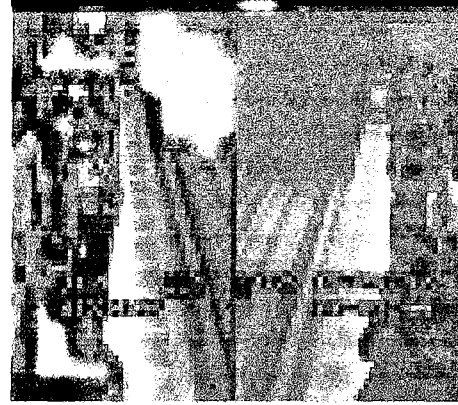
Bu yazılımla, görüntü düzeltme işlemleri, çeşitli filtreleme işlemleri, görüntü güçlendirme, iz ve bölge bulma, görüntünün tonlanması işlemleri yapılabilir. Bu işlemler görüntünün istenilen özelliğe ulaşması için uygulanmıştır. Ayrıca, görüntünün sayısal değerlerinin analizi ve piksel işlemleri gerçekleştirilmiştir. Sigma Scan Pro 2.0 yazılımı yanında, bazı daha kompleks görüntü işleme işlemleri için MatLab 5.0 (S.E) Öğrenci versiyonu matematik programına da başvurulmuştur. Söz konusu program 8 bitlik *.tiff*, *.jpeg*, *.bmp*, *.tga*, uzantılı görüntü dosyaları üzerinde çalışmaya olanak sağlamaktadır.

6.1.6. Çözünürlük

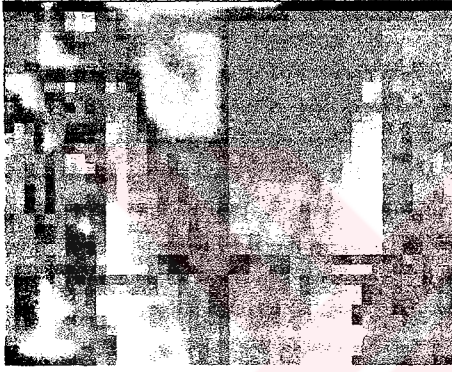
Bir görüntünün çözünürlüğü iki boyutlu piksellerin sayısal büyüklüğünün ifadesidir. Görüntünün belirli sayıdaki piksellerle gösterimini içerir. Görüntü üzerindeki piksel yapılanmasına göre görüntünün çözünürlüğü oluşur. Piksellerin renk tonu ve uzaysal noktalara sahip olduğu için piksellerin çözünürlük değeri görüntü üzerindeki nesneler için büyük önem taşır.



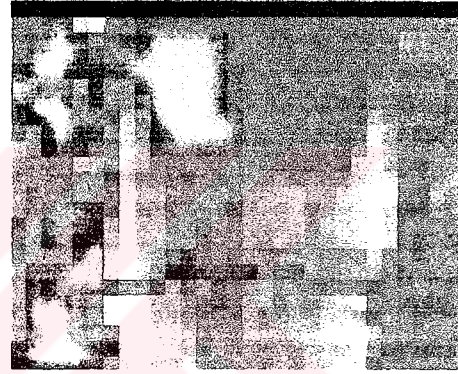
Orijinal görüntü



4×4 Blok işlem



8×8 Blok işlem



12×12 Blok işlem

Şekil 6.3. Bir görüntünün değişik çözünürlük değerlerindeki görünüşleri

Şekil 6.3’de görüldüğü gibi orijinal görüntünün değişik çözünürlükte elde edilmiş ve aynı gerçek boyuta sahip görüntüleri görülmektedir. Bu şekillerden anlaşıldığı gibi görüntünün çözünürlüğü azaldıkça gerçek boyuttaki ifadesi azalmaktadır.

6.1.7. Noktaların yerleşimi

Görüntü üzerindeki noktalar, piksellerin belirli alanları birleştirmesiyle meydana gelir. Bu noktaların merkezi ise pikselin orta noktasıdır. Pikseller üzerindeki sayma işlemleri bu pikselin orta noktası baz alınarak yapılır. Bu noktalar *pointer* denilen gruplar halinde yer alır. Yani pikselin büyüklüğünü

ifade ederler. $[1 \times 1]$ pointer kare büyüklüğüdür ve bir birim pikseli ifade eder ve görüntünün çözünürlüğünün net olması için kullanılır. Bu ifadeler kare, dikdörtgen veya hegzagonal şekillerde yapılabılır.

6.1.8. Boyutsal çözünürlük

Çözünürlük faktörü analizi yapılacak görüntünün netliği ve kesinliği için en önemli faktör sayılabilir. Gerçek görüntü üzerindeki aktif ölçme aralığı görüntü üzerindeki piksel aralıklarına denk geldiğinden ölçme kesinliğinin en iyi seviyede olması piksellerin büyüklüğüne ve düzenli dağılımına bağlıdır, dolayısıyla bu noktada görüntünün elde edilmesi sırasında görüntü tarama değerlerinin de uygun olması gerekir.

Görüntünün taranması ne kadar iyi olursa görüntü üzerindeki nesnelerin kesinliği de o derece iyi olacaktır. Görüntü tarama işlemindeki çözünürlük ise kameranın büyütme oranına ve görüntü yakalama özelliğinin kalitesine bağlıdır. Görüntü üzerindeki çözünme değerleri azaldıkça elde edilen sonuçların hassasiyeti azalmakta ve ölçüm sonuçları gerçek değerlerden daha büyük oranlarda sapmaktadır.

6.1.9. Renk çözünürlüğü

Bu çalışmada 8 bitlik yani, 0-256 arasındaki gri renk tonu değerlere sahip görüntüler üzerinde çalışılmıştır. Bunun yerine renk çözünürlüğü daha yüksek olan 16 bitlik, 24 bitlik veya 32 bitlik renkli görüntülerle çalışılmış olsaydı görüntüden daha fazla bilgi çıkarılabilir, bir başka deyişle daha hassas sonuçlar elde edilebilirdi. Fakat yüksek renk çözünürlüğüne sahip görüntüleri işleyebilmek için kullanılan donanımın çok daha güçlü olması gerekir.

6.1.10. Görüntünün yakalanması ve görüntü formatları

Sistemden alınan görüntüler uygun zaman ile donanımın capture.exe dosyası çalıştırılarak elde edilmiştir. Deneylerde alınan görüntü formatları 512×476 piksel, 720×576 piksel ve 768×576 piksel çözünürlüklerinde renkli görüntüler elde edilmiştir. Bu görüntüleri TIFF, BMP, JPG ve TGA uzantılı dosya yapılarında kaydetmek mümkündür.

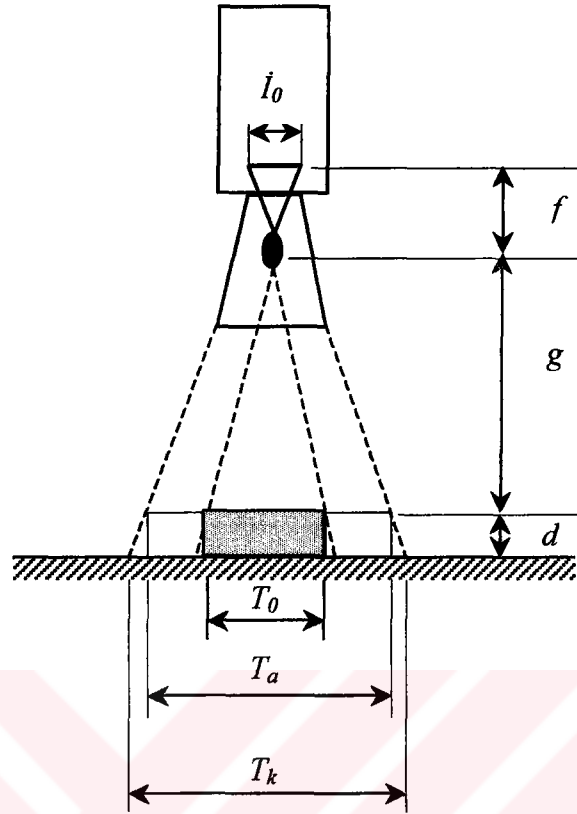
Bu görüntü formatlarından TIFF ve BMP uzantılı dosyalar bu çalışmada tercih edilmiştir. Sistemden elde edilen verilerin BMP uzantılı formatta kaydedilmesinin nedeni ise BMP uzantılı dosya yapısının sıkıştırılmamış olması ve üzerinde yapılan işlemler açısından, düzenlenmesinin kolay olmasındandır.

Görüntü verilerinin bu uzantılı dosyalarda sıkıştırılması fazla değildir. Diğer iki formattan hacim olarak biraz fazla yer kaplar. JPG formatında sıkıştırma oranı daha fazladır. Dolayısıyla bilgisayar ortamındaki bir görüntüye ilk bakıldığında büyük bir estetik görüntü sağlamaktadır.

Görüntü işlemlerinde, dosyaların yapısı gereği görüntüdeki kayıplar fazla olduğu için JPG uzantılı dosyalar tercih edilmedi. TGA uzantılı dosyalar ise JPG formatına benzer özellikler gösterdiğinden tercih edilmedi.

Bu çalışmada ortamdan görüntü alınması ile ilgili parametreler aşağıda şekil 6.4’de görülmektedir.

Sistemdeki kamera ile 1/30 saniyede x eksenindeki taranan uzunluk T_k ’dir. Taranan bu uzunluktaki piksel sayısında ± 3 değerlerinde piksel değişimi meydana gelmektedir.



Şekil 6.4. Görüntünün alınması ve kamera ile ilgili parametreler

Yapılan hesaplamalar piksel büyüklüğü açısından çok küçük olduğu için ihmal edilebilecek düzeydedir. Görüntü üzerindeki ölçüm işlemlerinde deneyde kullanılan nesne derinliği d ve bu nesnenin merceklerle uzaklığı g önem taşımaktadır. Bu yüzden de hesaplamalara katılmıştır.

Şekil 6.4’de görüldüğü gibi elde edilecek görüntünün ortamı ve kullanılan gerekli parametreler aşağıda açıklanmıştır.

G : nesne yüzeyinin kamera merceklerine olan uzaklığı

T_0 : nesne genişliği

T_a : nesne yüzeyinin bulunduğu kamera görüş alanı

Üzerinde çalışılan sistem, ortamdan görüntüyü PAL televizyon sistemi formatında yakalamakta ve üç formatta görüntüyü almaktadır. Bu formatlar;

- 512×476 pal kare piksel (T mode 5)
- 720×576 pal kare piksel (T mode 23)
- 768×576 pal kare piksel (T mode 27)

Kamera görüntüyü, görüntü kartı ekranına TV kanalıyla aktarır ve bu görüntüler ekranı bu üç formatta taramaktadır. Bu formatlar Windows ortamında görüntü yakalanmadan önce görüntü kartının DOS ortamındaki yazılım programı içinde tayin edilir.

6.2. Birinci Grup Uygulamalar

Bu kısımda bahsedilen deneyler, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Bölümü Makine Teorisi ve Dinamiği Ana Bilim Alanına ait ve şekil 6.5’de bileşenleri gösterilen sistem kullanılarak laboratuvar ortamında yapılmıştır.

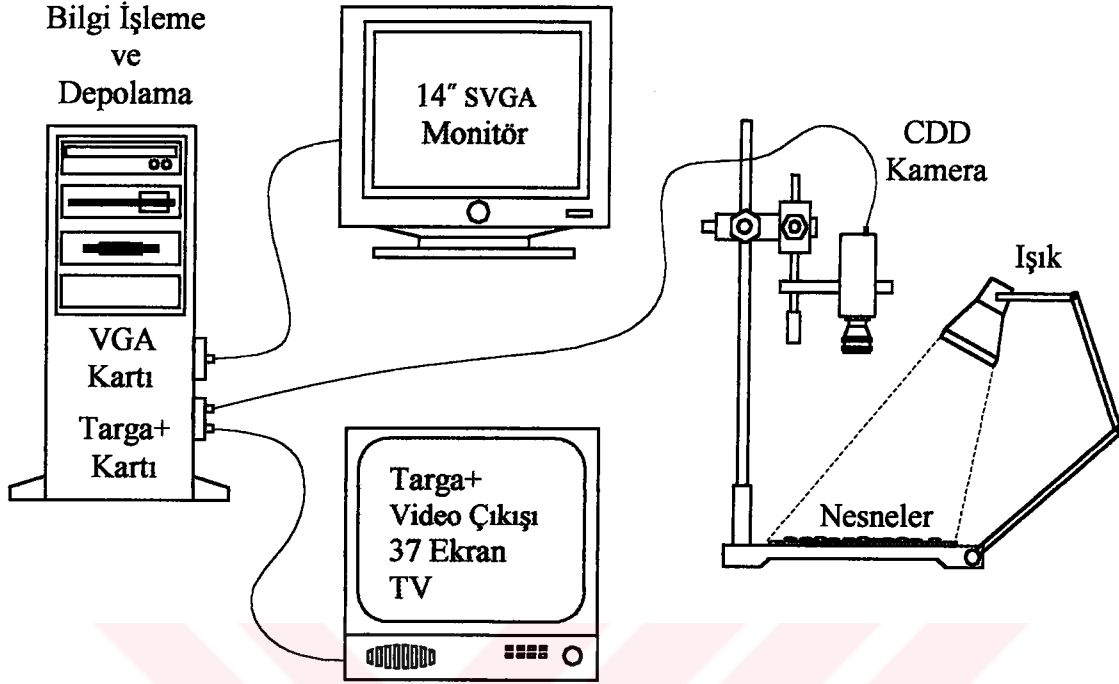
Deneylerde nesne olarak mercimek seçilmesinin sebebi, şeklinin ve boyutlarının bu iş için uygun olmasıdır. Mısır ve buğday taneleri ile de benzer denemeler yapılmış fakat mercimek taneleri kadar sağlıklı sonuçlara ulaşamamıştır.

Birinci grup uygulamalarda, ilk önce görüntü yakalama işlemi gerçekleştirildi.

Bu işlemde, uygun ışık ortamında CCD kamera bir sehpaye monte edilip

gerekli görüntü netliği elde edilene kadar mercek ayarı yapıldı. Uygun şartlar oluşturulduktan sonra *Targa+* veri toplama kartı ile uyumlu çalışan bir görüntü yakalama (image capture) programı kullanıldı.

Kullanılan bu görüntü yakalama programı ile 352×288 piksel boyutlarında Windows BMP uzantılı 120 adet görüntüden oluşan bir görüntü kütüphanesi oluşturuldu.



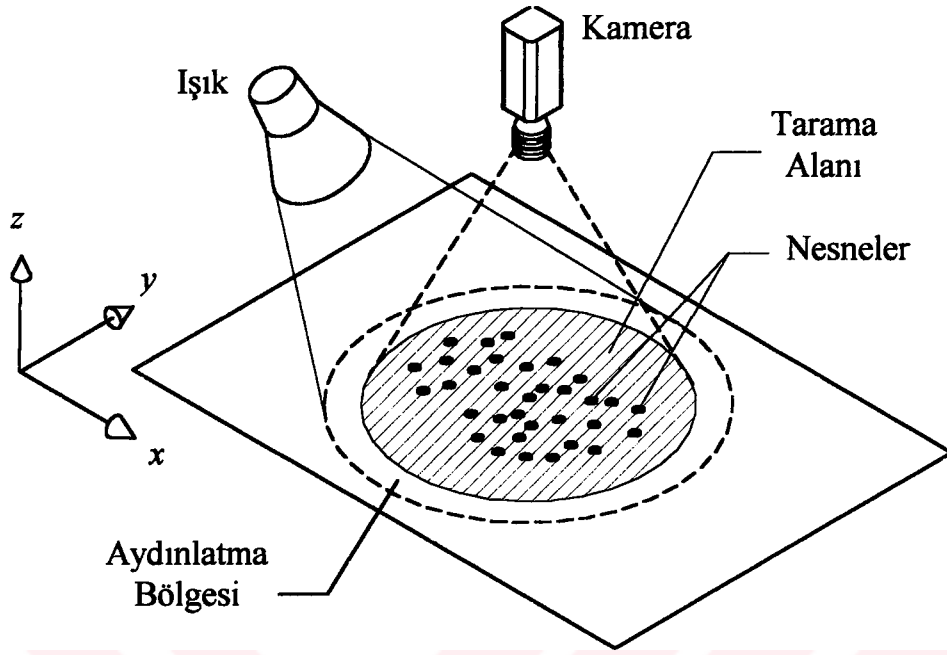
Şekil 6.5. Birinci grup uygulamalarda kullanılan deney düzeneği

İkinci aşamada, elde edilen bu görüntüler *Sigma Scan Pro 2.0* görüntü işleme paket programına aktarıldı. Görüntüler renkli (RGB) formatında olduğundan programın işleyebileceği gri-düzey formatına dönüştürüldü.

Üçüncü aşamada, nesneleri arka plandan ayırmak için uygun eşikleme (Thresholding) aralığı seçilerek görüntülere uygulandı. Elde edilen son görüntü ikili (binary) forma dönüştürüldü ve görüntü içerisindeki nesnelerin alanı paket program yardımı ile hesaplandı.

Şekil 6.6 da birinci grup uygulamalar da kullanılan sistemin ışık kaynağı, kamera pozisyonu ve kamera tarama alanı gösterilmiştir.

Hesaplanan alan değerleri gerçek görüntüdeki nesne sayısına göre kalibre edilerek görüntü kalibrasyon sabitleri bulundu.



Şekil 6.6. Görüntü alanı

Son aşamada, ölçülen değerler, gerçek değerler ve kalibrasyon değerleri olmak üzere üç grup veri seti üzerinde bazı istatistiki işlemler yapılarak gerçek değerler ile ölçülen değerler arasındaki korelasyon (ilişki) belirlendi.

Ölçülen değerler ile gerçek değerler arasındaki korelasyon grafiği şekil 6.17 ve korelasyon katsayılar ile ilgili grafik şekil 6.16'da, ilgili ölçüm sonuçları ise çizelge 6.1'de verilmiştir. Bu uygulamaların yanı sıra kameranın pozisyonuyla ilgili kalibrasyon işlemleri de yapılmıştır.

Bu işlem için nesnelerin (mercimeklerin) bulunduğu yatay plakadan düşey yönde mesafelerin 160 mm, 255 mm, 355 mm olduğu üç farklı noktaya kamera konumlandırılmış ve bu noktalardan üç farklı görüntü alınmıştır. Alınan bu üç görüntüden seçilen bazı nesnelerin bazı temel ölçüleri (alan, major eksen, minör eksen, çevresi...vs) paket program yardımı ile hesaplanmış ve ölçülen bu değerlerin kameranın düşey mesafesine göre hangi oranda değiştiği saptanmıştır (Bkz. Şekil 6.19).

Kameranın açısal pozisyonuna ilişkin kalibrasyon işlemleri de şekil 6.21'deki kamera açısal görüş alanı geometrisine göre belirlenmiştir.

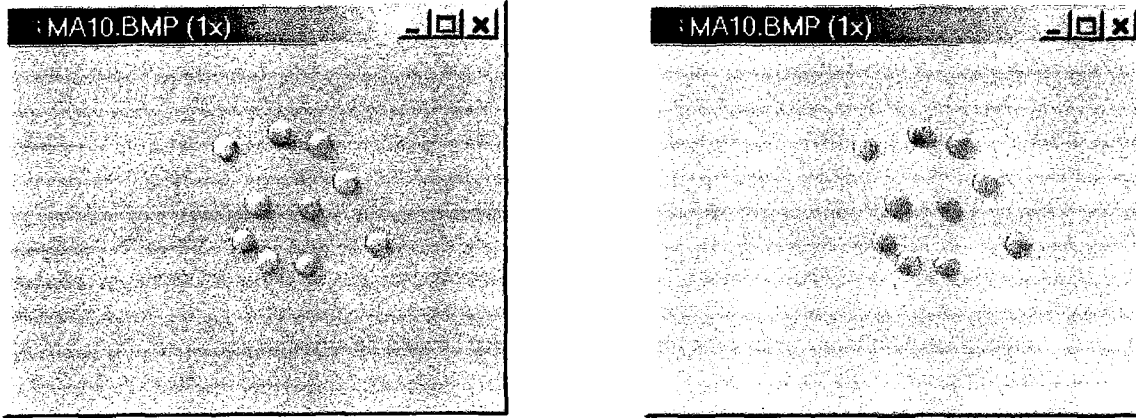
Birinci grup uygulamalar sonucunda, ölçülen değerler ile gerçek değerler arasında, korelasyon grafiğinden de görüleceği üzere, çok yakın bir ilişki ortaya çıkmıştır. Ölçülen değerler arasındaki oluşan sapmalar;

- görüntüdeki netlik bozuklukları
- ışık ayarlarındaki bozulmalar (ışık fazlalığı veya azlığı)

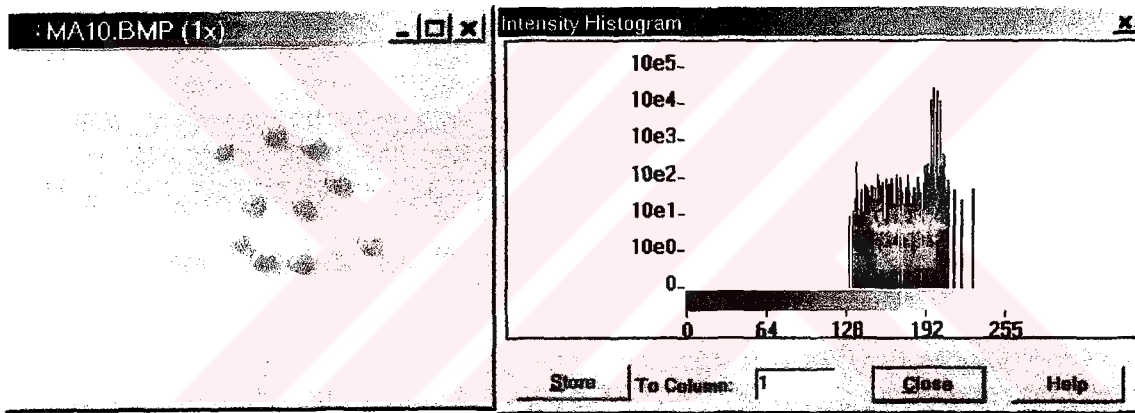
gibi iki önemli etkenden kaynaklanmaktadır.

Birinci grup uygulamalarda elde edilen sağlıklı sonuçlar, benzer işlemlerin ikinci grup uygulamalar olan ARTS görüntülerine de uygulanabileceğini göstermektedir.

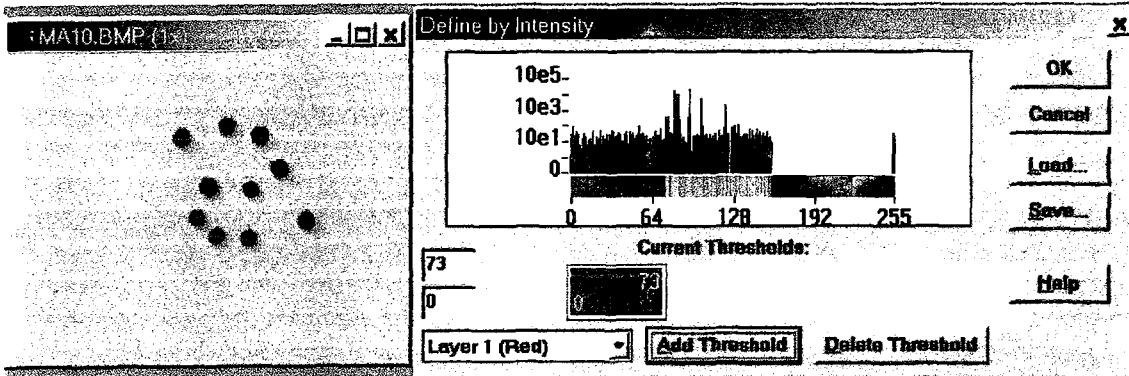
Devam eden kısımlarda uygulanan bu işlemler ilgili şekiller üzerinde gösterilecektir.



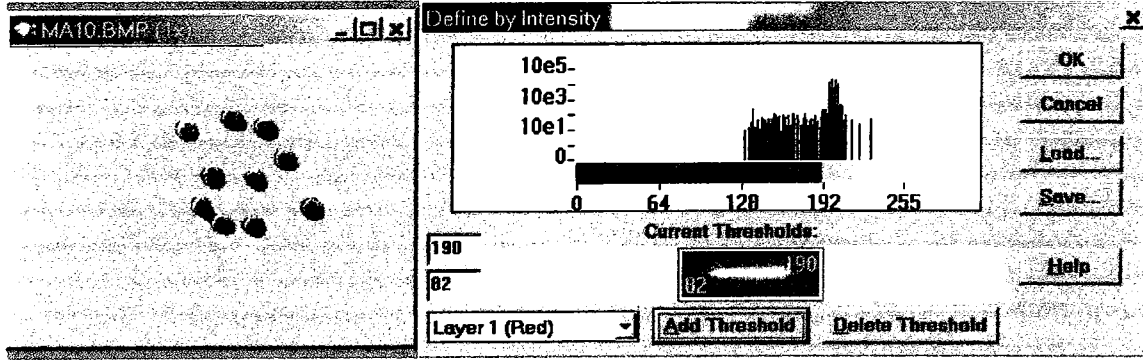
Şekil 6.7. CCD kamera ile yakalanmış 352×288 piksel boyutunda renkli ve gri-seviye numune



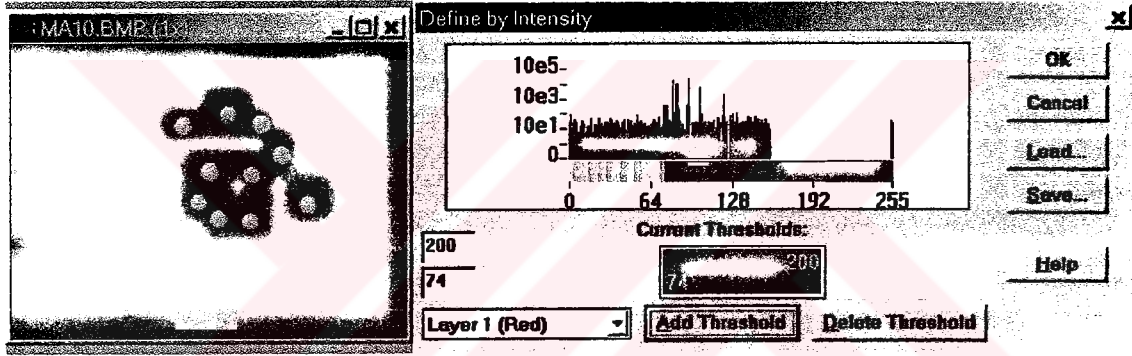
Şekil 6.8. Gri-düzey numunenin histogramı



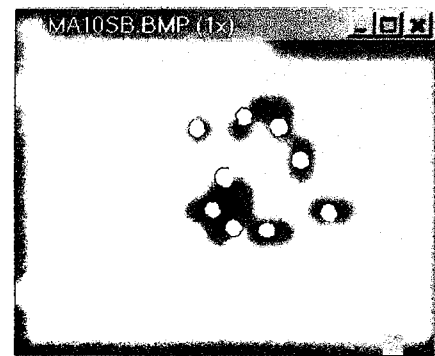
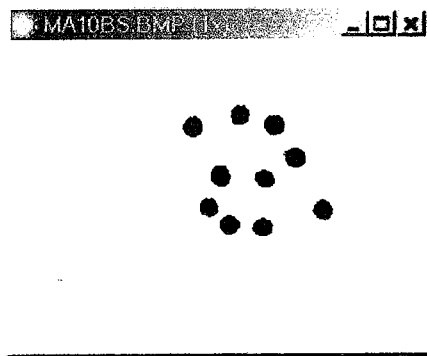
Şekil 6.9. Renkli numuneye 0-73 aralığında uygulanan eşikleme işlemi ile nesnelerin kırmızı renk katmanı olarak arka plandan ayrıştırılması



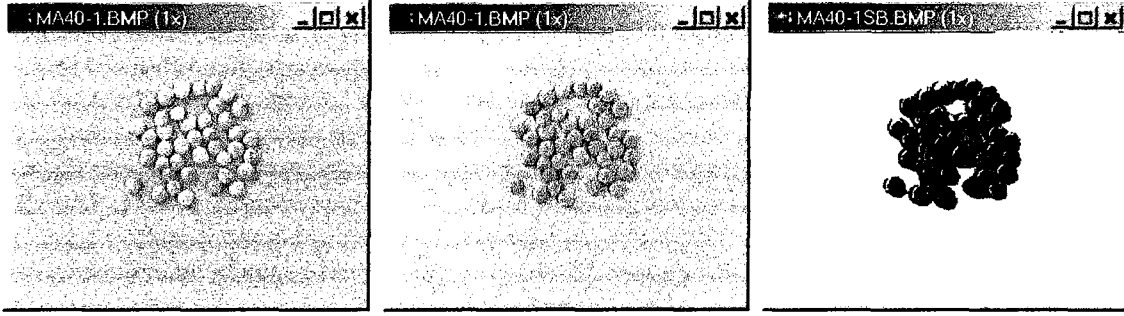
Şekil 6.10. Gri-seviye numuneye 82-190 aralığında uygulanan eşikleme işlemi ile nesnelerin kırmızı renk katmanını olarak arka plandan ayrıştırılması



Şekil 6.11. Renkli numuneye 74-200 aralığında uygulanan eşikleme işlemi ile arka planın kırmızı renk katmanını olarak maskelenmesi



Şekil 6.12. Numunenin ikili yapıdaki görüntüsü ve renksel tersi

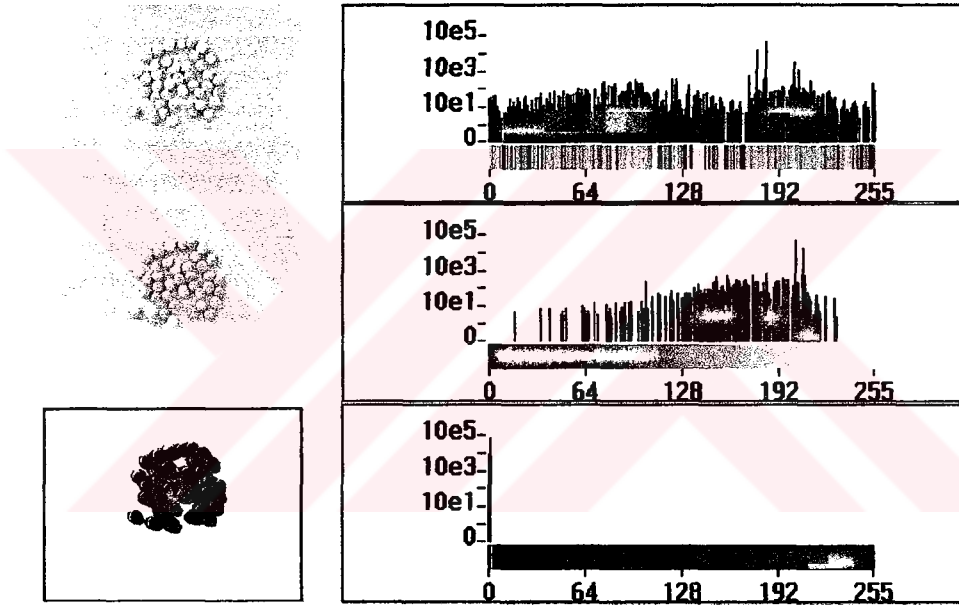


(a)

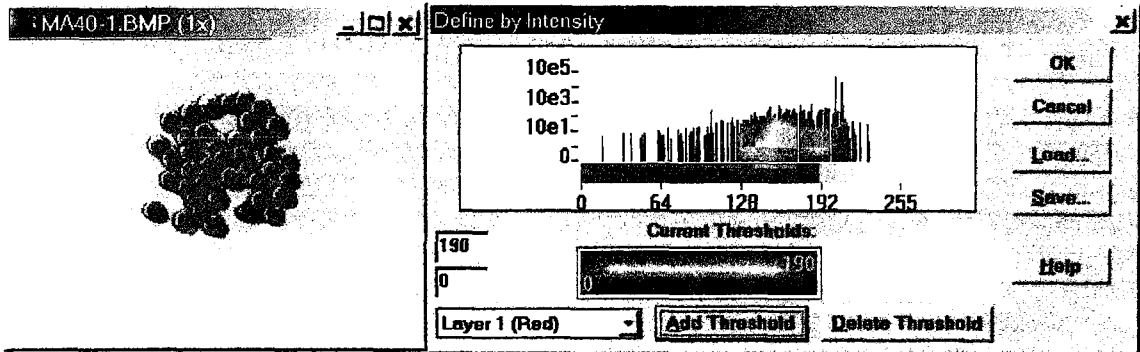
(b)

(c)

Şekil 6.13. Numunelere ait (a) Renkli (RGB) (b) Gri-düzey (c) İkili yapıda görüntüler



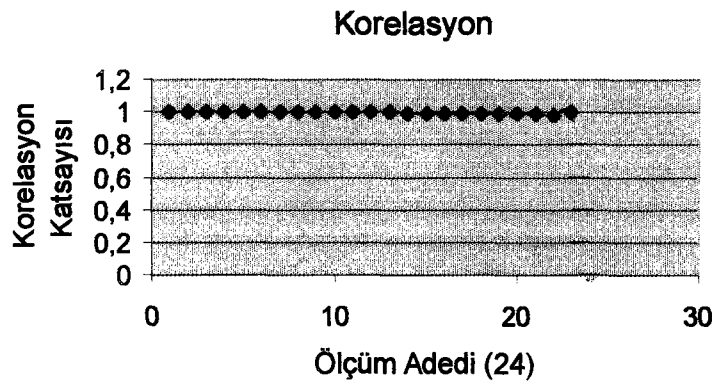
Şekil 6.14. Renkli, gri-düzey ve ikili yapıda görüntülere ait histogramlar



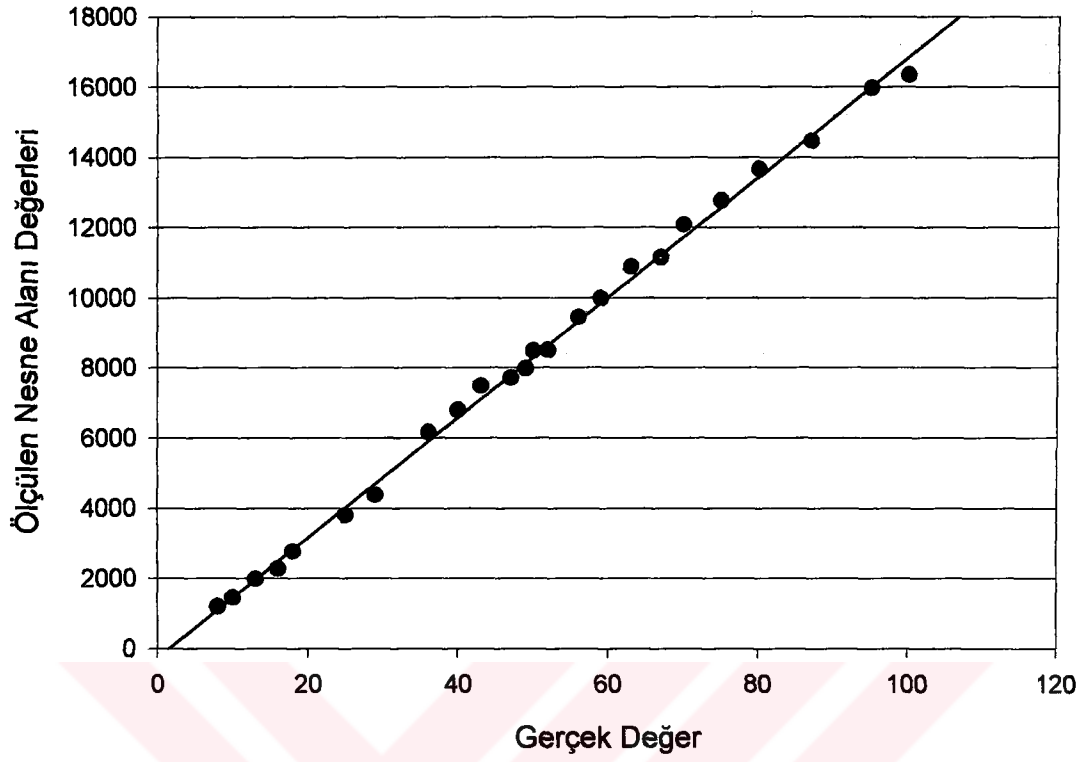
Şekil 6.15. İkinci bir görüntüye uygulanan eşikleme işlemleri sonucunda elde edilen görüntü

Çizelge 6.1. İşlenmiş görüntülerin ölçüm sonuçları ve bu sonuçlara ilişkin Korelasyon değerleri

Görüntü	Gerçek Değer	Eşik Alan Ölçüleri	Kalibrasyon Değerleri	Ölçülen Değer	Korelasyon Değerleri
MA8	8	1189	148,625	7	0,999565654
MA10	10	1449	144,900	9	0,999513676
MA13	13	1982	152,461	12	0,999447707
MA16	16	2264	141,500	14	0,999366498
MA 18	18	2765	153,611	17	0,99935047
MA 25	25	3803	152,120	24	0,999247806
MA 29	29	4368	150,620	28	0,999192343
MA 36	36	6153	170,916	37	0,999215718
MA 40	40	6795	169,875	41	0,999104922
MA 43	43	7480	173,953	44	0,998982327
MA 47	47	7720	164,255	48	0,998837819
MA 49	49	7981	162,877	49	0,998683438
MA 50	50	8490	169,800	51	0,998648024
MA 52	52	8497	163,403	52	0,998392376
MA 56	56	9446	168,678	58	0,998506479
MA 59	59	9974	169,050	60	0,998171474
MA 63	63	10886	172,793	64	0,997824859
MA 67	67	11148	166,388	68	0,997706536
MA 70	70	12079	172,557	73	0,998830856
MA 75	75	12774	170,320	78	0,998181076
MA 80	80	13662	170,775	82	0,998093919
MA 87	87	14472	166,344	88	0,996299325
MA 95	95	15977	168,178	97	1
MA 100	100	16341	163,410	101	
		Ortalama	162,809		

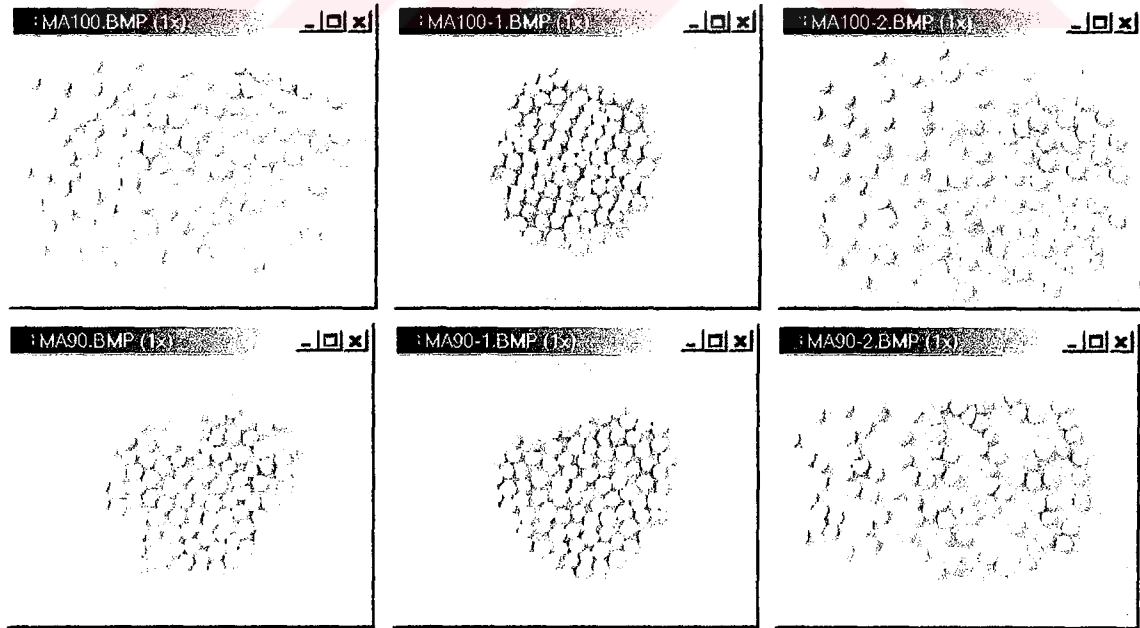


Şekil 6.16. Korelasyon katsayılarının ölçüm sayısına göre dağılımı



Şekil 6.17. Gerçek değer-Ölçülen değer Korelasyon grafiği

6.2.1. Aynı sayıdaki nesnelerin farklı dağılımları



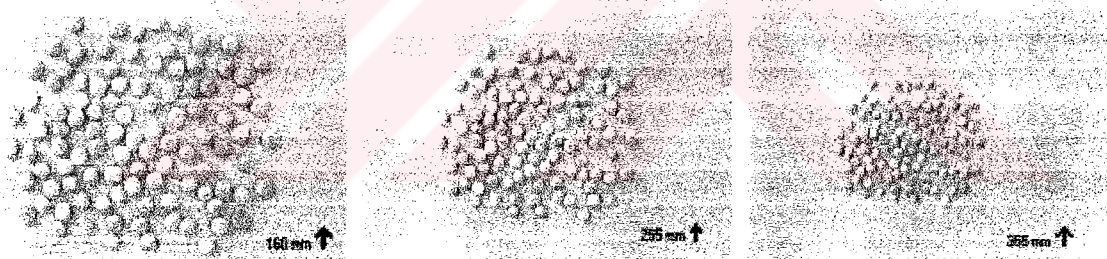
Şekil 6.18. Aynı sayıda nesnelerin farklı dağılımları

Çizelge 6.2. Aynı sayıdaki nesnelerin farklı dağılımlarına göre alan değerleri

Dosya Adı	Alan Değeri
MA 100	16303
MA 100-1	16294
MA 100-2	16289
MA 90	14892
MA 90-1	14886
MA 90-2	14877

Çizelge 6.2 de verilen aynı sayıdaki nesnelerin alan değerleri teorik olarak aynı olması gerekirdi. Burada ortaya çıkan bu ihmal edilebilir sapmaların sebebi uygulanan eşik değerlerinin çok iyi belirlenememesidir.

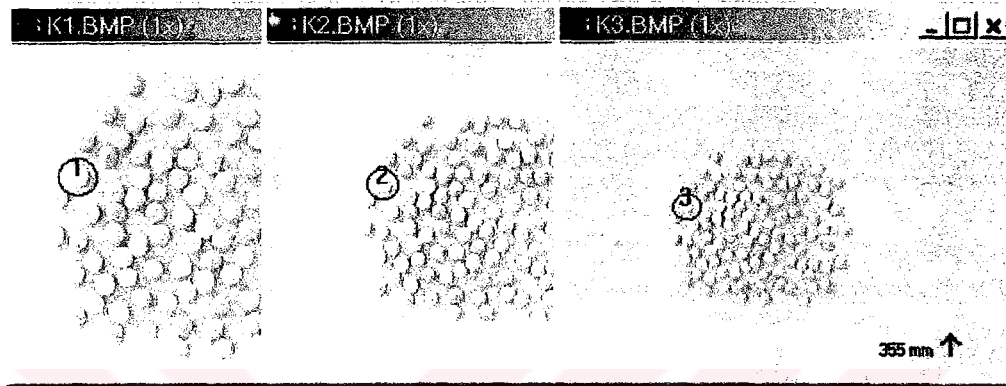
6.2.2. Kamera kalibrasyonu



Şekil 6.19. Kameranın düşey pozisyon kalibrasyonu için 160mm, 255mm ve 355mm gibi üç farklı uzaklıktan alınmış görüntüler

Şekil 6.19 da gösterildiği gibi üç ayrı mesafeden alınmış görüntü içerisinde çember içine alınarak işaretlenen aynı nesnenin alanı, çevresi, büyük ve küçük eksenleri ve toplam piksel sayıları hesaplanmıştır. Hesaplanan bu şekil ölçülerinin mesafe ile nasıl değiştiği incelenmiş ve bir düşey mesafe kalibrasyon sabiti bulunmuştur. Kameranın düşey pozisyonundan olan açısal sapmalarının da kalibre edilmesi gerekir. Kamera düşey pozisyonundan saat yönü tersinde α kadar saptığında ölçülecek alan, çevre, büyük-küçük eksen

gibi şekil ölçülerinde bir miktar değişme olacaktır. Meydana gelen bu değişmeyi düzeltmek için bir açısal kalibrasyon sabiti ile çarpmak gerekir. Bu açısal düzeltme faktörü şekil 6.20 de verilen parametrelere göre aşağıda formül olarak hesaplanmıştır.



Şekil 6.20. Düşey mesafe kalibrasyonu için üç farklı mesafeden alınmış görüntü üzerinde seçilen aynı nesne

Çizelge 6.3. Şekil 6.20’de gösterilen işaretlenmiş nesnelere ait şekil ölçüleri

NO	Mesafe	Büyük Eksen	Alan	Çevre	Alan/Çevre	Piksel sayısı
1	160 mm	16	18	36,82843	75,35184	18
2	255 mm	12	13	26,82843	55,3665	13
3	355 mm	8	10	20,82843	43,38234	10

160 mm’den ölçülen değerler referans kabul edilmiştir. Bunlardan büyük eksene göre kalibrasyon işlemi

$$\ell_1 = \ell_2 \left(\frac{h_2}{h_1} - k_{deneysel} \right)$$

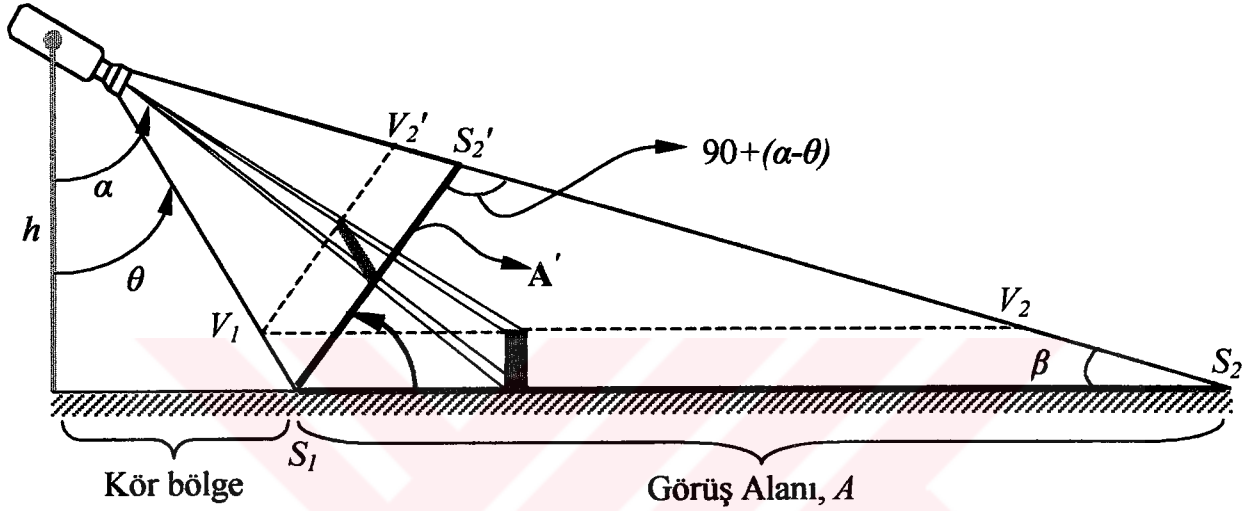
h_1, h_2 : kamera merceğinin nesnelerden olan düşey uzaklıkları

ℓ_1 : h_1 mesafesinden ölçülen büyük eksen uzunluğu

ℓ_2 : h_2 mesafesinden ölçülen büyük eksen uzunluğu

$k_{deneysel}$: deneyler sonucu bulunan sabit (yukarıdaki ölçülere göre bu sabit 0.2556 bulunmuştur).

Şekil 6.21 de ise kameranın açısal kalibrasyonu için kullanılacak bazı parametreler ve kameranın açısal görüş alanı gösterilmiştir.



Şekil 6.21. Kameranın Açısal Görüş Alanı

Görüntü içindeki nesnelerin toplam alanına A dersek, $(S_1 S_2 S_2')$ üçgeninde sinüs teoremi yazılırsa

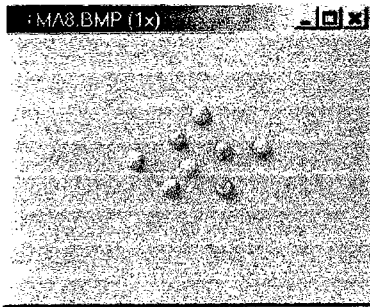
$$\frac{|S_1 S_2|}{|\sin(90 + (\alpha - \theta))|} = \frac{|S_1 S_2'|}{|\sin \beta|}$$

$$\frac{A}{\sin(90 + (\alpha - \theta))} = \frac{A'}{\sin \beta} \Leftrightarrow A' = A \left[\frac{\sin \beta}{\cos(\alpha - \theta)} \right] \quad (6.1)$$

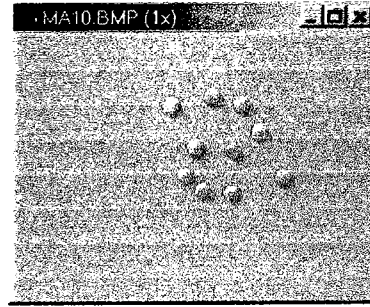
Kalibrasyon sabiti, $k_k = \left[\frac{\sin \beta}{\cos(\alpha - \theta)} \right] \quad (6.2)$

k_k görüş alanı geometrisini tanımlayan parametrelere bağlı olarak yazılabilir.

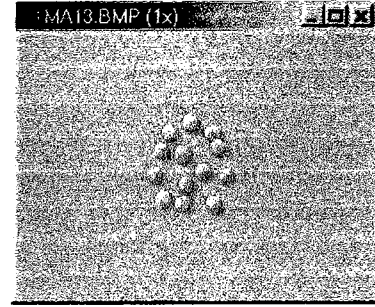
6.2.3. Birinci grup uygulamalarda işlenen görüntüler



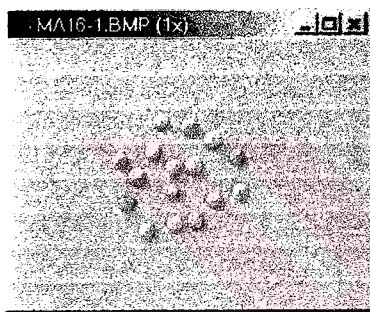
Ma 8



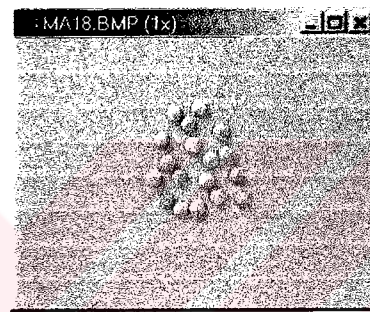
Ma 10



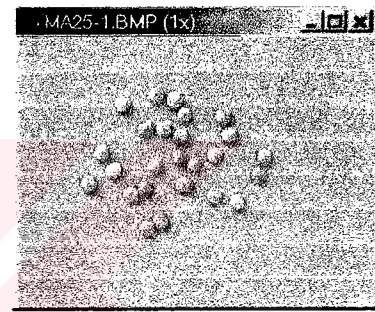
Ma 13



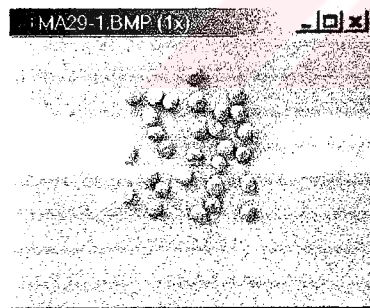
Ma 16-1



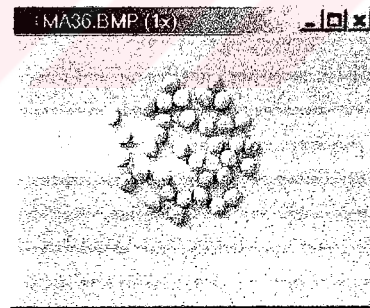
Ma 18



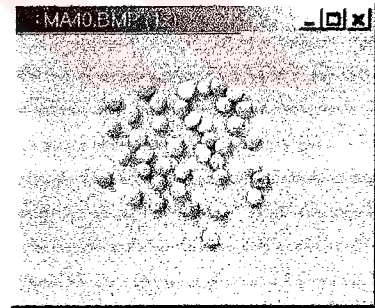
Ma 25-1



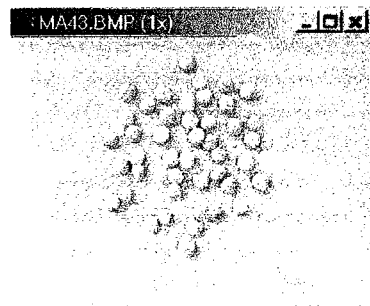
Ma 29-1



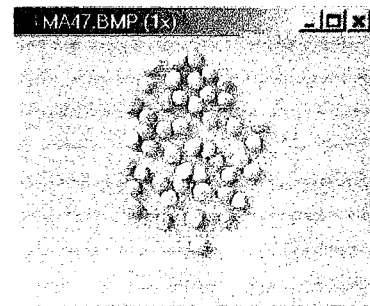
Ma 36



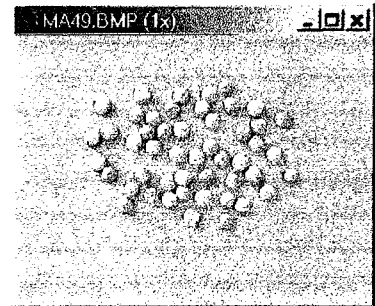
Ma 40



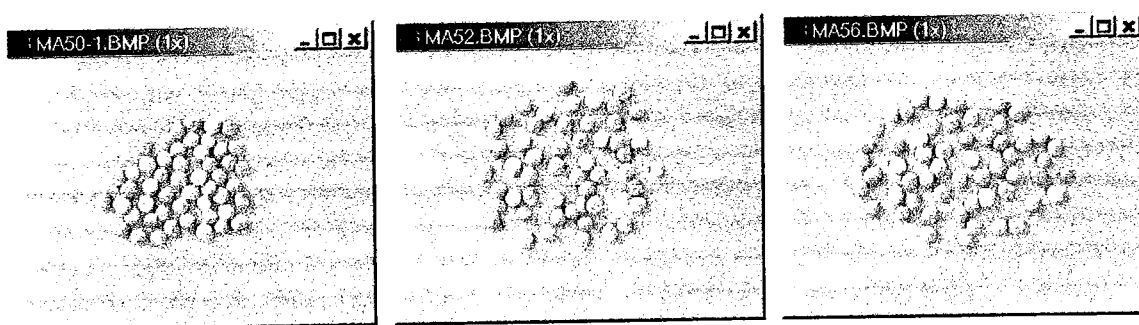
Ma 43



Ma 47



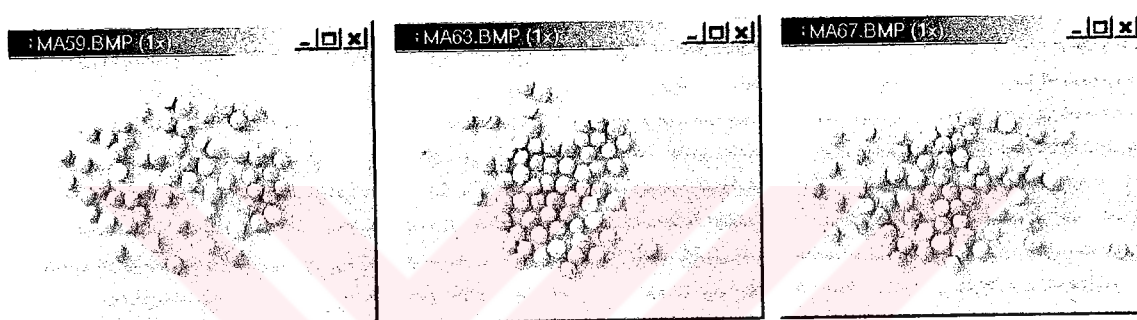
Ma 49



Ma 50-1

Ma 52

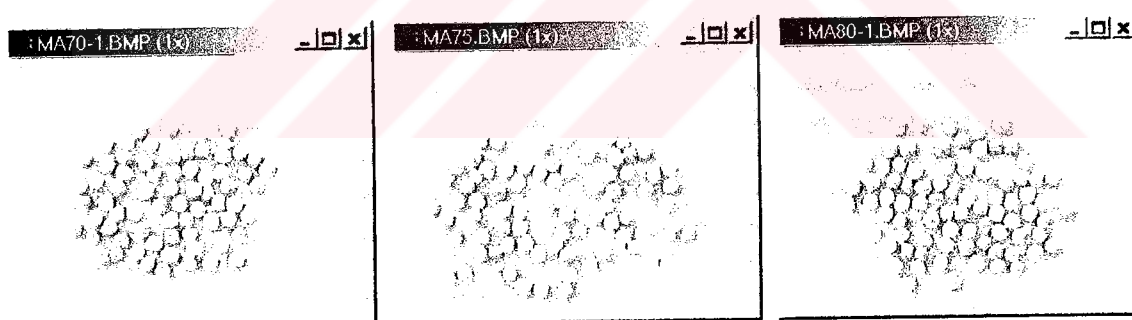
Ma 56



Ma 59

Ma 63

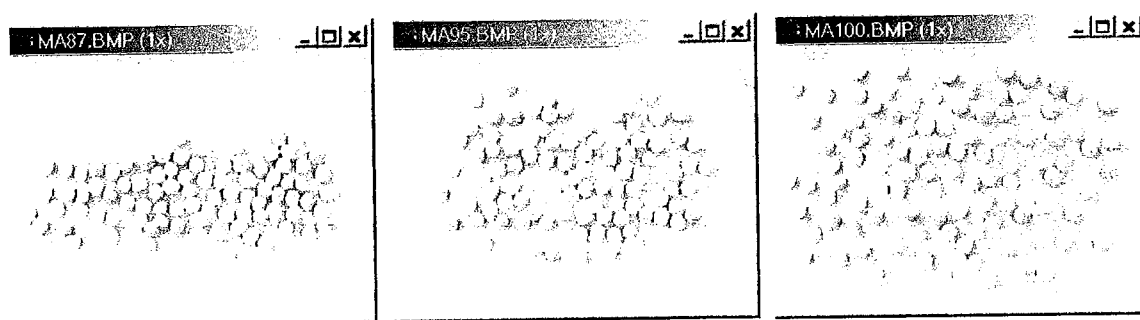
Ma 67



Ma 70-1

Ma 75

Ma 80-1



Ma 87

Ma 95

Ma 100

6.3. İkinci Grup Uygulamalar

İkinci grup uygulamalarda verilerin elde edilmesinde kullanılan platform kameraları, eklerde de daha detaylı bahsedildiği üzere, yüksek kalitede çekim yapamamaktadırlar. Fakat burada önemli olan, kameranın görebildiği alan içerisindeki nesnelerin en az hata ile sayılabilmeleridir.

Bunun yanı sıra söz konusu kameralar güvenlik amaçlı olduklarından yerleştirildikleri konumlardan istasyonlarda bekleyen yolcuların tamamını görememektedirler. Şekil 6.1’de kameralara ve platformlara ait bazı ölçülerin de verildiği temsili resimler gösterilmiştir.

İkinci aşama uygulamalarda hesaplanan yolcu yoğunluğu değerleri, gri-düzey görüntü işleme ve ikili (binary) görüntü işleme olmak üzere iki ayrı metotla yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

İkinci aşama uygulamalarda ana hatları ile şu işlemler gerçekleştirilmiştir: İlk olarak, video kasete çekilmiş görüntüler bir görüntü yakalama (video capture) programı ile 10-15’er saniye aralıklarla yakalanmış ve 8 bitlik gri-düzey windows BMP formatında istasyonlara ait görüntü kütüphanesi oluşturmak üzere kaydedilmiştir. Fakat bazı istasyonlara ait kameralar çok bozuk görüntüler taradığından bunlara ilişkin görüntüler sağlıklı işlenememiştir.

Bu çalışmada gerçekleştirilen hemen hemen tüm görüntü analizi işlemlerinde bölüm 6.1. de tanıtılan sistemle entegre çalışan lisanslı Sigma Scan Pro 2.0 paket programı kullanılmıştır.

İkinci işlemde, incelenecek istasyonlara ait boş istasyon görüntüsü ve dolu istasyon görüntüleri bilgisayara paket program eşliğinde okutturulmuştur.

Üçüncü işlemde, dolu istasyon görüntülerinden aynı istasyona ait boş, arka-plan istasyon görüntüsü, görüntü çıkarma işlemi ile çıkartılır. Bu ve bundan sonraki işlemler de kullanılan bütün görüntüler 352×288 piksel çözünürlüğüne sahip görüntülerdir.

Dolayısıyla görüntü matrisleri, 352 sütun ve 288 satırdan oluşan ve elemanları 0-255 arasında sayısal değer alan matrislerdir.

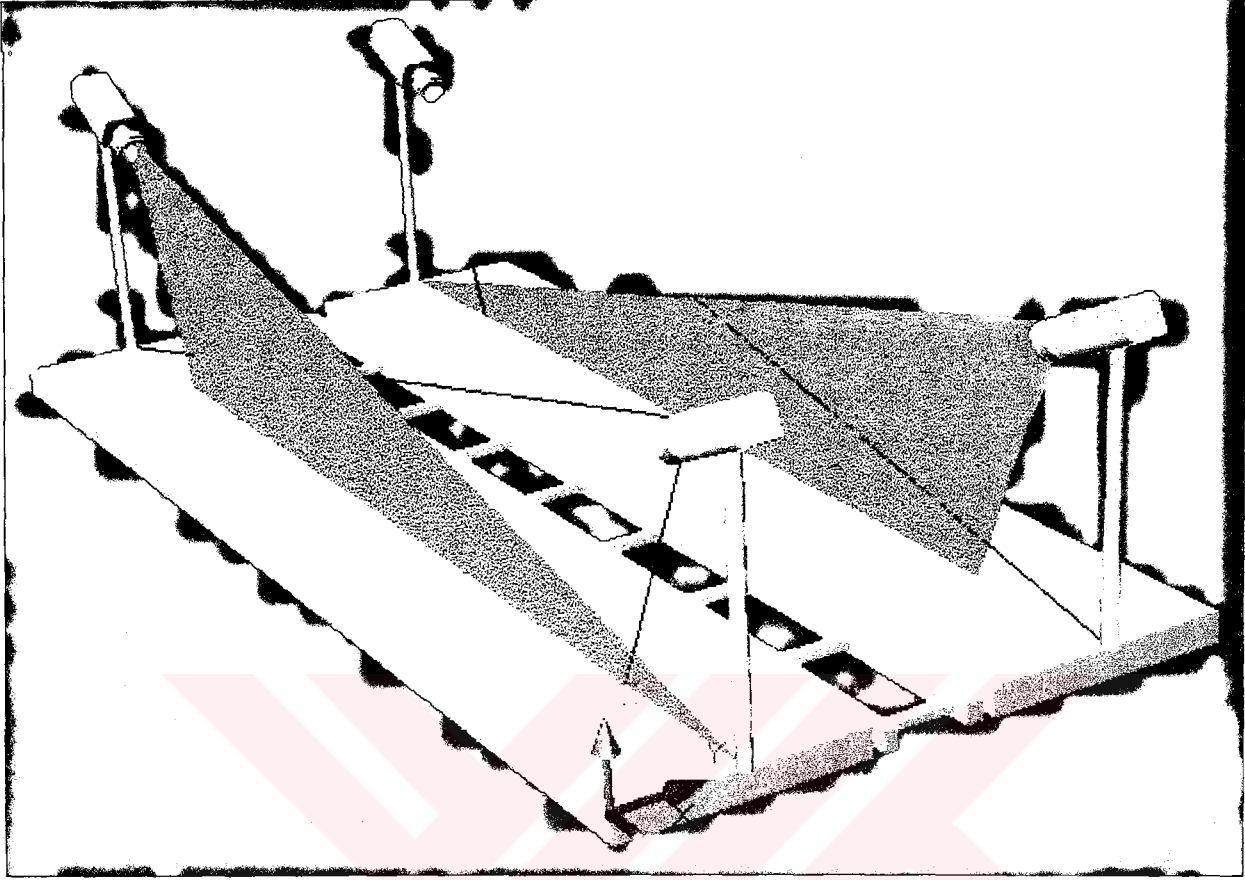
Dördüncü işlemde, üçüncü işlem sonunda elde edilen fark matrisi işlenemeyecek derecede bozuk olduğundan kendisi ile bir defa toplanarak güçlendirilir, netleştirilir.

Daha sonra görüntü üzerindeki kirliliklerin yok edilmesi ve netliğin daha da artırılması için uygun filtreleme ve histogram eşitleme işlemleri uygulanır.

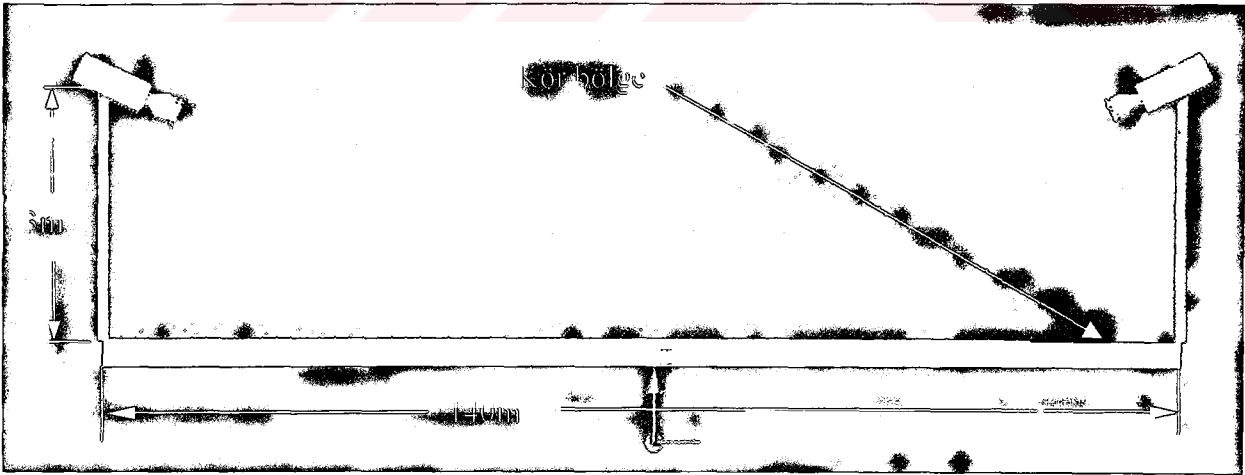
Bu görüntü güçlendirme işlemlerinin yerine, Matlab 5.0 SE ortamında açılacak üst üste iki *for* ve *if* döngüleri ile fark matrisinin her bir elemanı okutulup uygun eşik (treshold) değerleri seçilerek benzer sonuçlar yine elde edilebilir.

Son şlemde ise, elde edilen görüntüde nesneler arka plandan gri renk tonu değerlerinde ayrılmış olur. Bu son görüntünün histogramı çıkarıldığında, sadece nesnelere ait alansal ve çevresel bilgiler elde edilir.

Gri-düzey histogramda yatay eksen 0-255 arası gri renk tonu skalasıdır. Düşey eksen ise, her bir renk tonundan kaç defa tekrarlandığını yani frekansı gösterir. Düşey eksenindeki bu frekans değerlerinin (beyaz renk hariç) toplamının yarısı, nesnelerin alansal yoğunluğunu karakterize eder.



(a)



(b)

Şekil 6.22. Metroda kamera pozisyonları ve görüntü tarama bölgelerinin temsili gösterimi

(a) Perspektif görünüş (b) Kesit görünüşü

Burada frekans değerlerinin toplamının ikiye bölünme sebebi, daha önce açıklandığı üzere tek platformda aynı görüntünün ön ve arka bakışlarının bir arada bulunmasıdır.

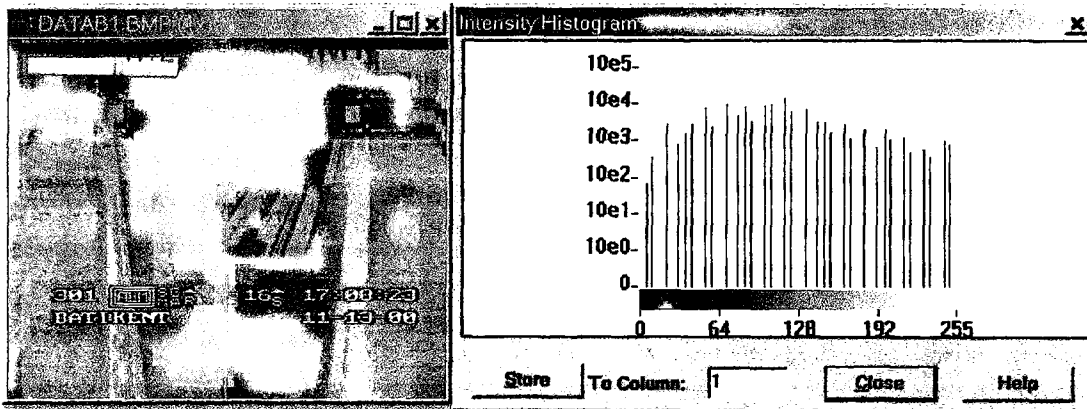
Eğer ikilik görüntü ile çalışılmış olsaydı, siyah-renk frekans değeri direkt olarak nesnelerin kapladığı alana eşit olurdu.

Sonuçta elde edilen bu yoğunluk değerleri aşağıda sıralanan doluluk oranlarına tekabül eden katsayılar olarak kalibre edilebilirler.

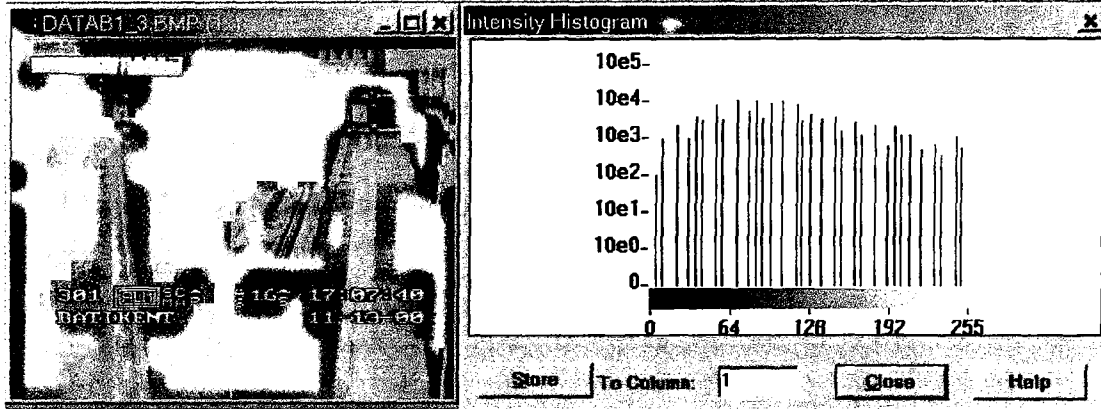
- | | |
|---------------------------|-------|
| 1. çok az yoğun | (çay) |
| 2. az yoğun | (ay) |
| 3. orta yoğun (alt değer) | (oya) |
| 4. orta yoğun (üst değer) | (oyü) |
| 5. yoğun | (y) |
| 6. çok yoğun | (çy) |

En son aşamada, kalibre edilen bu katsayılar lineer optimizasyon fonksiyonun da yerlerine konarak tren servis (headway) süreleri optimize edilir. Bu kısım ile ilgili detaylı bilgi optimizasyon başlığı altında verilmiştir.

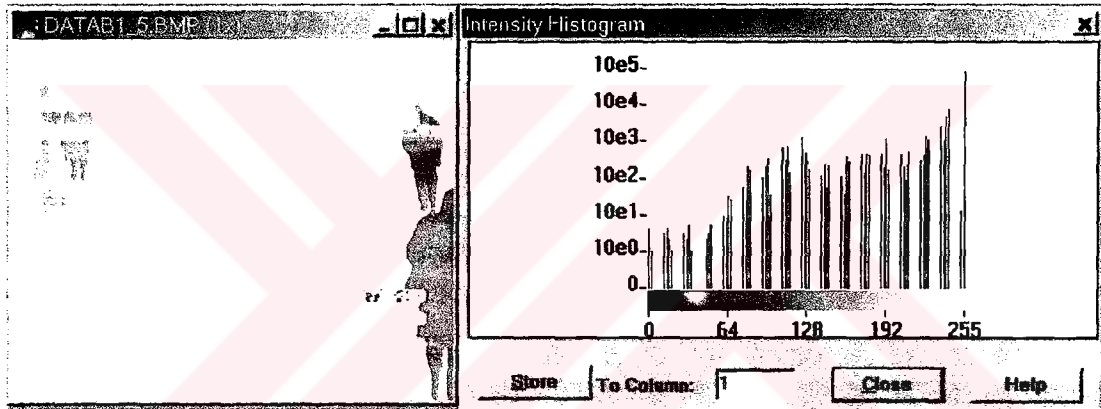
Uygulama 1



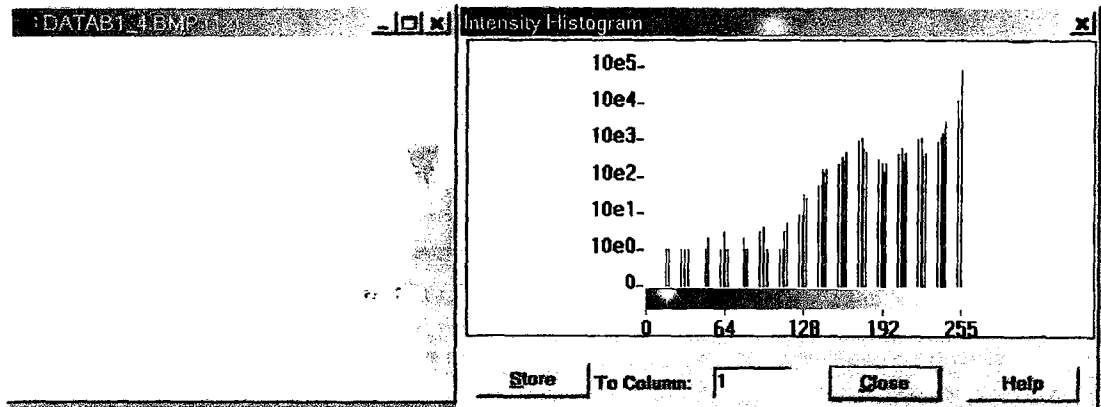
Şekil 6.23. Yolcu yokken alınan istasyon görüntüsü ve gri-düzey histogramı



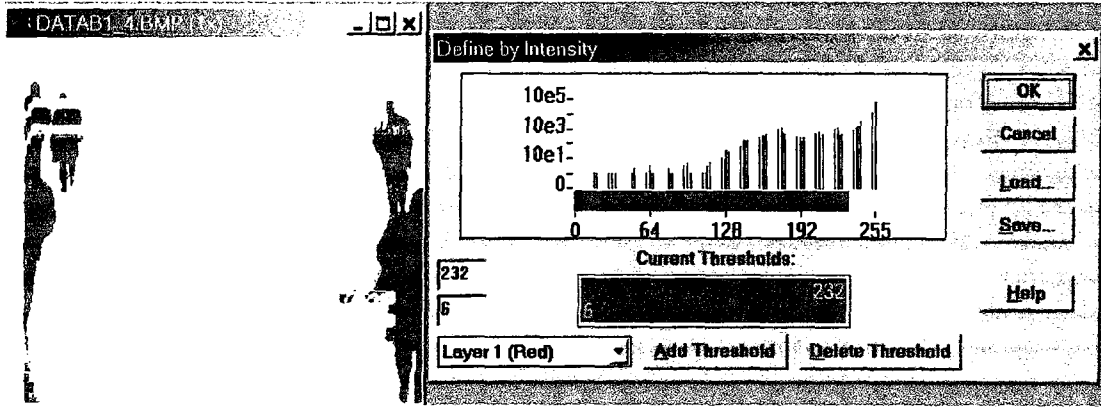
Şekil 6.24. Aynı İstasyona ait yolcu varken alınan görüntü ve gri-düzey histogramı



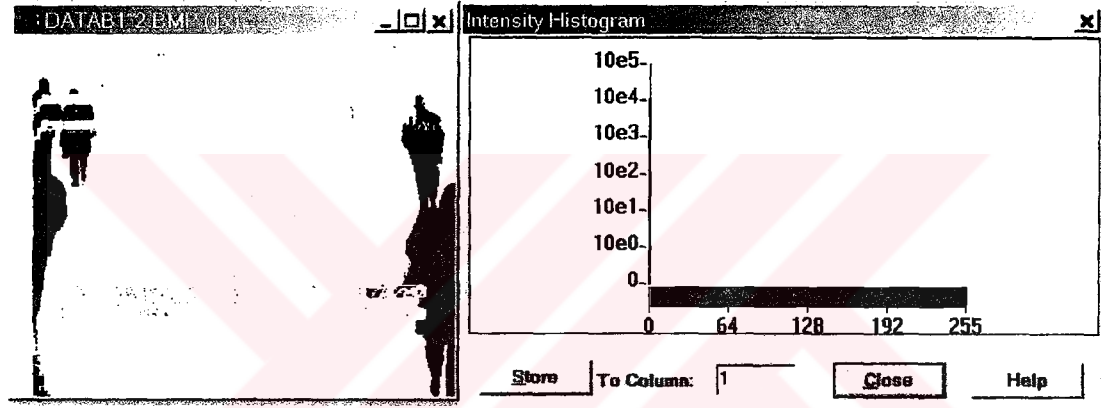
Şekil 6.25. Görüntü çıkarma işlemi ile elde edilen fark görüntüsü ve histogramı



Şekil 6.26. Uygulanan görüntü güçlendirme işlemleri sonucunda arka plandan tamamen ayrılmış nesneler ait görüntü

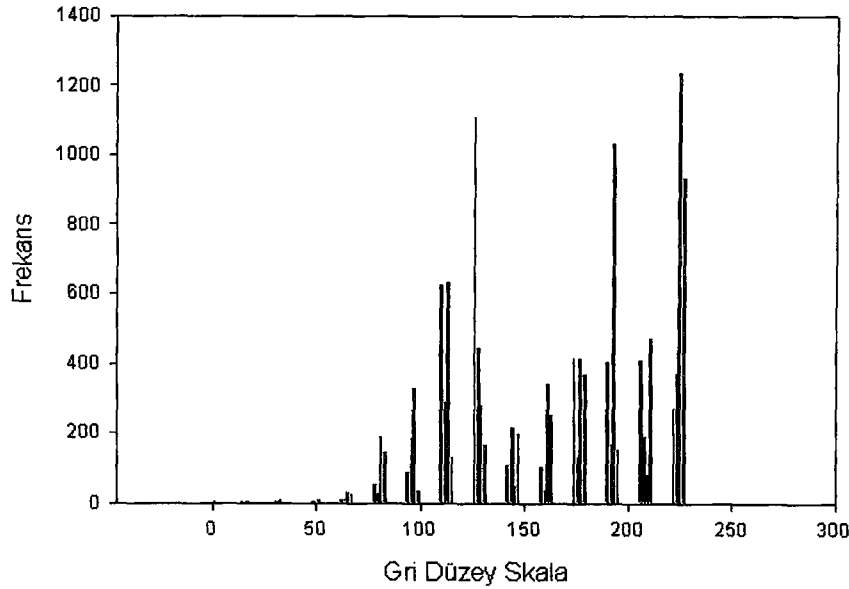


Şekil 6.27. Nesnelere ait gri-ton değerlerinin uygulanan eşik değerleri ile belirlenmesi



Şekil 6.28. İkili forma dönüştürülmüş görüntü ve histogramı

Kalan Pksellerin Gri Düzey Histogramı



Şekil 6.29. Uygulanan eşikleme işlemi sonucunda kalan piksellere ait gri-düzey histogramı

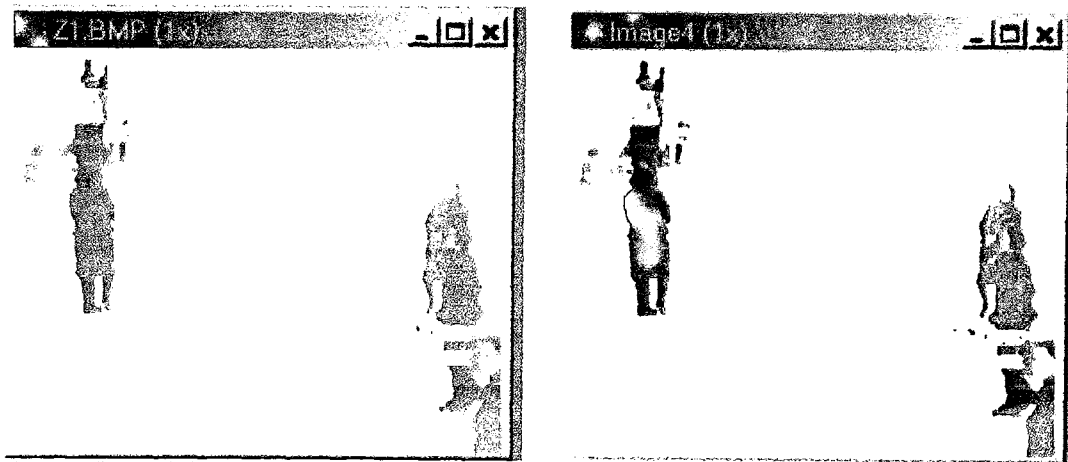
Çizelge 6.4. Uygulanan treshold işlemi sonucunda Kalan piksellere ilişkin istatistiksel sonuçlar

Toplam	6548
Toplam/2	3274
Ortalama	51,160
Stan. sapma	165,989
Stan. Hata	10,374
Adet	256
Min.	0,000
Mak.	1233,000

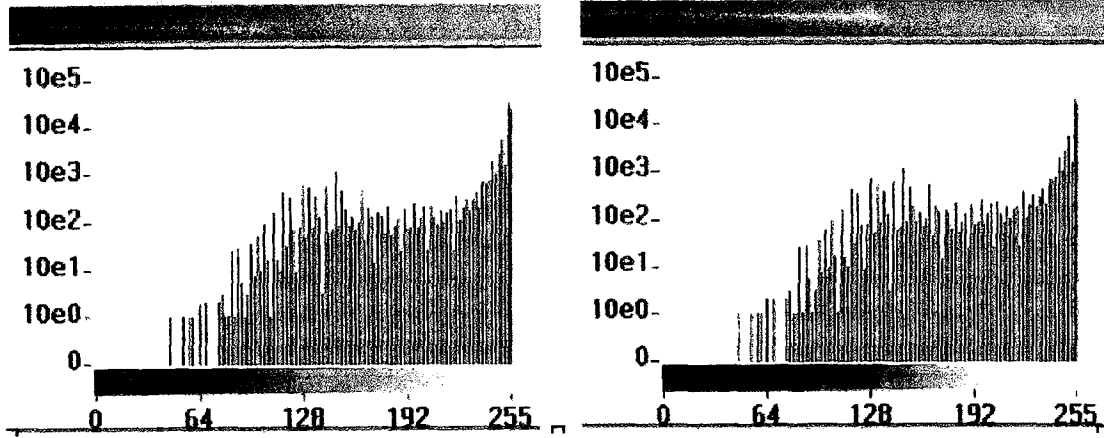
Uygulama 2



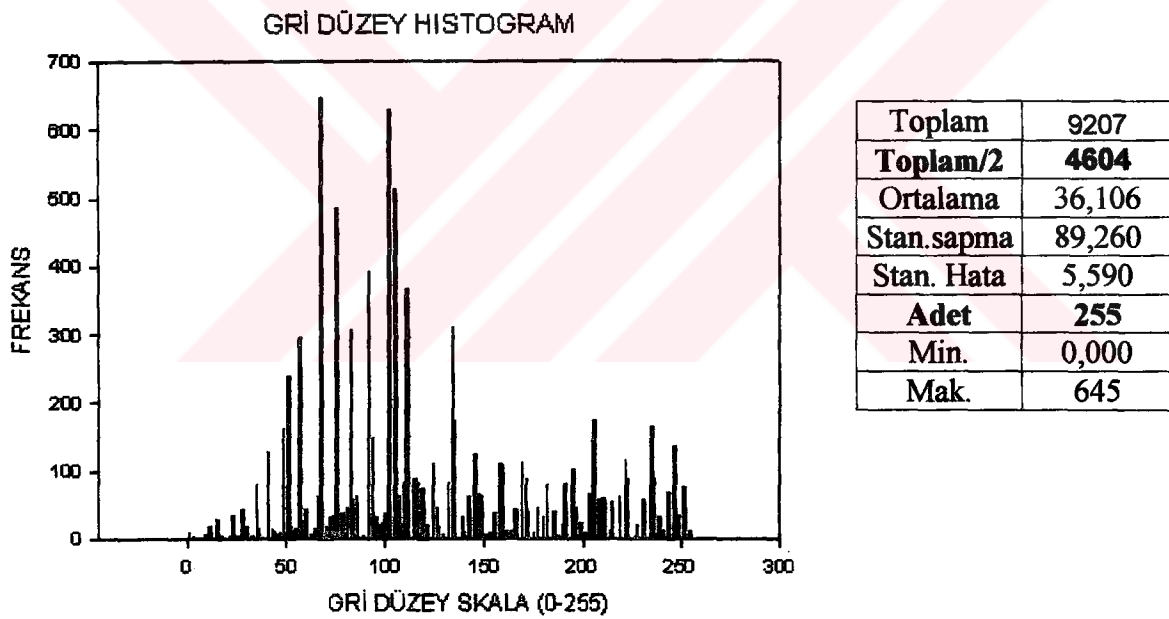
Şekil 6.30 (a) Boş istasyon görüntüsü (b) İncelenecek istasyon görüntüsü



Şekil 6.31. Nesnelerin arka plandan çıkartılması ve netliğinin artırılması



Şekil 6.32. Sırasıyla şekil 6.31. de verilen görüntülerin gri-düzey histogramları



Şekil 6.33. Uygulanan görüntü işleme sonucunda elde kalan piksellere ait gri-düzey histogramı ve istatistiki bilgiler

Burada, tablolarda verilen istatistiki sonuçlara göre gri-düzey görüntü ikili görüntüden daha fazla, alansal bilgi içerir. Uygulanan görüntü işleme işlemleri sonucunda gri-düzey görüntü için elde edilen toplam piksel adedinin yarısı,

ikili görüntü işleme sonunda elde edilen toplam piksel adedinin yarısından daha fazla olduğu açıkça görülmektedir.



Toplam	6812
Toplam/2	3406
Ortalama	26,714
Stan. sapma	426,584
Stan. Hata	26,714
Adet	2
Min.	0,000
Mak.	6812

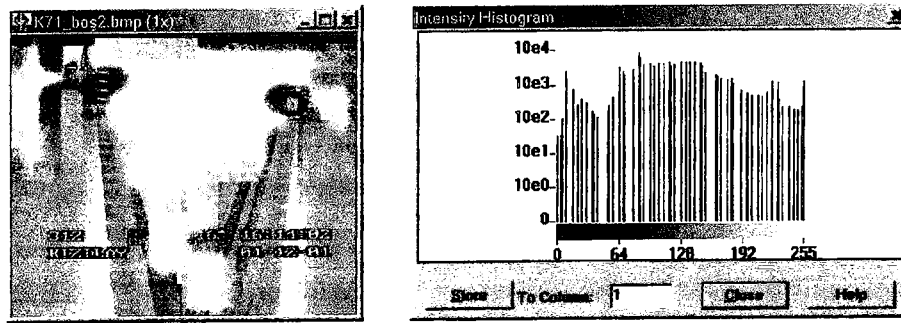
Şekil 6.34. İkili işleme sonunda elde edilen ikili görüntü ve buna ait istatistiki bilgiler

Örneğin, toplanan yolculardan bazıları açık renk elbise giymiş olabilir. Açık renk tonlarına sahip nesneler ikili işleme sonucunda bilgi kaybına uğrarlar yani açık renk tonları beyaza dönüşür. Fakat gri-düzey görüntü işlemede açık renkli giyinmiş yolculara ait bilgilerde hesaba katılır.

Buradan çıkan bir başka sonuç ise, renkli görüntü işleme (color image processing) incelenen nesneler hakkında çok daha sağlıklı bilgiler verir. Öte yandan, renkli görüntü işlemede 16 bit, 24 bit, 32 bit ve daha yukarısı renk yoğunluğuna sahip görüntüleri işlemek çok güçlü bilgisayarları gerektirir.

Diğer görüntülere ait ölçümlere ilişkin sonuçlar çizelge 6.6'da verilmiştir. Analizleri yapılan görüntülere ait resimler de işlenen görüntüler başlığı altında verilmiştir.

Uygulama 3:



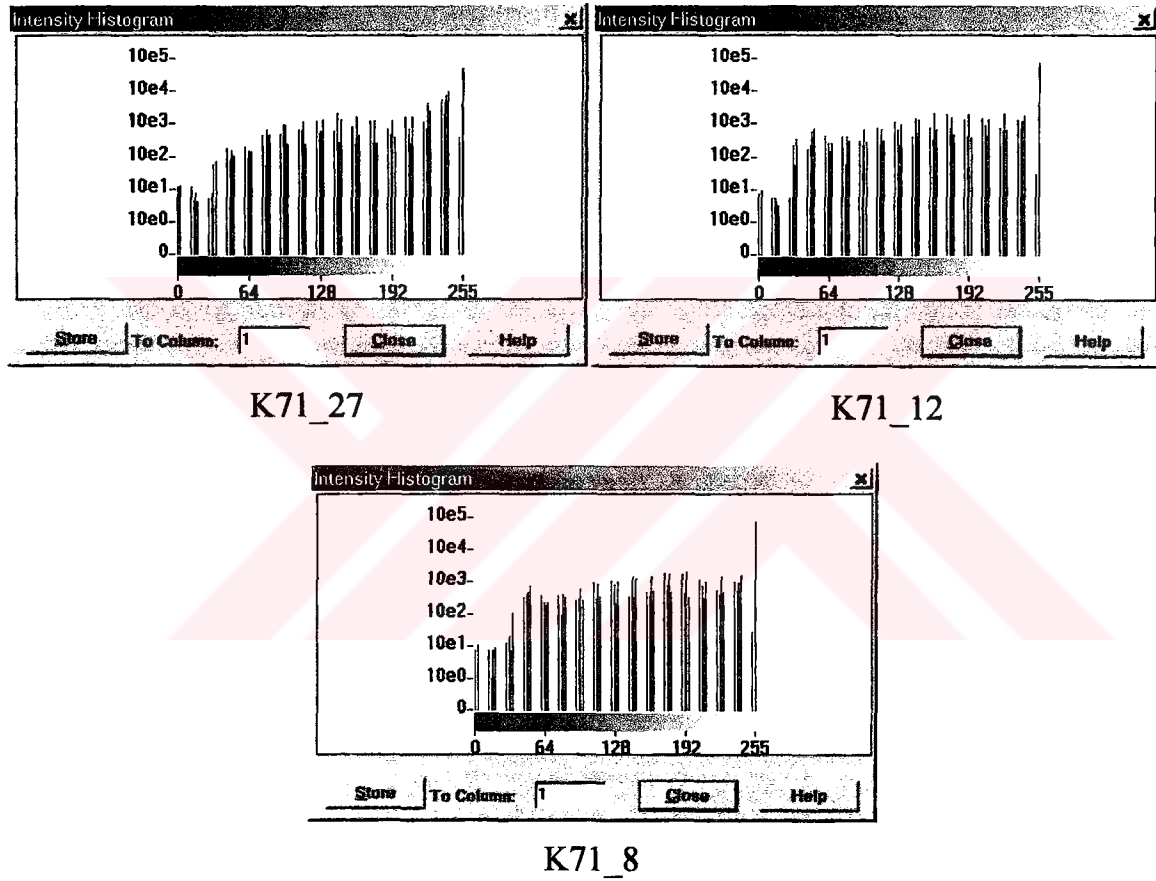
Şekil 6.35. İstasyonun boş haldeki görüntüsü ve histogramı



Şekil 6.36. Üç farklı görüntüde nesnelerin arka plandan ayrılması ve bu ayrılan nesnelerin ikili yapıdaki görüntüleri

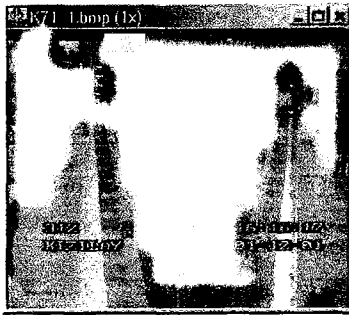
Çizelge 6.5. Uygulama 3 sonucunda işlenen görüntülerin yoğunluk değerleri

Görüntü	K71_27	K71_8	K71_12	K71_27bw	K71_8bw	K71_12bw
Σ Gri Pıksel	21401	28881	29501	17187	21070	21329

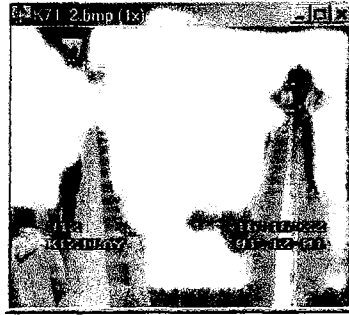


Şekil 6.37. Uygulama 3’de işlenen görüntülerin histogramları

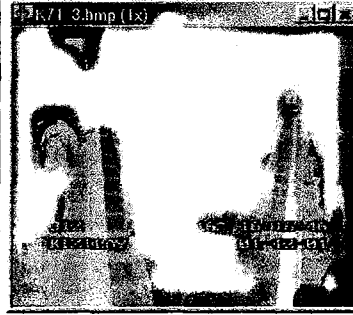
İşlenen Görüntüler



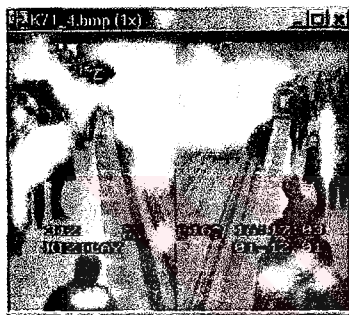
K71_1



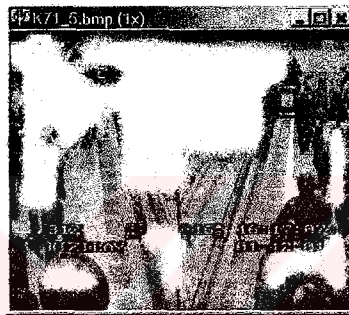
K71_2



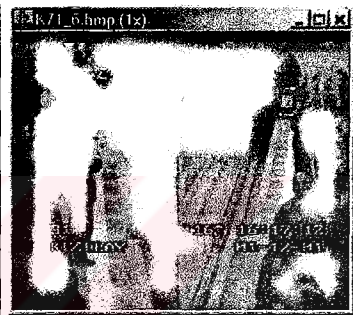
K71_3



K71_4



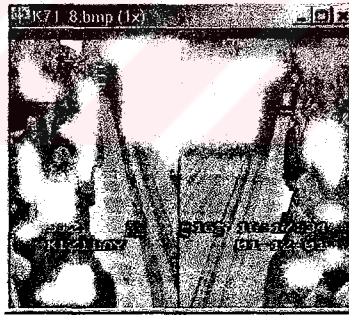
K71_5



K71_6



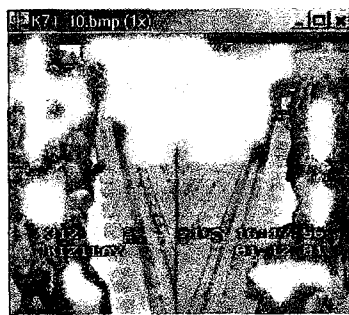
K71_7



K71_8



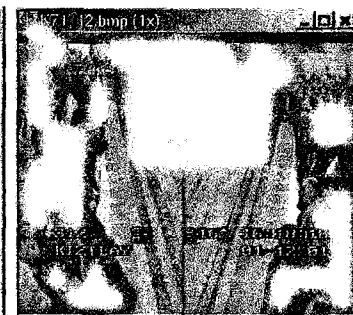
K71_9



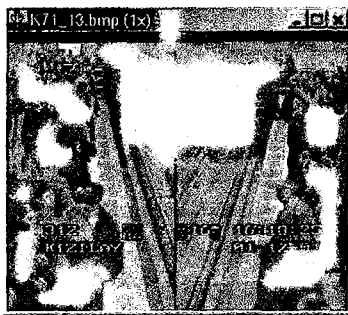
K71_10



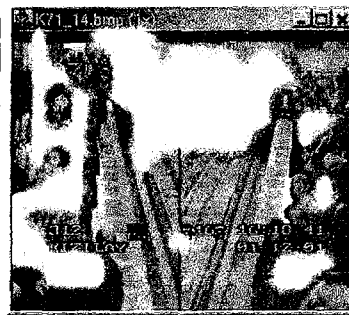
K71_11



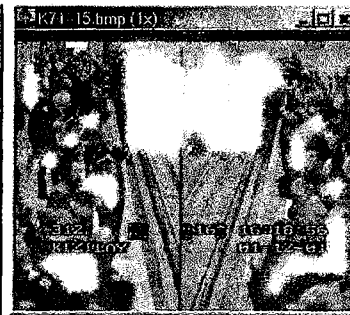
K71_12



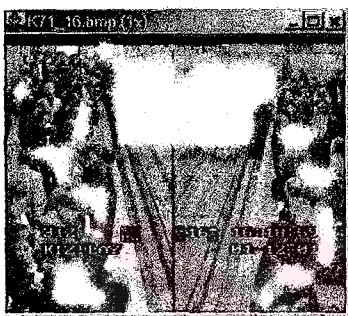
K71_13



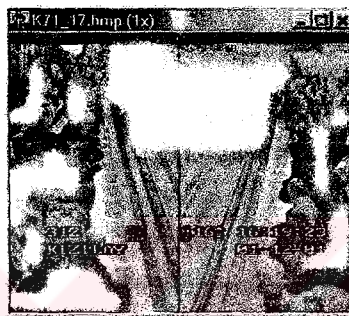
K71_14



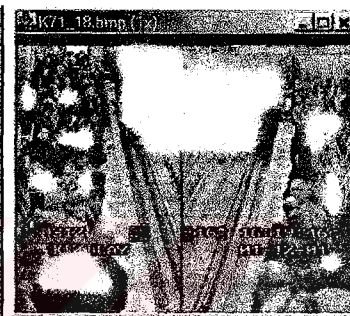
K71_15



K71_16



K71_17



K71_18



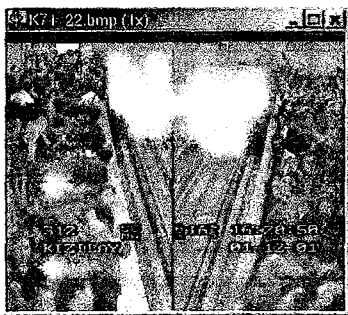
K71_19



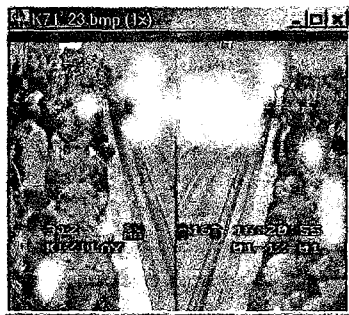
K71_20



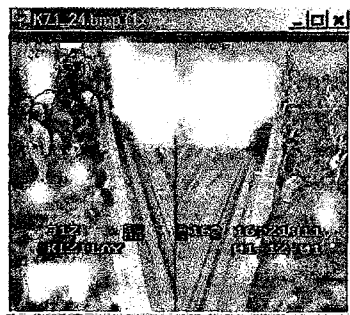
K71_21



K71_22



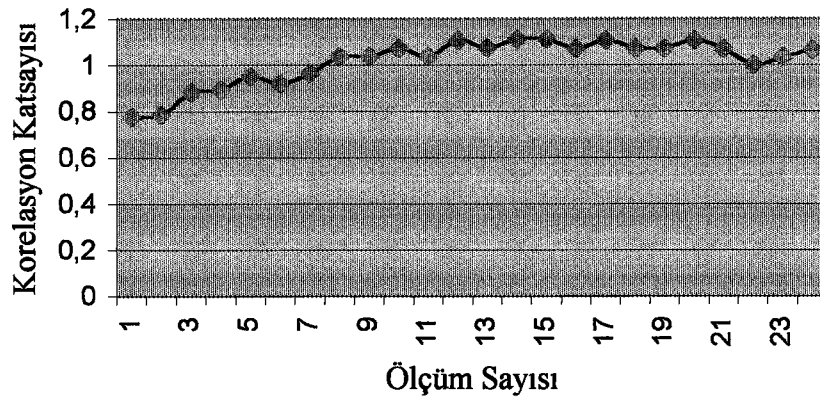
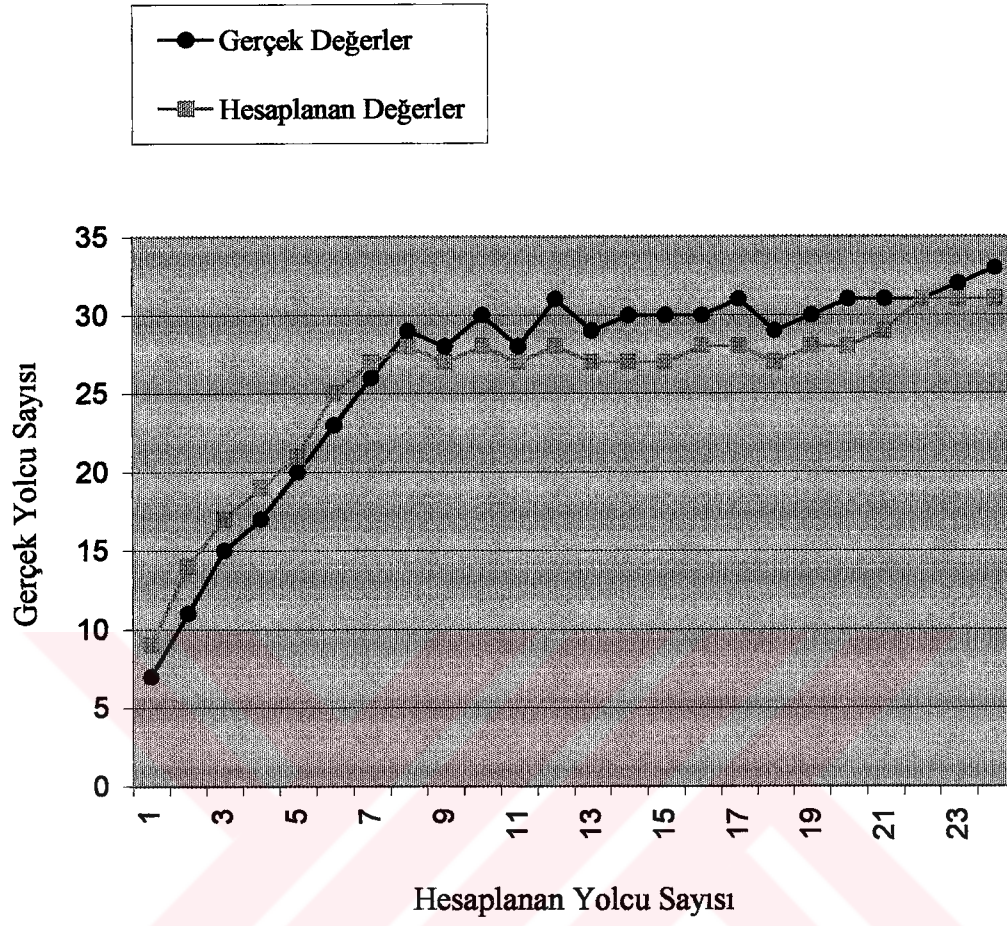
K71_23



K71_24

Çizelge 6.6. İşlenen görüntülere ait gri-düzey ve ikili yapıda yoğunluk değerleri

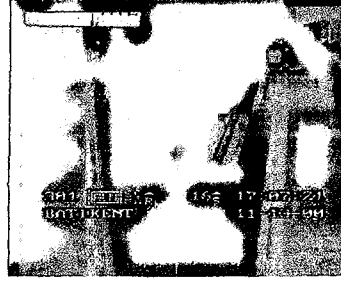
NO	Görüntü [* .BMP]	Gri-Düzey görüntü yoğunluk değerleri [piksel]	İkili görüntü yoğunluk değerleri [piksel]	Gerçek Değer	Kalibrasyon sabitleri	Ölçülen Değer	Kategori
1	K71_1	9855	5937	7	1407,857	9	çay
2	K71_2	15268	9668	11	1388	14	ay
3	K71_3	20968	11230	15	1397,867	17	
4	K71_4	23960	11830	17	1409,412	19	
5	K71_5	25100	20698	20	1255	21	oya
6	K71_6	27745	24456	23	1206,304	25	
7	K71_7	29809	21220	26	1146,5	27	
8	K71_8	31114	21070	29	1072,897	28	
9	K71_9	30345	19022	28	1083,75	27	
10	K71_10	31028	21039	30	1034,267	28	
11	K71_11	29290	17398	28	1046,071	27	
12	K71_12	30598	21329	31	987,0323	28	
13	K71_13	29861	19815	29	1029,69	27	
14	K71_14	30172	21760	30	1005,733	27	
15	K71_15	30052	23276	30	1001,733	27	
16	K71_16	30687	23585	30	1022,9	28	
17	K71_17	30502	23696	31	983,9355	28	
18	K71_18	30127	23452	29	1038,862	27	
19	K71_19	30542	23574	30	1018,067	28	
20	K71_20	30642	23240	31	988,4516	28	
21	K71_21	31164	23368	31	1005,29	29	
22	K71_22	31339	23567	31	1010,935	31	oyü
23	K71_23	31786	23941	32	993,3125	31	
24	K71_24	31983	24218	33	969,1818	31	
Ortalama Kalibrasyon Sabiti →					1104,2937		



Batıkent 1 numaralı kamera takımına ait görüntüler



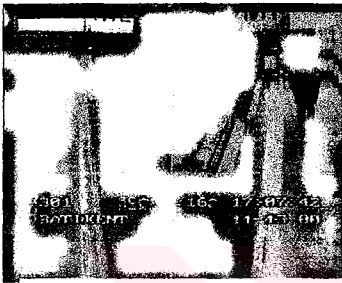
B1_1



B1_2



B1_3



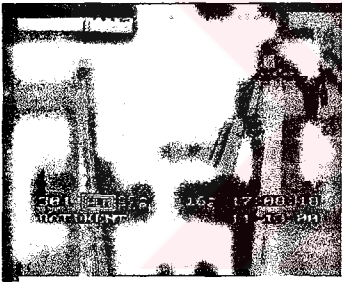
B1_4



B1_5



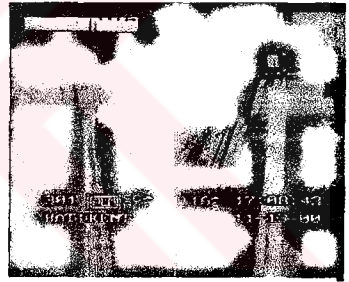
B1_6



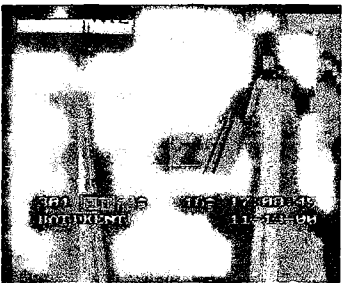
B1_7



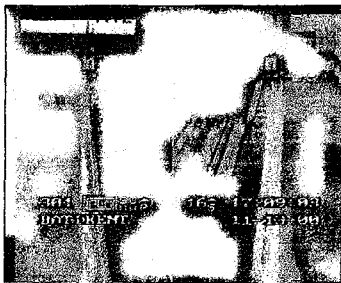
B1_8



B1_9



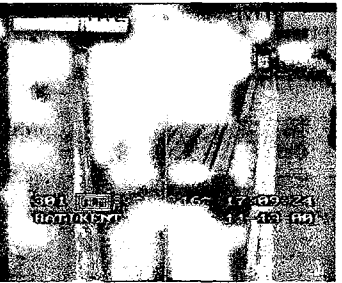
B1_10



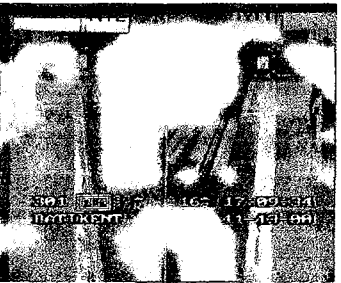
B1_11



B1_12



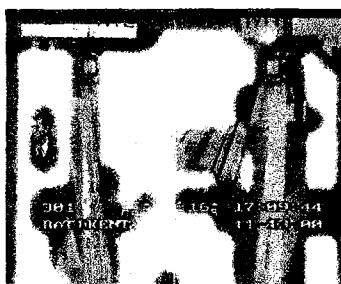
B1_13



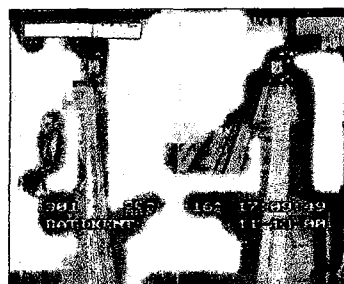
B1_14



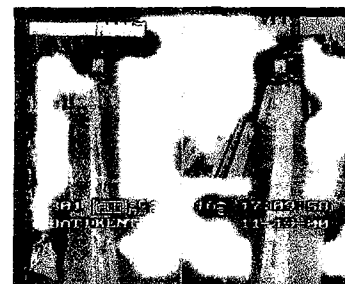
B1_15



B1_16



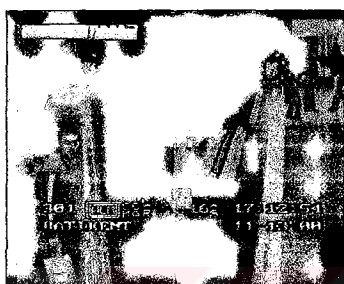
B1_17



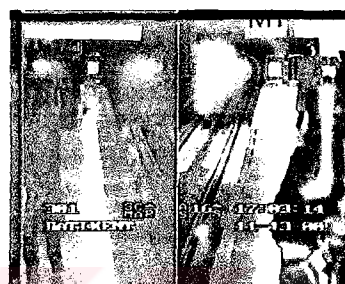
B1_18



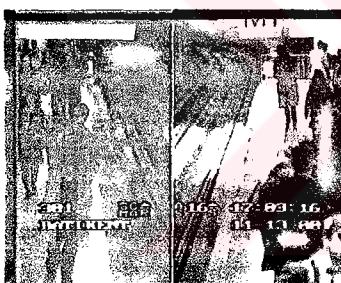
B1_19



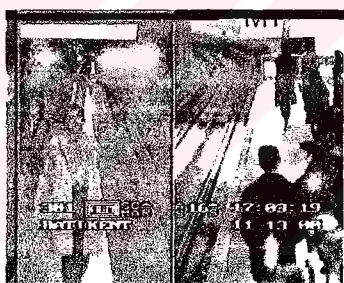
B1_20



B1_21



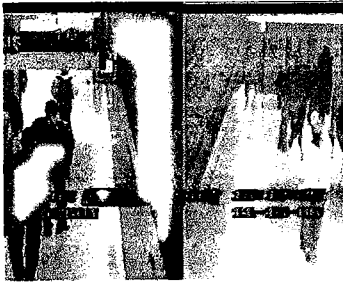
B1_22



B1_23



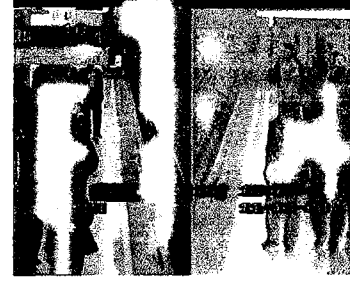
B1_24

Ostim 10 numaralı kamera takımına ait görüntüler

O10_1



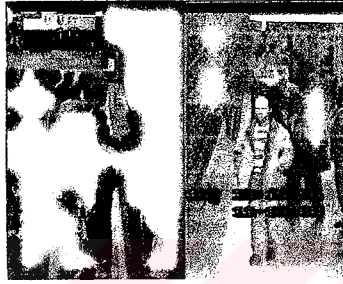
O10_2



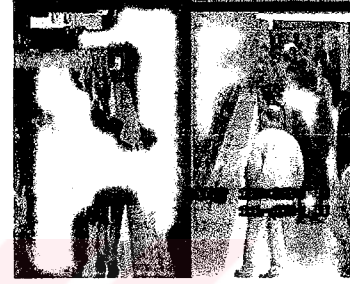
O10_3



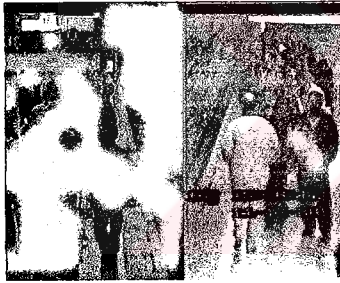
O10_4



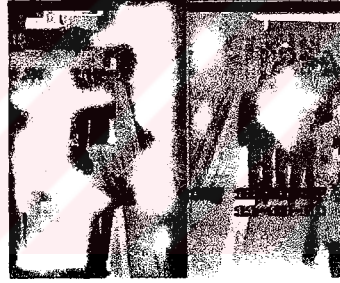
O10_5



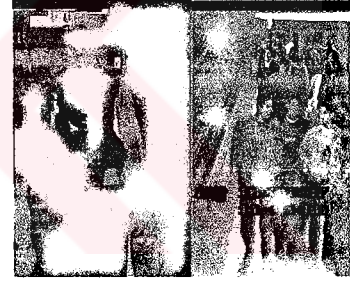
O10_6



O10_7



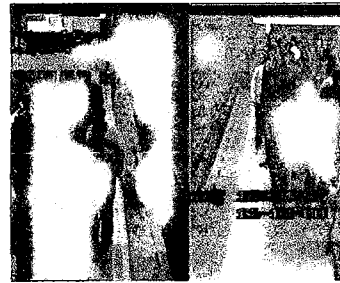
O10_8



O10_9



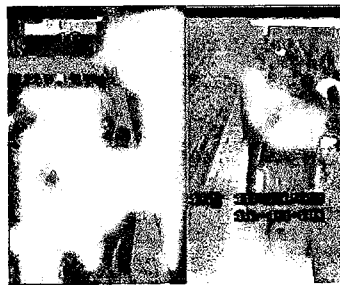
O10_10



O10_11



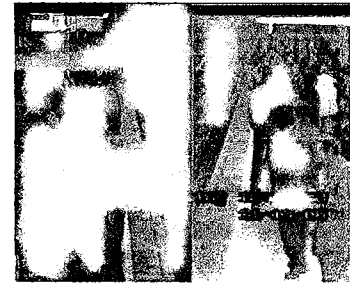
O10_12



O10_13



O10_14



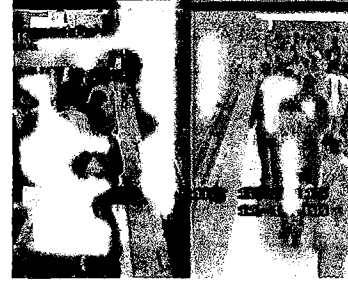
O10_15



O10-16



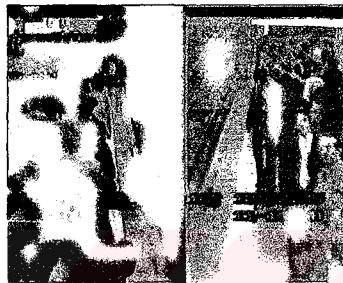
O10_17



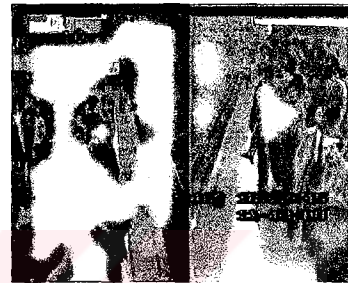
O10_18



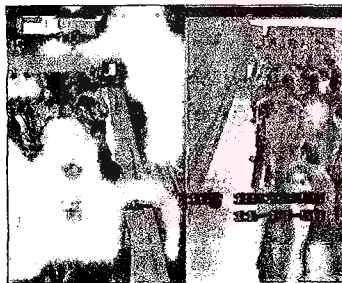
O10-19



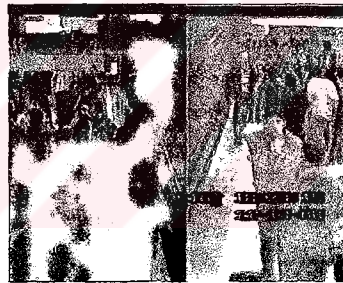
O10_20



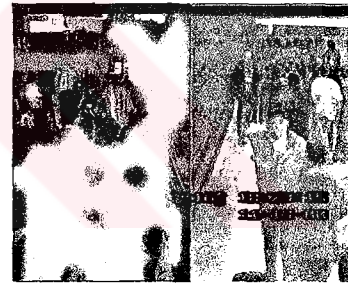
O10_21



O10-22



O10_23



O10_24



O10-25

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Ankara Hızlı Raylı Sistem'den elde edilen görüntülerin işlenmesinde kullanılan işleme metodlarının yanısıra hemen hemen tüm görüntü işleme metodları incelenmiş ve uygulamaları yapılmaya çalışılmıştır. Konu ile direkt alâkası olmayan görüntü işleme ile ilgili bazı yöntemler de ek-1 ve ek-2 de kısaca anlatılarak daha ileriki çalışmalara bir ön hazırlık yapılmıştır.

Deneysel çalışmalarda kullanılan görüntülerin elde edilmesinde birinci grup uygulama çalışmaları kısmında anlatılan görüntü işleme elemanlarından biri olan sayısal CCD kameranın yerine, metro istasyonlarında bulunan güvenlik amaçlı platform kameraları kullanılmıştır.

Kumanda kontrol merkezinde (OCR) tüm istasyonlara ait görüntüler, sürekli monitörlerden izlenmekte ve gerekirse, olağanüstü durumlar için hazır durumda bulunan video kasete kaydedilmektedir.

Deneysel çalışmalarda kullanılan ham veriler, OCR'de bulunan bu video kaydedicide video kasete kaydedilmiş ve diğer bahsedilen sistem elemanları vasıtası ile bilgisayar ortamına aktarılmıştır.

Gerek platform kameralarının netliğinin kötü olması gerekse kullanılan Sigma Scan Pro 2.0 görüntü işleme paket programı ve daha karmaşık işlemlerde kullanılan Matlab 5.0 SE programlarının 8 bitlik (256 gri-ton değerlerinde) görüntüleri işleyebilmesi, incelenen görüntülerin netliğinin çok düşük olmasına neden olmuştur. Bu durum, analizi yapılacak görüntülerin üzerinden bir kısım bilgilerin kaybolmasına yani sonuçlardaki hata oranlarının artmasına yol açmıştır. Oysa daha net görüntülerden daha sağlıklı bilgiler çıkartılabilir.

Bunun yanısıra, platform kameralarının yerleştirildiği pozisyonlardan, platformlarda bekleyen yolcuların tamamı görülememektedir. Platform

Bunun yanı sıra, platform kameralarının yerleştirildiği pozisyonlardan platformlarda bekleyen yolcuların tamamı görülememektedir. Platform kameralarının daha stratejik noktalara yerleştirilmesiyle bu problem de ortadan kaldırılabilir.

Metroda kullanılan görüntüleme sisteminin özelliklerinden dolayı, tek platforma ait bir görüntüde bu platformun önden ve arkadan görünüşleri aynı anda düşey bölünmüş iki ayrı görüntü olarak verilmektedir. Bu da yine görüntülerden daha sağlıklı bilgilerin çıkartılmasını küçük ölçüde de olsa olumsuz yönde etkilemektedir. Bunun zıttı olarak, her iki yönde bölünmemiş görüntülerde daha büyük bir görüntü alanı oluşacağından daha sağlıklı analiz yapılabilir.

Bu çalışmada, ikinci grup uygulamalar adı altında yapılan çalışmalar, yapay sinir ağları metodu kullanılarak da yapılabilirdi. Fakat, bu metod çok güçlü yazılım ve donanım bilgisi ve desteği gerektirdiğinden uygulanamamıştır.

Yapılan bu çalışma, benzer olarak trafik sinyalizasyon sistemlerine uygulanabilir. Kavşaklara konumlandırılan trafik lambalarını, oluşan yaya ve araç trafiği yoğunluklarına göre kontrol edebilen insansız sistemler kurulabilir

KAYNAKLAR

- Gonzales, C. R., Woods, E. R., 1993, Digital Image Processing, **Addison-Wesley Publishing Co.**, USA.
- Castelman, R. K., 1996, Digital Image Processing, **Prentice hall**, **Englwood Cliffs**, New Jersey, USA.
- Baxes, A. G., 1994, Digital Image Processing Principles and Applications, **John Wiley & Sons, Inc.**, USA.
- Baylar, A., Emiroğlu, M. E., Arslan, A., 1999, Yapay Sinir Ağları, **Fen ve Mühendislik Dergisi**, cilt 1, sayı 2, D.E.Ü., İzmir.
- Haralick, R. M., Shapiro, L. G., 1993, Computer and Robot Vision, Volume 1, **Addison Wesley Publishing Co.**, USA.
- Masters, T., 1994, Signal and Image Processing with Neural Networks, **John Wiley & Sons Inc.**, New York, USA.
- O'shea, T., Eisenstadt, M., 1984, Artificial Intelligence, **Harper & Row, Publishers**, New York, USA.
- Sigma Scan Pro, 1995, Automated Image Analysis Software User's Manual, **Jandel Scientific software Co.**, USA.
- Wylie, C. R., Barrett, L. C., 1985, Advanced Engineering Mathematics, **McGraw-Hill Book Co.**, Singapore.
- Sağlık Ansiklopedisi, 1982, Göz ve Gözün Yapısı, **Görsel Yayınları**, cilt 1, sayfa 312-322, İstanbul.
- Mecocci, A., Bartolini, F., Cappellini, V., 1992, Image Sequence Analysis for Counting in Real Time People Getting in and out of a Bus, **Signal Processing, Elsevier**, Vol. 35, pp 105-116.
- Eroğlu, M., Ünal, Y., Aktürk, N., 1999, Görüntü İşleme İle Boyut Ölçümü, **Gazi Ü. Fen Bilimleri Ens.Dergisi**, cilt 12, no: 2, sayfa 231, Ankara.
- Alvarez, L., Guichard, F., Lions, P. L., 1993, Axioms and Fundamental Equations of Image Processing, **Rational Mechanics**, Vol. 123, pp. 199-257, **Sipringer-Verlag**.

- Panda, D. P., Rosenfeld, A., 1978, Image Segmentation by Pixel Classification in Space, **IEEE Trans. Computer**, C-27, 875-879.
- Karu, K., Anıl, K., Jain, K., 1996, Finger Print Classification, **Pattern Recognition**, Vol. 29, No. 3, pp. 389-404, England.
- Joshi, D. G., Rao, Y. V., Kar, S., 1998, Computer Vision Based Approach to Personal Identification Using Finger Crease Pattern, **Pattern Recognition**, Vol. 31, No. 1, pp. 15-22, England.
- Ünal, Y., 1998, Seri Üretim Hatlarında Görüntü İşlemeyle Kalite Kontrolü, **Gazi Ü. Fen Bilimleri Ens.**, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Ankara Raylı Toplu Taşıım Sistemi Eğitim El Kitabı, 1997, Transportation System Division, **Bombardier Inc.** T. No.250-026
- Awcock, G. J., Thomas, R., 1996, Applied Image Processing, **Mc Graw Hill, Inc.**, USA.
- Bal, H., 1995, Optimizasyon Teknikleri, **Gazi Üniversitesi Yayınları**, Fen Edebiyat Fakültesi İstatistik Bölümü, Ankara.
- Hillier, F., S., Lieberman, G., J., 1995, Introduction to Mathematical Programming, **Mc Graw-Hill, Inc.**, Secon Edition, Singapore.
- Crout, S., Srivatava, P., 1998, Multi Modal Image Segmentation Using a Modified Hopfield Neural Network, **Pattern Recognition**, Vol. 31, No:6, pp. 743-750, England.
- Tsai, B., Manjunath S., 1995, Automated Segmentation of MR Images, **Pattern Recognition**, Vol. 28, No:1, pp. 153-224, England.
- Salari, E., Ling, Z., 1995, Texture Segmentation Using Hierarchical Wavelet Decomposition, **Pattern Recognition**, Vol. 28, No:12, pp. 1819-1824, England.

EKLER

EK-1

FOURIER DÖNÜŞÜMLERİ

Fourier dönüşümleri lineer sistem analizi için güçlü bir araçtır. Fourier dönüşümleri sayısal sistemlerin etkilerinin ölçülmesinde, filtreleme, restorasyon, şifreleme ve görüntü güçlendirme (enhancement) gibi temel işlemler için önemli bir uygulama aracıdır. Ayrıca bu dönüşümler fonksiyonların temsil edilmesinde kullanılan ikinci bir dildir.

Görüntü işlemede bazı problemlerin çözümünde kartezyen sistem, bazılarının çözümünde de frekans boyutu daha kullanışlıdır. Bu nedenle görüntü işlemede frekans boyutundaki işlemler için Fourier dönüşümleri kullanılmaktadır. $f(x)$ bir boyutlu sürekli bir fonksiyon olmak üzere,

$$\mathfrak{F}\{f(x)\} = F(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-j2\pi ux} dx \quad (\text{E.1.1})$$

Burada $F(u)$, $f(x)$ 'in Fourier dönüşümüdür. Ters dönüşüm işlemi ile tekrar $f(x)$ elde edilir ($j = \sqrt{-1}$).

$$f(x) = \mathfrak{F}^{-1}\{F(u)\} = \int_{-\infty}^{\infty} F(u) e^{j2\pi ux} du \quad (\text{E.1.2})$$

Dönüşümü elde edilen $f(x)$ fonksiyonunun bir gerçekte bir de sanal kısmı mevcuttur.

$$F(u) = R(u) + jI(u) \quad (\text{E.1.3})$$

Burada $R(u)$, $f(u)$ fonksiyonun gerçekte bileşeni, $I(u)$ ise sanal bileşenidir. Fonksiyon eksponansiyel formda da ifade edilebilir.

$$F(u) = |F(u)| e^{j\Phi(u)} \quad (\text{E.1.4})$$

$$|F(u)| = [R(u)^2 + I(u)^2]^{1/2} \quad (\text{E.1.5})$$

ve

$$\Phi(u) = \tan^{-1} \left[\frac{I(u)}{R(u)} \right] \quad (\text{E.1.6})$$

$F(u)$ fonksiyonunun mutlak değerine, $f(x)$ fonksiyonunun fourier spekturumu ve $\Phi(u)$ 'ya ise faz açısı denir. Spekturumun karesine ise güç spekturumu veya *Power spectrum* ($P(u)$) denir.

$$P(u) = |F(u)|^2 = [R(u)^2 + I(u)^2] \quad (\text{E.1.7})$$

Buna *spektral yoğunluk* da denilmektedir. Fonksiyonunun değişkeni u frekans değişkeni olarak bilinir.

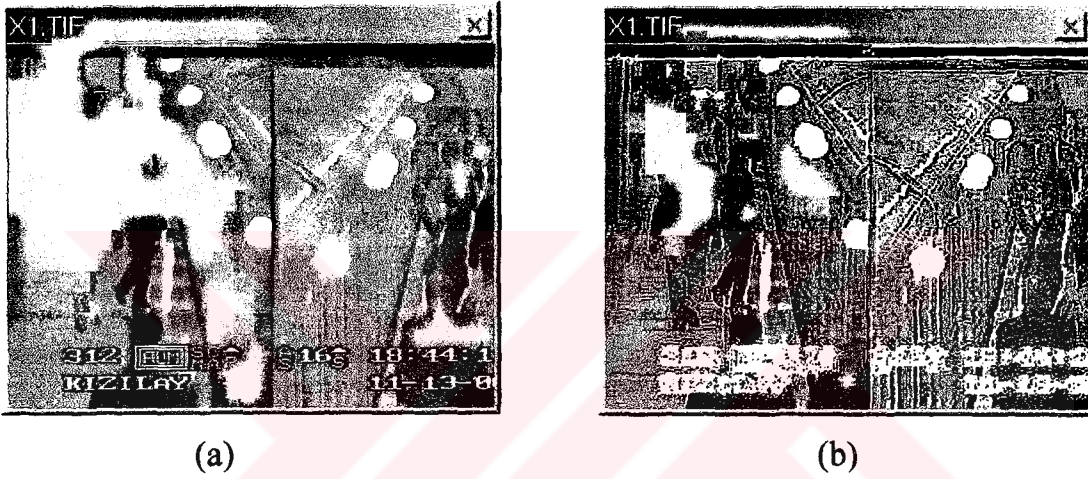
Doğrusal sistem analizinde önemli bir teorem de Konvulasyon Teoremidir. Bu teoremin matematiksel ifadesi:

$$\begin{aligned} \mathfrak{F}\{f(x)g(x)\} &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(\alpha)g(x-\alpha)d\alpha e^{-j2\pi ux} dx \\ \mathfrak{F}\{f(x)g(x)\} &= \int_{-\infty}^{\infty} f(\alpha) \int_{-\infty}^{\infty} g(x-\alpha) e^{-j2\pi ux} dx d\alpha \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} f(\alpha) e^{-j2\pi u\alpha} G(u) d\alpha \\ &= G(u) \int_{-\infty}^{\infty} f(\alpha) e^{-j2\pi u\alpha} d\alpha \end{aligned}$$

Buradan Konvulasyon formülü,

$$\mathfrak{F}\{f(x)g(x)\}=F(u)G(u) \quad (\text{E.1.8})$$

olarak elde edilir. Şekil E.1.1’de normal görüntü ve konvulasyon maskesi uygulanmış hali verilmiştir.



Şekil E.1.1. (a) Normal görüntü (b) Konvulasyon işlemi uygulanmış hali

Buraya kadar, bir boyutlu fonksiyonların dönüşümlerinden bahsedildi. Oysa görüntü işlemede ve optik sistemlerin analizinde giriş ve çıkış değerleri iki boyutlu fonksiyonlardır. Bu yüzden özellikle iki boyutlu Fourier dönüşümlerinin de incelenmesi gerekir.

E.1.1. İki Boyutlu Fourier Dönüşümleri

İki boyutlu bir fonksiyon $f(x,y)$ olsun. Bu fonksiyonun Fourier dönüşümü,

$$F(u,v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x,y) e^{-j2\pi(ux+vy)} dx dy$$

şeklindedir. Ters dönüşümü ise,

$$f(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} F(u, v) e^{j2\pi(ux+vy)} du dv$$

şeklinde olacaktır. Burada;

$f(x, y)$: görüntü

$F(u, v)$: spektrumdur.

$F(u, v)$ genellikle değişkenleri (u, v) reel olan kompleks bir fonksiyondur. u değişkeni x -eksenindeki frekans, v 'de y -eksenindeki frekans değeridir.

E.1.2. İki Boyutlu Parçalı (Discrete) Fourier Dönüşümü (DFT)

Eğer $f(x, y)$, iki boyutlu ve sürekli bir fonksiyonun eşit aralıklarla bölünmüş $N \times N$ tipinde bir dizinin elemanı ise, iki boyutlu discrete Fourier dönüşümü;

$$F(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \exp \left[-j2\pi \left(\frac{ux}{N} + \frac{vy}{N} \right) \right] \quad (\text{E.1.9})$$

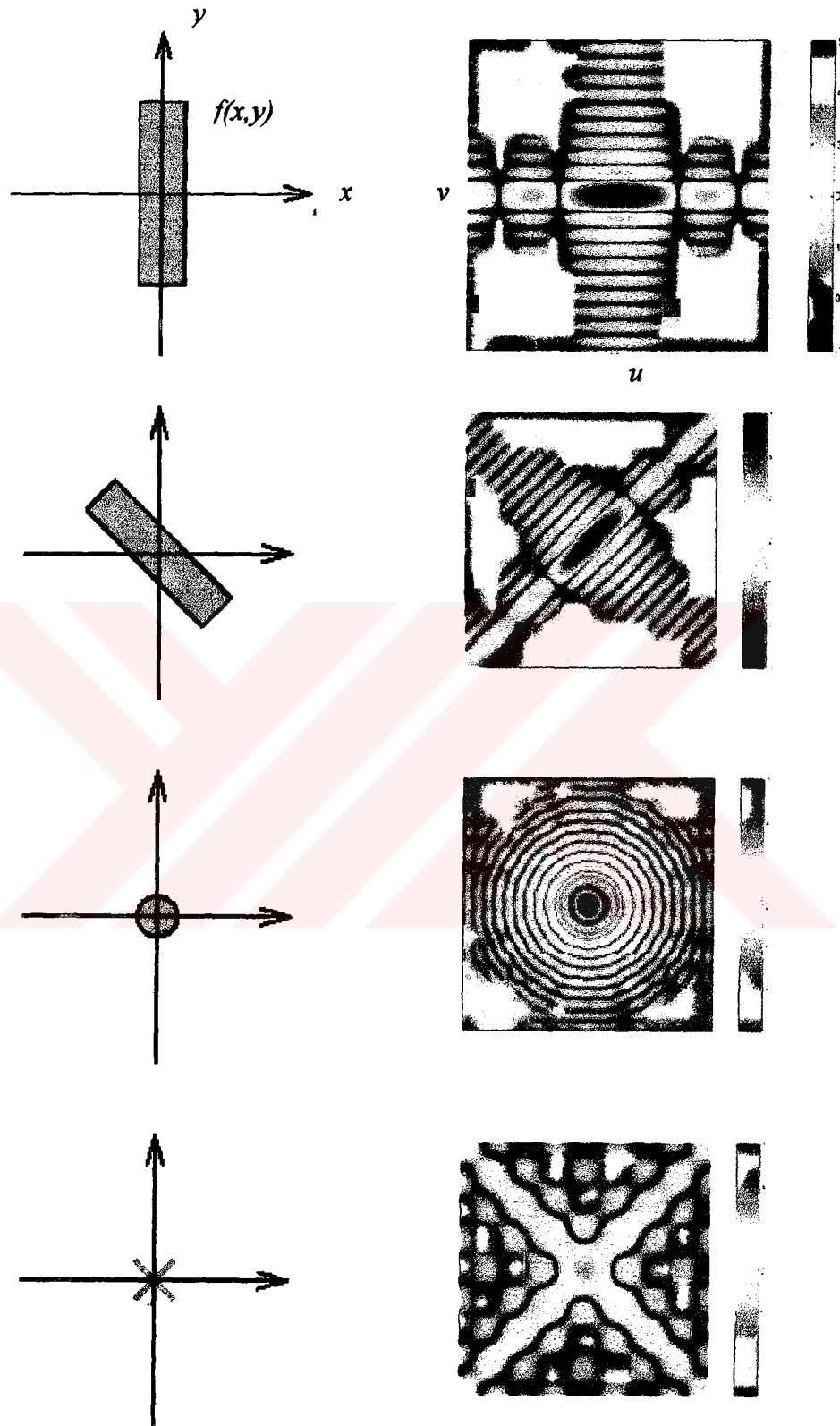
$(u, v) = (0, 1, 2, 3, \dots, N-1)$ ve ters dönüşümü,

$$f(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) \exp \left[j2\pi \left(\frac{ux}{N} + \frac{vy}{N} \right) \right] \quad (\text{E.1.10})$$

Eğer (E.1.9) nolu formül parçalanırsa;

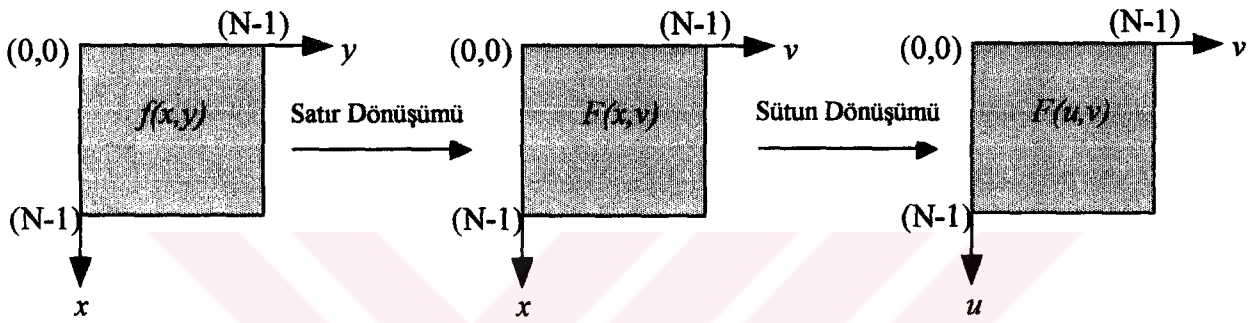
$$F(u, v) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{x=0}^{N-1} \left[\frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-j2\pi(u \frac{x}{N})} \right] e^{-j2\pi(v \frac{y}{N})} \quad (\text{E.1.11})$$

Şekil E.1.2'de bazı basit şekillerin Fourier dönüşümleri gösterilmiştir ve eksenler arası dönüşümde $x \rightarrow u$, $y \rightarrow v$ karşılık gelir.



Şekil E.1.2. Bazı geometrik şekillerin Fourier dönüşümleri

parantez içindeki terim görüntü üzerindeki satırların bir boyutlu dönüşümü, diğer terim ise görüntü üzerindeki sütunların bir boyutlu dönüşümünü temsil eder. Böylece $f(x,y)$ fonksiyonunun Parçalı Fourier Dönüşümü (DFT) $f(x,y)$ 'ye uygulanacak satır dönüşümü ve arkasından sütun dönüşümü olarak ayrıştırılabilir, buna *ayırışma özelliği* de denir. Bu durum şekil E.1.3'de gösterilmiştir.



Şekil E.1.3. İki boyutlu Fourier dönüşümünün bir boyutlu bileşenleri

Matris notasyonunda,

$$T = AFA \quad \text{olarak gösterilmektedir.}$$

Burada,
$$[f_{ik}] = \left[\frac{1}{N} e^{-j2\pi ik/N} \right] \quad (i,k) = (0,1,2,\dots,N-1) \quad (\text{E.1.12})$$

F , $N \times N$ tipinde görüntü matrisi, T ise $N \times N$ tipinde değerleri u ve v olan dönüşüm matrisidir. Aşağıda $N = 4$ için *Haar* dönüşümü verilmiştir.

$$A_4 = \frac{1}{\sqrt{4}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ \sqrt{2} & -\sqrt{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sqrt{2} & -\sqrt{2} \end{bmatrix}$$

N=4 için *Slant* dönüşümü ise,

$$S_4 = \frac{1}{\sqrt{4}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ \frac{3}{\sqrt{5}} & \frac{1}{\sqrt{5}} & -\frac{1}{\sqrt{5}} & -\frac{3}{\sqrt{5}} \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ \frac{1}{\sqrt{5}} & -\frac{3}{\sqrt{5}} & \frac{3}{\sqrt{5}} & -\frac{1}{\sqrt{5}} \end{bmatrix} \quad \text{şeklindedir.}$$

E.1.2.1. Parçalı kosinüs dönüşümü

Bir boyutlu kosinüs dönüşümünün (DCT) matematiksel ifadesi:

$$C(u) = \alpha(u) \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \cos \left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N} \right] \quad (\text{E.1.13})$$

İki boyutlu hali ise:

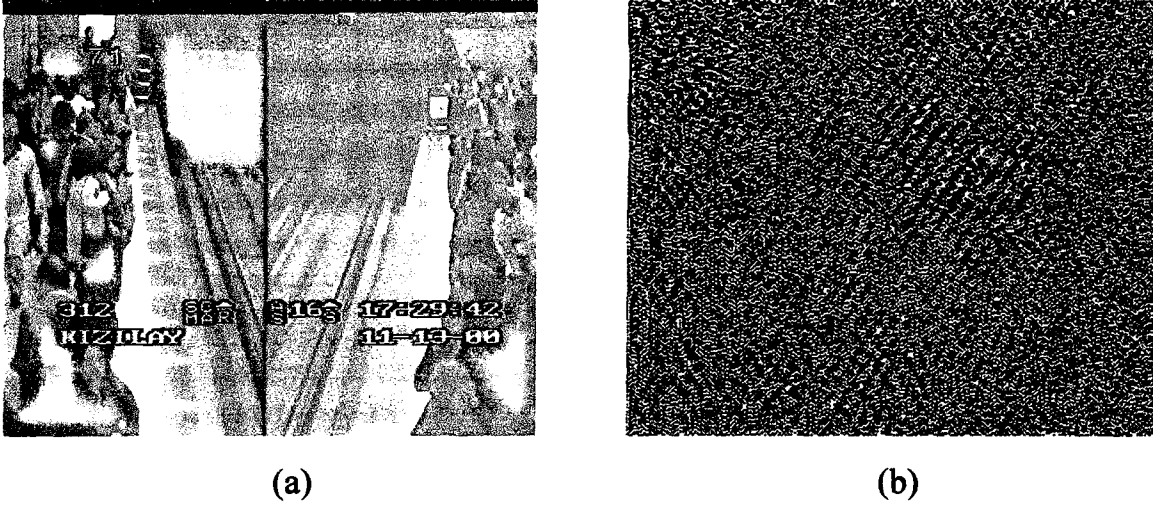
$$C(u, v) = \alpha(u)\alpha(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos \left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N} \right] \cos \left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N} \right] \quad (\text{E.1.14})$$

$u, v=0, 1, 2, \dots, N-1$, için,

$$f(x, y) = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} \alpha(u)\alpha(v) C(u, v) \cos \left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N} \right] \cos \left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N} \right] \quad (\text{E.1.15})$$

olarak hesaplanır.

Discrete kosinüs dönüşümü, geçmişte daha çok görüntü datalarının sıkıştırılması işlemlerinde kullanılmıştır. Orijinal görüntü ve DCT'si şekil E.1.4'de verilmiştir.



Şekil E.1.4. (a) Normal görüntü (b) Parçalı (Discrete) kosinüs dönüşümü

E.1.3. Fourier Dönüşümlerinin Bazı Özellikleri

Daha evvel kartezyen koordinatlar için bahsedilen tüm görüntü işleme operasyonları frekans boyutlarında da mevcuttur. Fourier dönüşümlerinin görüntü işlemede başvurulan önemli özellikleri, dağılma, simetri, öteleme, dönme ve ölçekleme sayılabilir.

E.1.3.1. Öteleme (Translasyon)

Öteleme özelliği aşağıda verilen denklemlerde şu şekilde verilebilir:

$$f(x, y)e^{j2\pi(u_0 + v_0)/N} \Leftrightarrow F(u - u_0, v - v_0) \quad (\text{E.1.16})$$

ve

$$f(x - x_0, y - y_0) \Leftrightarrow F(u, v)e^{-j2\pi(ux_0 + vy_0)/N} \quad (\text{E.1.17})$$

çift ok, çift gerektirmeyi göstermektedir, yani durumlar her iki yön için de doğrudur.

Denklemlerden anlaşılacağı üzere merkez noktasının her hangi bir (x_0, y_0) noktasına hareketi, frekans boyutunda $F(u, v)$ fonksiyonunun $\exp[-j2\pi(ux_0 + vy_0)/N]$ eksponansiyel terimi ile çarpılması ile elde edilebilir.

E.1.3.2. Dönme (Rotasyon)

Eğer polar koordinatları göz önüne alınırsa $x = r \cos \theta$, $y = r \sin \theta$, $u = \omega \cos \varphi$, $v = \omega \sin \varphi$ o zaman $f(x, y)$ ve $F(u, v)$ sırasıyla $f(r, \theta)$ ve $F(\omega, \varphi)$ şekline dönüşecektir. Eğer denklemlerde bu değerler doğrudan yerine konursa,

$$f(r, \theta + \theta_0) \Leftrightarrow F(\omega, \varphi + \varphi_0)$$

Diğer bir deyişle $f(x, y)$ 'nin θ_0 kadar döndürülmesi ile dönüşümü olan $F(u, v)$ de θ_0 kadar döner.

E.1.3.3. Dağılma ve ölçekleme

Sürekli veya discrete dönüşüm çifti için;

$$\mathfrak{F}\{f_1(x, y) + f_2(x, y)\} = \mathfrak{F}\{f_1(x, y)\} + \mathfrak{F}\{f_2(x, y)\} \quad \text{ve genellikle,}$$

$$\mathfrak{F}\{f_1(x, y) f_2(x, y)\} \neq \mathfrak{F}\{f_1(x, y)\} \mathfrak{F}\{f_2(x, y)\}$$

yani, Fourier dönüşümü ve tersinin toplamaya göre dağılma özelliği mevcuttur fakat çarpma için söz konusu değildir. a ve b gibi herhangi iki skaler için

$$a f(x, y) \Leftrightarrow a F(u, v) \quad \text{ve}$$

$$f(ax, by) \Leftrightarrow \frac{1}{ab} F(u/a, v/b) \quad \text{özellikleri çift gerektirir.}$$

E.1.3.4. Laplasian

İki boyutlu $f(x,y)$ fonksiyonunun tanımından

$$\nabla^2 f(x,y) = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (\text{E.1.18})$$

İki boyutlu Fourier dönüşümü tanımından da

$$\mathfrak{F}\{\nabla^2 f(x,y)\} \Leftrightarrow -(2\pi)^2(u^2 + v^2)F(u,v) \quad (\text{E.1.19})$$

denklemini iki yönlü olarak yazılabilir.

E.1.4. Hızlı (Fast) Fourier Dönüşümü (FFT)

Parçalı Fourier dönüşüm denkleminde görüldüğü üzere yapılacak kompleks-

$$F(u) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) e^{-j2\pi \frac{ux}{N}} \quad (\text{E.1.20})$$

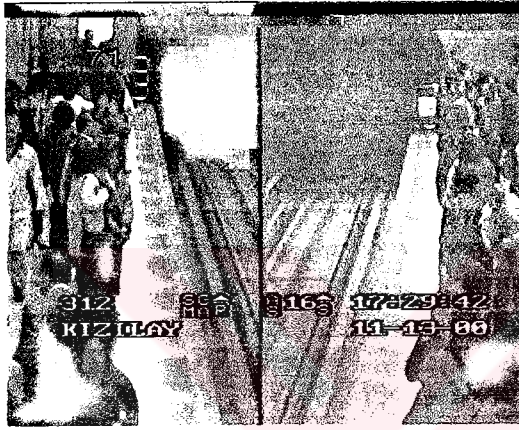
çarpımlar ve toplamlar adedi N^2 ile orantılıdır (Gonzales, 1993). Yani, denkleminde u 'nun her hangi bir N değeri için toplam açılımında $f(x)$ terimi N defa $\exp(-j2\pi \frac{ux}{N})$ terimi ile çarpılır ve sonuçlar $N-1$ defa eklenir.

Bu denkleme uygulanabilecek bazı matematiksel işlemler ile çarpımlar ve toplamlar adedi N^2 yerine $N \log_2 N$ değeri ile orantılı hale getirilebilir. Yapılan bu modifikasyona *Hızlı Fourier Dönüşümü (Fast Fourier Transformation) (FFT) Algoritması* denir.

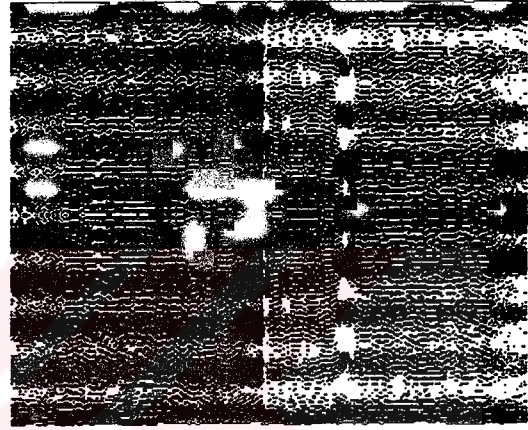
Burada, orantıdaki N^2 değerinden $N \log_2 N$ değerine düşüş belirgin bir işlem tasarrufu ve kolaylığı sağlar.

N 'nin çok büyük değerleri için, örneğin 8192 nokta aralığı için FFT işlemi 5 saniye süre alırken, normal Fourier dönüşümü alındığında yaklaşık 600 katı yani, 50 dakika süre almaktadır.

Ters FFT için de daha evvel bahsedilen ters dönüşüm işlemleri geçerlidir. şekil E.1.5'de bir ham görüntü ve hızlı Fourier dönüşümü verilmiştir.



(a)



(b)

şekil E.1.5. (a) Normal görüntü (b) FFT dönüşümü

EK-2

NESNE TANIMA VE KARAR VERME

Yüksek seviyeli görüntü işlemlerinden nesne tanıma, amaca yönelik kalıpları keşfetme, tanımlama ve anlama işlemlerinden meydana gelir (pattern recognition). Bilgisayarla görüntü analizinin bir temel amacı da makinaya bazı anlamlarda insan yeteneğine benzer bir yaklaşım yeteneği kazandırmaktır (Masters, 1994).

Örneğin ,otomatik olarak döküman okuyan bir sistemde, ilgili kalıplar alfanumerik karakterlerdir. Burada amaç, insanda olduğu gibi, hatasız bir şekilde karakterleri tanımak ve ne olduğuna karar vermektir. Bu çeşit otomatik görüntü analizi yapan sistemlerin çeşitli kalıplara göre kolay eğitilebilme yeteneği olmalıdır.

Zeka kavramı, özellikle makinaya referansla, bir parça belirsizlik gösterir. Bununla birlikte zeka ile ilgili çeşitli davranış tipleri genellikle basittir. Bir yapay zeka sistemi için akla gelen ilk karakteristikler:

- Bağımsız detayların arka planına ilişkin bilgileri çıkartabilmeli,
- Örneklerden öğrenebilme kapasitesine sahip olmalı ve genellemeye giderek yeni ve farklı durumlar içinde öğrendiğini uygulayabilmeli,
- Tamamlanmamış bilgiden sonuç çıkarabilmeli.

Bu karakteristiklerle görüntü analiz sistemi bazı sınırlamalar dahilinde tasarımlanabilir (Masters, 1994).

Görüntü yakalama (image acquisition), görüntü güçlendirme (enhancement), restorasyon (restoration) ve sıkıştırma (compression) işlemleri, dijital görüntü verilerinin insan gözünde ve makinada işlendiği birincil uygulamalardır (low-level processing).

Bu uygulamalardan sonra görüntü ayırma, karşılaştırma ve tanımlama aşamalarından meydana gelen orta seviye işleme (intermediate-level processing) uygulamaları ve en son olarak tanıma ve karar verme aşamalarını içeren yüksek seviye işleme (high-level processing) uygulamaları olarak sıralanır (Gonzales, 1993).

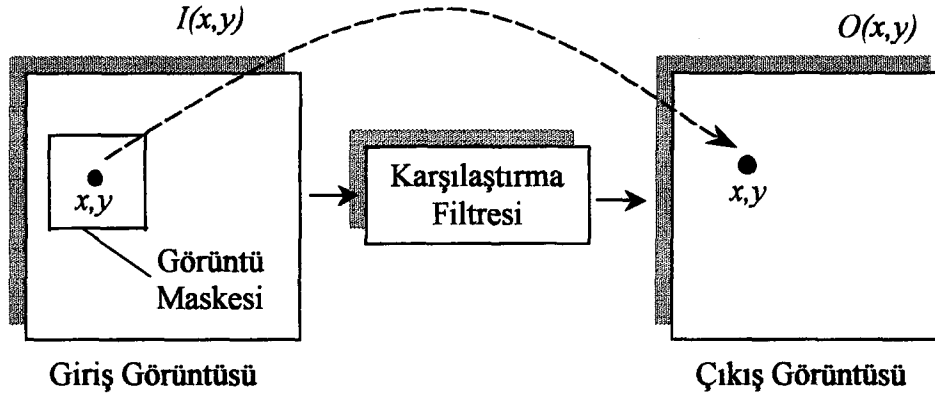
E.2.1. Görüntü Karşılaştırma

Nesneleri ölçülen boyutlarına veya şekillerine göre sınıflandırmak mümkündür. Görüntü karşılaştırma tekniği, (image matching) görüntünün bir parçasını diğer görüntünün ilgili parçası ile bire-bir karşılaştırma işlemi olarak tanımlanır (Baxes, 1994).

Bu işlem iki boyutlu veya düzlemsel *çapraz korelasyon* (cross correlation) olarak bilinen işlemler ile gerçekleştirilir. Karşılaştırma filtrelemesi olarak da tanımlanan bu teknik, analizi yapılacak nesneleri içeren küçük referans görüntünün piksel-piksel karşılaştırılmasını içerir. Sonuç olarak, incelenen nesnelerin bulunduğu yerlerin parlak noktalar olduğu görüntü ortaya çıkar. Bu noktalar ne kadar parlaksa karşılaştırma o kadar iyi yapılmış demektir. Bununla birlikte, bu parlaklık yeteri kadar büyük olduğunda, karşılaştırılan obje ortaya çıkmış olur.

Karşılaştırma filtreleri daha evvel filtreleme bölümünde bahsedilen ağırlık değerlerinden oluşan bir maske yerine, referans görüntüden oluşan bir görüntü maskesi olarak kullanılır.

Maske boyutları, genellikle düzlemsel konvolasyon işlemlerinde kullanılan 3×3 veya 5×5 piksel boyutlarından daha büyüktür ve üst limiti bilgisayarın işleme kapasitesiyle sınırlıdır. Bahsedilen bu işlemler şekil E.2.1'de gösterilmektedir.



Şekil E.2.1. Karşılaştırma filtreleme (matching) işlemi, $I(x,y)$ giriş piksel değeri, $O(x,y)$ karşılaştırma işlemi sonucunda elde edilen çıkış piksel değeri.

Her bir piksel konumunda, giriş görüntüsü pikselleri maske görüntü pikselleri ile karşılaştırılıyor. Sonuçta, çıkış görüntüsünde, koyu değerler kötü karşılaştırmaların olduğu yerleri temsil ederken parlak bölgeler de iyi karşılaştırmayı temsil etmektedir.

Görüntü maskesini, aşağıda verilen ve boyutları 50×50 olan bir maske olarak kabul edersek;

$$\begin{array}{ccccccc}
 M_{0,0} & M_{1,0} & M_{2,0} & \cdots & M_{49,0} \\
 M_{0,1} & M_{1,1} & M_{2,1} & \cdots & M_{49,1} \\
 M_{0,2} & M_{1,2} & M_{2,2} & \cdots & M_{49,2} \\
 \vdots & & & & \\
 \vdots & & & & \\
 M_{0,49} & M_{1,49} & M_{2,49} & \cdots & M_{49,49}
 \end{array}$$

Çıkış piksel değerleri, grup içerisindeki giriş piksel değerleri toplamı olarak hesaplanır ve her bir piksel değeri kendisine karşılık gelen görüntü maskesi piksel değeri ile çarpılır. Buna iki boyutlu çapraz korelasyon (Cross-

Correlation) denir. 50×50 piksel görüntü maskesi için, karşılaştırma filtresi denklemi aşağıda verilmiştir (Baxes, 1994).

$$\begin{aligned}
 O(x,y) = & (M_{0,0} \times I(x-24,y-24)) + (M_{1,0} \times I(x-23,y-24)) + \\
 & \dots + (M_{49,0} \times I(x+25,y-24)) + \\
 & (M_{0,1} \times I(x-24,y-23)) + (M_{1,1} \times I(x-23,y-23)) + \\
 & \dots + (M_{49,1} \times I(x+25,y-23)) + \\
 & \cdot \\
 & \cdot \\
 & \cdot \\
 & (M_{0,49} \times I(x-24,y+25)) + (M_{1,49} \times I(x-23,y+25)) + \\
 & \dots + (M_{49,49} \times I(x+25,y+25))
 \end{aligned}$$

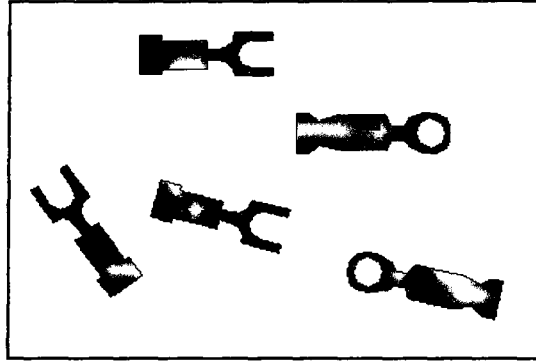
E.2.2. Nesne Sınıflandırma

Bu noktaya kadar, görüntü analizinde orijinal görüntü, görüntü ayırma (segmantasyon) işlemleri ile içerisinde bulunan nesnelere kadar indirgendi. Bu nesnelere ait şekil ölçülerinden bahsedildi.

Görüntü analizi işlemlerinin son aşaması nesneleri bu şekil ölçülerine göre sınıflandırmaktır. Yani, ölçülen şekil ölçüleri¹ referans şekil ölçüleriyle veya belirlenen çeşitli kriterlere göre karşılaştırılır.

Bir örnekle bu durumu açıklayalım. Diyelim ki bir fabrikanın paketleme bölümünde üretilen iki ayrı parça birbirinden ayrılacak. Bir konveyör üzerinde gelen parçaların kamera ile görüntüleri alınıyor. Şekil E.2.2’de bu parçalara ilişkin görüntüler verilmiştir.

Bu iki ayrı nesnenin sınıflandırılmasında birincil yaklaşım, nesne üzerinde yer alan delik sayılarına ilişkin şekil ölçülerinin tespiti şeklinde olabilir. Çünkü A tipi nesnelerde delik bulunurken B tipi nesnelerde bulunmamaktadır. Bir başka



Şekil E.2.2. İki farklı tipte nesnenin ikili görüntüsü

deyişle, eğer nesne deliğe sahipse bu A tipi bir nesnedir, aksi halde B tipi bir nesnedir. Tabi ki problem daha özel ölçülerin karşılaştırılmasına kadar detaylandırılabilir. Örneğin nesnelerin alan ve çevre ölçüleri gibi, bunlara ilişkin hesaplamalar bir önceki bölümde anlatılmıştır.

E.2.3. Kalıp ve Kalıp Tanıma

Kalıp (pattern), bir nesnenin niceliksel (sayılabilir) ve/veya yapısal tanımlamalarıdır (Gonzales,1993).

Genel olarak, bir kalıp bir veya daha fazla tanımlayıcıdan oluşur. Diğer bir deyişle, kalıp (desen) tanımlayıcıların bir birleşimidir.

Kalıp sınıflandırma (Pattern Classification) terimi basit olarak, görüntü içerisindeki bilinmeyen nesnelerin, kendisine benzeyen veya kendisi ile aynı olan bir grup nesneler topluluğuna göre tanımlanması işlemidir (Awcock and Thomas, 1996).

Kalıp (desen) terimi ise, bilinmeyen nesneden türetilen özellikler veya tanımlamalar topluluğudur (Awcock and Thomas, 1996).

Genellikle türetilen bu sayılabilir özellikler grubuna *özellik vektörleri (feature vectors)* denir.

Bir kalıp sınıfı, nesnenin genel özelliklerini paylaşan bir grup kalıptan oluşur.

Sınıflandırma veya tanıma (recognition), bilinmeyen nesneye ait kalıpların, kendisine karşılık gelen doğru kalıp sınıfı içine ayrılması işlemidir.

İdealde, bu sınıflandırma işlemi tamamen otomatik ve hatasız olarak yapılabilir. Fakat pratikte bu işlem o kadar kolay değildir. Örneğin, problemde bilinmeyen nesneye ait değişebilir yapıda ölçülere sahip özellik vektörlerinin bulunması durumu, sınıflandırma işlemini çok daha karmaşık hale getirir. Kalıp tanıma ve sınıflandırma problemleri pratikte üç farklı yaklaşımla çözülür.

- İstatistiki kalıp sınıflandırma
- İlişkisel kalıp sınıflandırma (Syntactic Pattern Classification)
- Yapay sinir ağları (Artificial Neural Network)

İstatistiki kalıp sınıflandırmada, giriş görüntüsünden elde edilen karakteristik özelliklere ait bir grup veri bilinen istatistiki teorilere göre işlenerek sınıflandırma yapılır.

İlişkisel (syntactic) kalıp sınıflandırmada, kalıpların kendi ilişkisel yapıları göz önüne alınır. Bazı durumlarda kalıplara ait bilgiler sadece özellik vektörlerinden değil bu vektörler arası ilişkilerden de elde edilir.

Üçüncü yaklaşım ise Yapay Sinir Ağları (YSA) ile yapılan sınıflandırma işlemidir. Bu türde, sınıflandırılacak kalıp (desen) daha önce yapılan bir dizi deney ile eğitilmiş ağa göre sınıflandırılır (Awcock and Thomas, 1996).

Bu çalışmada kalıp tanıma ve sınıflandırma metodlarından hiçbiri kullanılmamıştır. Problem, temel görüntü ayırma işlemleri kullanılarak çözülmüştür. Problemin yapısı bakımından kullanılabilecek en uygun yaklaşım, yapay sinir ağları yaklaşımıdır. Diğer metodlara oranla çok daha sağlıklı sonuçlar verir. Bu nedenle takip eden bölümlerde YSA'lar hakkında çok kısa bilgi verilmiştir.

E.2.4. Yapay Sinir Ağları

İnsanlar varoluşlarından buyana hep doğayı taklit etme gereksinimi duymuşlardır ve hala duymaktadırlar. Bu gereksinim insanın yaratılışında var olan öğrenme ihtiyacından kaynaklanmaktadır. Taklit etme olayının en yeni ürünlerinden biri olan yapay sinir ağları, insan beyninin çalışma prensibini keline model edinmiş yapay sistemlerdir.

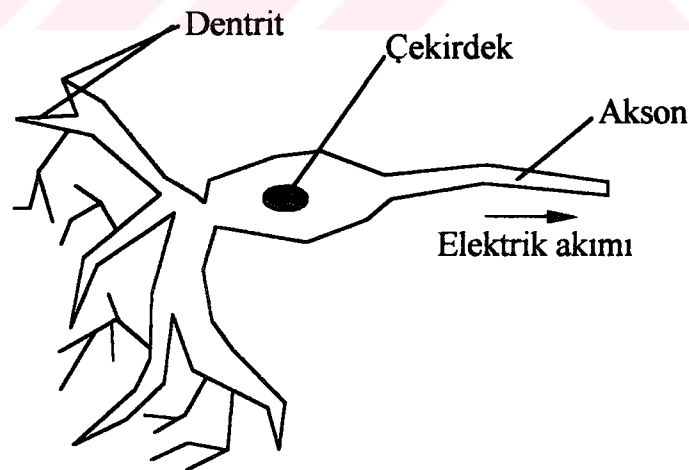
1943 yılında, McCulloch ve Pits biyolojik sinir hücresinin yapısından esinlenerek geliştirdikleri bir yapay sinir hücre modeli ile VE, VEYA gibi mantık işlemlerinin yapılabileceğini gösterdiler. Böylece, biyolojik sinir sistemlerinin incelenmesi ve onlara benzer şekilde çalışan Yapay Sinir Ağ (YSA) modellerinin geliştirilmesi çok farklı bilim dalından araştırmacıların ortak olarak çalıştığı bir bilim alanı oluşturdu.

YSA üzerinde araştırmalar 60'lı yılların ortalarından, 80'li yılların başına kadar bir durgunluk dönemi yaşadı. Durgunluğa sebep gösterilebilecek en önemli olgu, YSA'nın bilgi işlemede alternatifi olan günümüzün sayısal bilgisayarlarının yarı iletken teknolojisi ile yoğun, büyük çapta, ucuz ve güvenilir gerçekleştirme olanağı bulmasıdır. Seri olarak çalışan hızlı birimlerden oluşmuş sayısal bilgisayarlar, aritmetik işlemlerde yüksek hız, kapasite ve güvenilirlik sağlamışlardır.

Von Neuman mimarisi kullanan klasik anlamdaki bilgisayarlar tecrübeye ve gözleme dayalı problemleri çözmekte yetersiz kalmaktaydılar. Bu tür bilgisayarların verileri seri olarak işleyip sonuca ulaştırmaları bu yetersizlikteki en büyük etkendi. Bu durum bilim adamlarını, insan gibi tecrübeye dayanarak, problem çözme yeteneğine sahip bilgisayarlar yapmaya veya programlama teknikleri geliştirmeye zorlamıştır.

Yapay sinir ağları, problemi parçalara ayırarak, bu parçaları kendi içerisindeki her bir nöron vasıtasıyla işleyip bir sonuca varmakta ve bu sonucu, kendisine bağlanan diğer nöronlara giriş değeri olarak göndermektedir. Sistem bu hiyerarşi içerisinde çalışarak problemi çözmektedir.

En genel anlamda sinir ağları, insan beynindeki nöronlara benzer olarak meydana getirilen yapay nöronların değişik bağlantı geometrisi ile birbirlerine bağlanmasıyla oluşan kompleks sistemlerdir. Şekil E.2.3'de bir biyolojik sinir hücresi görülmektedir.



Şekil E.2.3. Tipik bir biyolojik nöronun temel kısımları

Biyolojik nöron, bir çekirdek, gövde ve iki türlü uzantıdan oluşmaktadır. Bunlardan kısa ve dallanmış olan Dentrit giriş bilgilerini alır, uzun ve tek olan

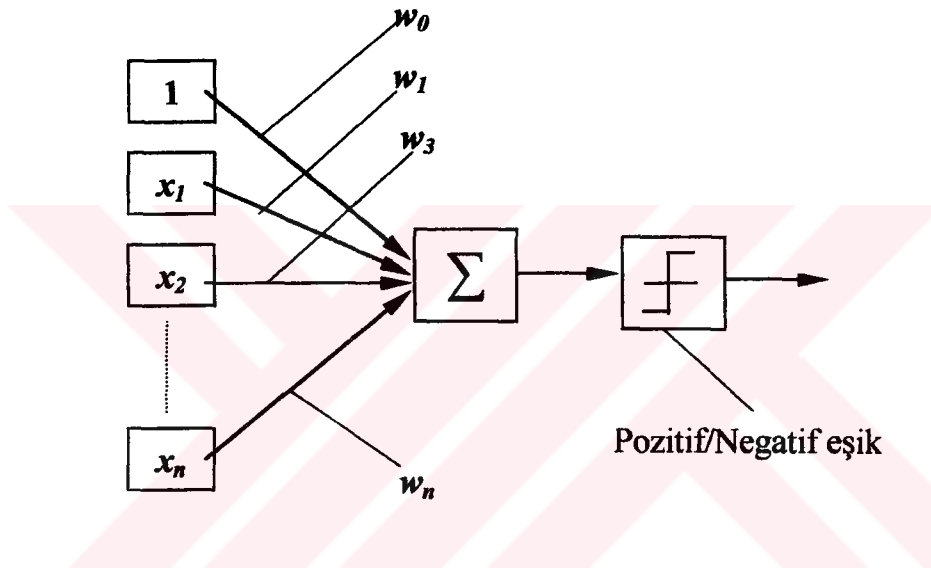
Akson ile çıkış bilgilerini diğer nöronlara taşır. Akson ve Dendritin birleşim yerine Sinaps adı verilir. Bunlar nöronlardan aldığı sinyalleri değerlendirirler ve eşik değeri üzerinde bir giriş varsa bir sonraki hücreye iletirler.

Biyolojik sistemler, sayısal bilgisayarlar karşısında aritmetik işlemlerde kıyaslanmayacak kadar güçsüz olmalarına karşın, görüntü ve ses işleme gibi bozulmuş, tam tanımlı olmayan yüksek veri yoğunluğuna sahip bilgilerin işlenmesinde sayısal bilgisayarlara oranla çok daha hızlı ve yüksek doğrulukta çalışırlar. Bu gözlem ışığında, biyolojik sinir sistemlerinin yapısının daha iyi anlaşılması ve ana sebep olarak da sayısal bilgisayarların görüntü ve ses gibi işaretlerin işlenmesinde yapısal olarak güçsüz olduğunun görülmesi, 1980'lerde çeşitli bilim dallarından büyük bir araştırmacı kitlesinin YSA'larına ilgisinin odaklanmasına yol açtı.

Yapay sinir ağı teknolojisi hesaplamalara tamamen farklı bir yaklaşım getirmektedir. Yapay sinir ağları, paralel hesaplama tekniğinin bütün avantajlarını kullanabilen ve algoritmik olmayan bir metottur. Belirli bir problemi, programlama yerine direkt olarak mevcut örnekler üzerinden eğitilerek öğrenirler.

Ayrıca yapay sinir ağları, klasik bilgisayar belleği gibi belirli bilgileri belirli yerlerde saklama yerine, öz şeklindeki bilgileri nöronlar arasındaki bağlantılar üzerindeki ağırlık değerleri ile ağ üzerine dağıtarak saklarlar. Matematiksel olarak modellendirilmiş biyolojik bir nöron Şekil E.2.4'de görülmektedir. Bu tür nöronlar Mc Culloch-Pits nöronu olarak bilinirler. Bunlar ağın her bir işlem birimini temsil ederler ve birbirleriyle bağlanarak ağı oluştururlar. Her bir nöron basit bir anahtar görevi yapar ve şiddetine göre gelen sinyali ya sönümlendirir ya da iletir. Böylece ağ içerisindeki her bir nöronun belli bir yükü olur.

Her nöron gelen sinyalin seviyesine göre açık ya da kapalı duruma geçerek basit bir tetikleyici görev üstlenir. Bu işlemleri yaparken nöronlar giriş bilgilerini ağırlandırarak bunları lineer toplar ve bir eşik, lineer veya non-lineer bir fonksiyonda işleyerek çıktısını verir. Bu çıktıyı hücreye bağlantısı olan diğer nöronlar giriş bilgileri olarak alırlar.

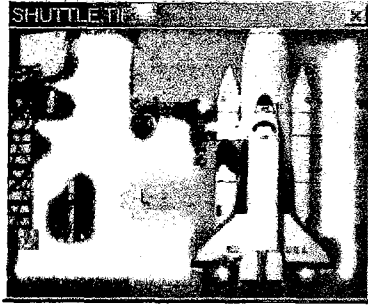


Şekil E.2.4. Bir biyolojik nöronun matematiksel modellenmesi

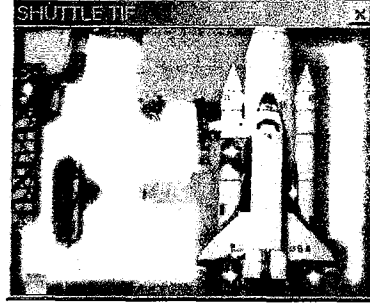
Bu çalışmada, hesaplanan istasyon doluluk oranları görüntü segmentasyon metodu yerine YSA ile de hesaplanabilirdi.

Metro istasyon görüntülerine ait çok sayıda referans oluşturulup, herhangi bir doluluk oranı incelenecek istasyon görüntüsü, daha önce eğitilmiş ağda değerlendirilerek, doluluk oranı diğer yöntemlere nazaran daha sağlıklı hesaplanır. Bununla birlikte, referanslarda oluşturulan örneklerin sayısı arttıkça sistem çok daha sağlıklı karar verir hale gelir.

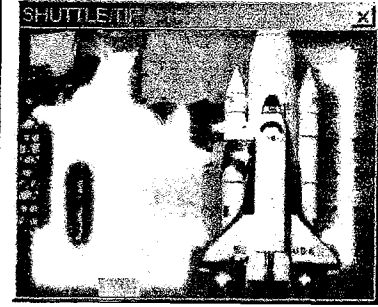
EK-3
GÖRÜNTÜNÜN ÇEŞİTLİ RENK ÇÖZÜNÜRLÜKLERİ



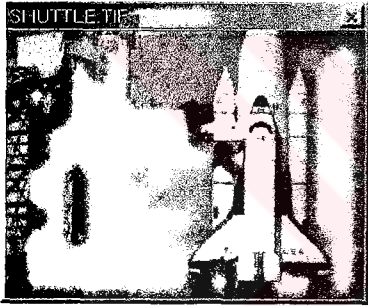
32 bit



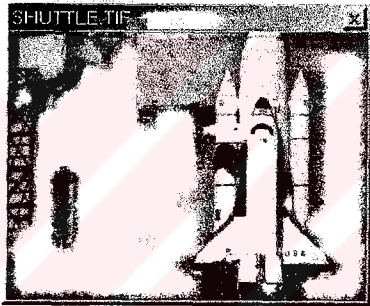
24 bit



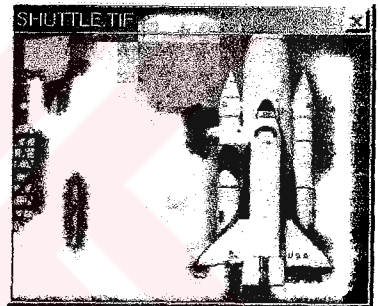
16 bit



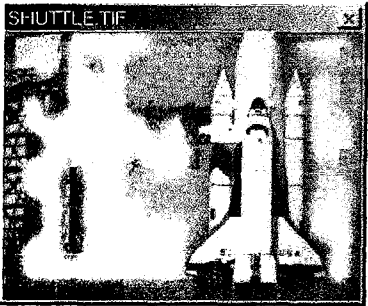
8 bit



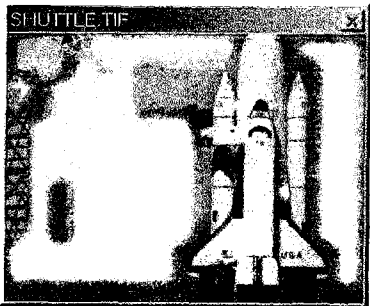
7 bit



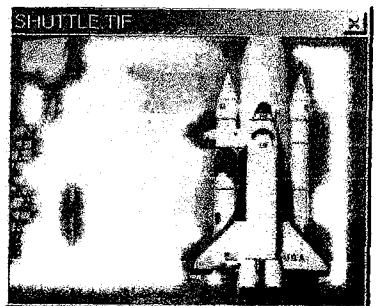
6 bit



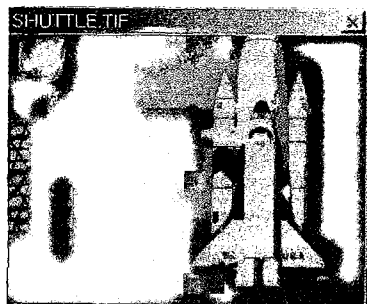
5 bit



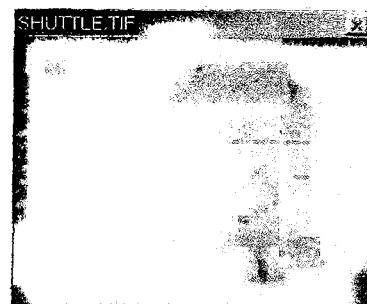
4 bit



3 bit



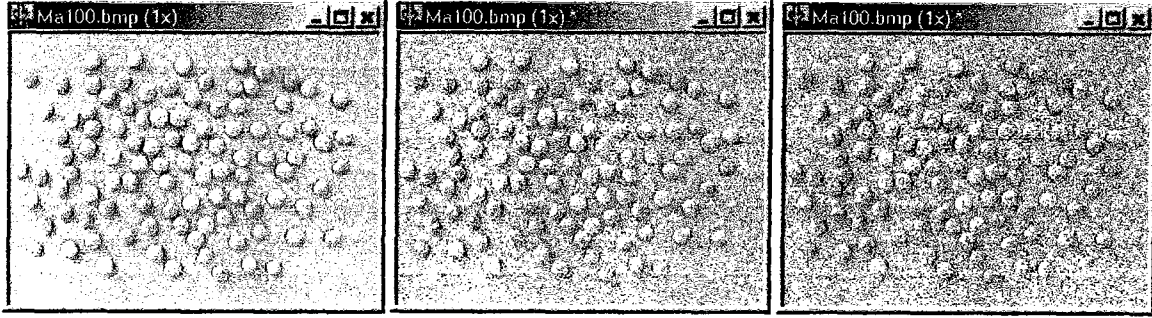
2 bit



1 bit

EK-4

ÇEŞİTLİ FİLTRELEME UYGULAMALARI

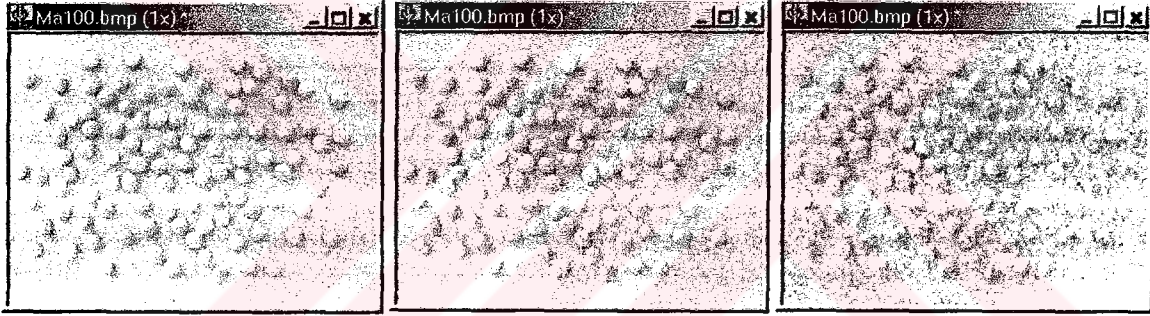


(a)

(b)

(c)

Şekil E.4.1. (a) Orijinal görüntü (b) %10 kirlilik eklenmiş hali (c) %20 kirlilik eklenmiş hali

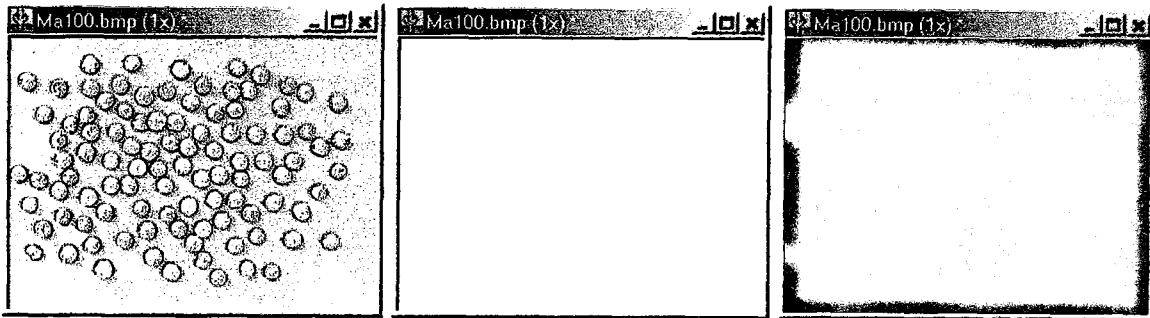


(d)

(e)

(f)

Şekil E.4.2. (d) Orijinal görüntü ye uygulanmış medyan filtreleme (e) %10 kirlili görüntüye uygulanmış medyan filtreleme (f) %20 kirlili görüntüye uygulanmış medyan filtreleme



(g)

(h)

(i)

Şekil E.4.3. (g) High Pass filtreleme (h) Low Pass filtreleme (i) Gradyan filtreleme

EK-5**ANKARA HIZLI RAYLI TOPLU TAŞIM SİSTEMİ**

Ankara Hızlı Raylı Toplu Taşım Sistemi (ARTS), her yolcu istasyonunu görsel denetiminin, merkezi ve kısmen yerel olarak yapılanmasını sağlama üzere, Kapalı Devre Televizyon (CCTV) sistemi ile donatılmıştır.

ARTS'nin 1. aşaması, yaklaşık 14.6 km uzunluğundaki, iki hat üzerinde bulunan 12 yolcu istasyonundan oluşur. Her istasyon, yerel ve uzaktan video (görüntü) sinyali seçimine imkan verecek bir CCTV sistemi ile donatılmıştır.

Video sinyali seçiminin uzaktan kumanda edilmesi, ARTS İşletme ve Bakım Merkezinde (OMC) bulunan CCTV Merkezi kontrol birimi kullanılarak gerçekleştirilir.

CCTV sistemi ekipmanı, aşağıdaki şekilde monte edilmiştir:

- Her istasyona uzak CCTV ekipmanı
- OMC'ye merkezi CCTV ekipmanı

E.5.1. Uzak CCTV Ekipmanı

- 1) Kamera Güç Kaynakları
- 2) İstasyon Kameraları
- 3) Platform Kameraları
- 4) Ekran Bölücüler
- 5) Video Dağıtım Birimleri
- 6) Resim Seçici
- 7) Fiber Optik Video Vericisi
- 8) Platform Monitörü

E.5.2. Merkezi CCTV Ekipmanı

- 1) Fiber Optik Video Alıcıları
- 2) Video Bağlantı Panosu
- 3) İstasyon Monitörü
- 4) Merkezi Kontrol Birimi
- 5) Sinyal Dağıtım Birimi
- 6) Özel Puşbuton Panosu
- 7) Alarm Arabirimi
- 8) Video Kayıt Cihazı(VCR)
- 9) Playbek Monitörü

E.5.3. Merkezi Kontrol Birimi

Model TC8601X Kontrol Birimi, CCTV sisteminin hemen hemen tüm işlevlerini kontrol eder. TC8601X'in çalışması, BURLE ALLEGIANT Ana Kontrol Yazılımı kullanılarak amaca uygun hale getirilmiştir. Tüm özel program kalıcı bir bellek biriminde depolanmıştır ve sistem her açıldığında bu program uygun olarak kurulur ve düzenlenir.

İşletim programına ek olarak, Kumanda Konsolu Arabirimi ve *açılış ekranı* seçeneği kullanılarak bir başlangıç ve reset alt programı yerleştirilmiştir. Bu alt program, her istasyonun resim seçicisine, birinci kamera girişlerini aynı anda seçip sıralamalarını başlatacak bir komut gönderir. Bu işlev bir kısmi-senkron resim seçme işlemi sağlar, yani tüm istasyon monitörleri yeni bir kamera görüntüsüne aynı anda geçerler.

Ana kumanda yazılımı, kapalı devre televizyon sistemlerini yönetenlerin, kişisel bilgisayarlar konusuna aşina olmalarını sağlar. Ana kumanda yazılımı,

herhangi bir IBM veya MS-DOS uyumlu bilgisayarlarda çalıştırılarak, Alligiant sisteminin tüm karmaşık yapısının, hızlı ve kolay bir şekilde düzenlenmesini, izlenmesini ve kumanda edilmesini sağlayan bir arabirim sağlar.

E.5.4. Platform Kameraları

Platform kameraları, platformların her iki ucuna yerleştirilmiş olup, 75 mm oto-iris merceklerle donatılmıştır. Bu kameraların her biri, 24 volt AC akım ile çalışan, ½" CCD özellikli, yüksek performanslı, katı hal kameralardır. Her kameranın görüş alanı, platformun %50'si kadardır ve platformun ortalarından diğer ucuna kadar uzanır (yaklaşık 250 ila 500m). Platformun tamamını kaplamak için iki kamera kullanılır ve bunların görüntüleri bölünmüş bir ekranda görüntülenmek üzere ekran bölücü birimde yatay veya dikey olarak ikiye bölünür. İkiye bölünmüş görüntüler yine bu bölümde istenirde birleştirilip tek görüntü haline dönüştürülebilir.

Kullanılan Telefoto mercekler, cisimler arasındaki mesafeyi olduğundan kısa gösteren bir sıkıştırma etkisi meydana getirir. Bu sıkıştırmanın Görüntü İşleme açısından en önemli faydası yolcuların boyutlarının, kameraya olan uzaklıklarına oranla çok az değişmesidir.

Bunun yanı sıra istasyon kameraları da, yolcu istasyonlarındaki tüm yürüyen merdivenler ve ücret toplama alanları gibi stratejik bölgeleri tarayabilecek şekilde yerleştirilmişlerdir.

Ekran Bölücüler, iki platform kamerasının görüntülerini bir bölünmüş ekran görüntüsü haline getiren sistemlerdir. Bu birim yardımcı kameranın analog video sinyallerini, ana kameranın analog video sinyalleri üzerine

bindirdiğinden, video sinyallerinin senkronize olması gerekir. Bu da ana kameranın kompozit video sinyalinin yardımcı kameranın senkronizasyon konektörüne verilmesiyle sağlanır. Ekran bölücüye bağlanan ana kamera 1 no.'lu kamera, yardımcı kamera ise 2 no.'lu kamera olarak anılır.

Kızılay istasyonu hariç her istasyonda 2 adet Ekran Bölücü ve karşılıklı olmak üzere 4 adet Platform Kamerası bulunur.

Kızılay istasyonunda ise her tren için iki platform bulunduğu için, 4 adet Ekran Bölücü ve 8 adet Platform Kamerası bulunur.

Şimdi Ankara Hızlı Raylı Sistemi karakterize eden bazı önemli terimlerin anlamları anlatılacaktır.

E.5.5. ARTS'de Kullanılan Bazı Terimler

Headway: Tahsis yolunun üzerindeki herhangi bir noktada, bir tren geçtiği zaman çalıştırılan bir kronometrenin, aynı noktadan ikinci bir tren geçtiği anda durdurulması suretiyle ölçülen süredir.

Peak Time: İstasyonlarda bekleyen yolcu yoğunluğunun en yüksek değerler de olduğu zamanlara peak time denir.

Schedule: Trenlerin kalkış-varış zamanları, hangi sürede hangi istasyonlarda olacağı, sefer aralıkları, hatta bulundurulacak tren sayıları, ve servis sayısı gibi rutin bilgilerin bulunduğu cetvellerdir.

Hafta içi, Cumartesi ve Pazar olmak üzere üç farklı program kullanılmaktadır. Bunlara ilişkin örnekler bu kısmın sonunda sunulmuştur.

Ankara hızlı raylı sistem de 12 adet istasyon, gidiş ve geliş olmak üzere iki hatta yayılmış toplam 25 adet platform bulunur (kızılayda 3 adet platform

mevcuttur). Bu istasyonlara ait sıralama ve gösterimler Şekil E.5.1’de verilmiştir.

Servis Düzeyi (Level of Service) : Servisteki tren sayısı

Güzergah : Bir programa bağımlı olmayan bir rota ve bana ilave olarak istasyon duruş noktaları ve istasyonda bekleme süreleri bütünü

Servis Dışı : Sefer ve güzergah tayini yapılmamış tren

Sistem Yönetim Merkezi (System Manegement Center SMC) : SMC, programları denetleyen ve tüm sistemin durumunu görüntüleyen merkezi tren kumanda sistemidir.

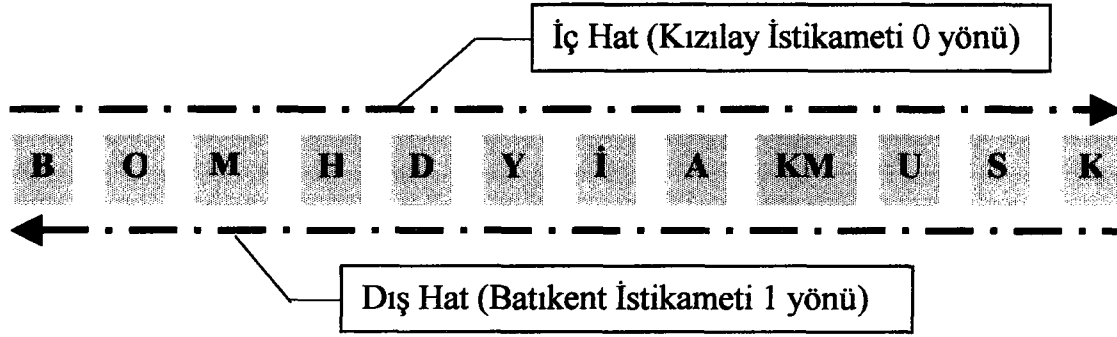
Sapma : Trenin programa uyma durumunu belirten değer.Bu değer, trenin programlı varış zamanıyla gerçek varışı arasındaki fark olarak hesaplanır. Rötarlı trenin sapması (+), erken trenin sapması (-) ve programa uyan trenin sapması ise (0) dır.

Araç Kumanda Merkezi (VCC) : VCC, kendi kumanda alanı dahilindeki araç hareketlerine ve makas ayarlarına kumanda edebilme özelliği sayesinde sistemin emniyetinden sorumlu olan, merkezi tren kumandası sistemidir. VCC, OMC’de bulunur.

Araç İçi Kontrol Birimi (VOBC) : VOBC, her bir üçlünün ortasındaki araçta (treylar aracında) bulunan ve VCC’den gelen komutları yorumlayıp, bu komutlara göre araç hareketini kontrol eden ve araç durumunu VCC’ye bildiren, mikroişlemci esaslı bir birimdir.

Time Out : VCC’nin trenlerdeki hiçbir VOBC ile iletişim kuramadığı durumdur.

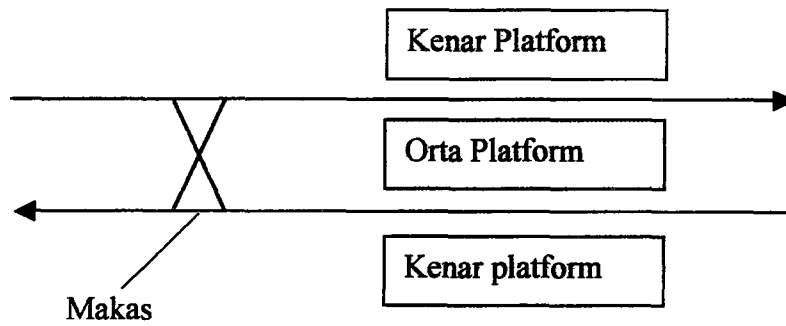
Batıkent	Ostim	Macunköy	Hastane	Demetevler	Yenimahalle
İvedik	Akköprü	Kültür Merkezi	Ulus	Sıhhiye	Kızılay



Şekil E.5.1. Metro istasyonları ve hatlara göre sıralanışı

Batıkent ve Kızılay arasındaki tüm istasyonlarda gidiş ve geliş platformu olmak üzere iki platform bulunur.

Fakat kızılayda ankaray bağlantısından dolayı dört adet platform bulunur. Kızılay istasyonuna ait temsili resim şekil E.5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Kızılay istasyonuna ait platformlar

Kızılay’da 8 kamera ve bu kameralara ait 4 ayrı görüntü, diğer istasyonlarda 4 kamera ve bu kameralara ait 2 ayrı görüntü mevcuttur. Bu iki ayrı görüntüden biri, Batıkent → Kızılay istikametini, diğeri de Kızılay → Batıkent istikametini göstermektedir. Görüntü alınan kameranın hangi istasyona ve

hangi yöne ait olduğuna dair bilgiler elde edilen görüntüler üzerinde çeşitli kodlarla gösterilmiştir.

Platformları gösteren kamera sayısı 26, döner merdivenler, güvenlik kapıları, bilet gişeleri gibi stratejik noktalara yerleştirilmiş kameralarla birlikte toplam kamera sayısı 90 dır.

E.5.6. Tren Hareket Zamanları

Trenlerin Batıkent ve Kızılay haricindeki istasyonlarda maksimum bekleme süresi 10 sn, minimum bekleme süresi 1 sn ve nominal (ortalama) bekleme süresi 12 sn olarak belirlenmiştir. Batıkent ve Kızılay istasyonlarındaki bekleme süreleri bu sınırların üstüne çıkabilir. Fakat bekleme süreleri toplam servis süresini etkilemeyecek şekilde ayarlanmaktadır. Bunlara ilişkin pratik bilgiler eklerde sunulan schedule'lardan da anlaşılabilir.

Tablo E.5.1'de trenlere ait hafta içi günlük hareket programı verilmiştir.

Saatler	Hatta Bulunan Tren Sayısı	Sefer Aralığı (SA) [saniye]
06 ⁰⁰ -07 ⁰⁰	6	480
07 ⁰⁰ -09 ⁰⁰	14	190
09 ⁰⁰ -17 ⁰⁰	7	480
17 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	10	480

Tablo E.5.1. Hafta içi tren zaman durumu tablosu

Trenlerin belirtilen bu zamanlara uyum kontrolü SMC denilen makine kontrol üniteleri ile gerçekleştirilmektedir. Bu ünitelere trenlerin her hangi bir zamanda bulundukları pozisyonlar loop adı verilen sinyal aktarma kabloları ile

ulaştırılmakta ve ulaşan bu sinyallere göre sürekli pozisyon kontrolü yapılmaktadır.

Eğer tren hareketleri daha önce açıklanan bu sınırlar dışına çıkmış ise tehlikeli bölgeye ulaşmadan dışarıdan sisteme operatörler tarafından manuel olarak müdahale edilir.

Ek-6’da yukarıda bahsedilen bu 12 istasyona ait görüntüler verilmiştir.





Ulus



Yenimahalle



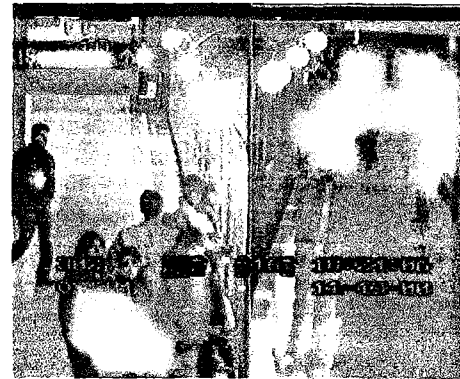
Sıhhiye



Macunköy



Akköprü



Ostim

ÖZGEÇMİŞ

Kemal YAMAN 1973 yılında Ankara’da doğdu.

İlk, orta ve lise tahsilini Ankara’da tamamladıktan sonra 1993 yılında Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü’ne girdi. 1997 yılında bölümden birincilikle mezun oldu. Aynı yıl kısa bir süre piyasada imalat konusunda çalıştı. Ekim 1997 tarihinde açılan sınavı kazanarak mezun olduğu bölümün Makine Teorisi ve Dinamiği Ana Bilim Alanında Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Halen görevine devam etmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.