

**DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İŞIĞIN KIRILMA KANUNU TABANLI GÖRÜNTÜ
İŞLEME**

TUBA KARAGÜL

ELEKTRİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

**HAZİRAN 2010
DÜZCE**



**DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**IŞIĞIN KIRILMA KANUNU TABANLI GÖRÜNTÜ
İŞLEME**

Tuba KARAGÜL

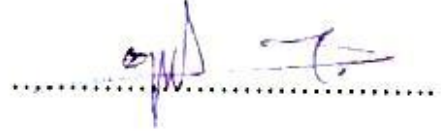
ELEKTRİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

**HAZİRAN 2010
DÜZCE**

TUBA KARAGÜL tarafından hazırlanan IŞIĞIN KIRILMA KANUNU TABANLI GÖRÜNTÜ İŞLEME adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd Doç Dr, Uğur Güvenç

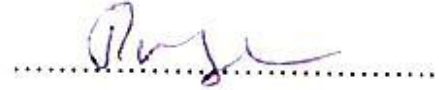
Tez Danışmanı, Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Elektrik Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd Doç Dr, Pakize Erdoğan

(Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı, Düzce Üniversitesi)



Yrd Doç Dr, Uğur Güvenç

(Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı, Düzce Üniversitesi)



Yrd Doç Dr, Devrim Akgün

(Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı, Düzce Üniversitesi)



Tarih: 21.../06.../2010

Bu tez ile Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Refik KARAGÜL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Tuba Karagül

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında büyük emekleri bulunan değerli hocam Sayın Yrd. Doç.Dr. Uğur GÜVENÇ'e ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Recep DEMİRCİ'ye teşekkürlerimi sunarım. Hayatım boyunca her ihtiyacım olduğunda yanımda bulduğum, maddi ve manevi desteklerinden her zaman güç aldığım sevgili aileme sonsuz teşekkürler.

Haziran 2010

Tuba KARAGÜL

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
SEMBOL LİSTESİ.....	vi
ÖZ	vii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR	4
2.1 GÖRÜNTÜ İŞLEME.....	4
2.2. SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME	4
2.3. SAYISAL GÖRÜNTÜ	6
2.3.1 Sayısal Görüntü Nasıl Elde Edilir	7
2.3.2 Sayısal Görüntü İşlemenin Kullanıldığı Alanlar.....	10
2.4. SAYISAL GÖRÜNTÜNÜN TEMELLERİ	11
2.4.1. Sayısal Görüntülerin Gösterimi.....	13
2.4.2. Gri Seviyeli Çözünürlük.....	17
2.4.3. Piksel Komşuluğu.....	21
2.4.4 Görüntü Zenginleştirme	24
2.5 KENAR BELİRLEME	25
2.6 BÖLÜTLEME	31
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	35
3.1. IŞIĞIN KIRILMA KANUNU TABANLI GÖRÜNTÜ İŞLEME.....	36
3.2 IŞIĞIN KIRILMASI.....	36
3.3 BENZERLİK KAVRAMI VE ÖLÇÜMÜ	38
3.4 BENZERLİK İLİŞKİ MATRİSİ OLUŞTURMA VE KENAR BELİRLEME	42
3.5 OTOMATİK BÖLÜTLEME YÖNTEMİ.....	44

4. BULGULAR.....	48
4.1. GÖRÜNTÜLERDE IŞIĞIN KIRILMA KANUNU TABANLI KENAR HARİTASI ÇIKARIMI.....	50
4.2. IŞIĞIN KIRILMA KANUNU TABANLI GÖRÜNTÜ BÖLÜTLEME	53
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	59
KAYNAKLAR.....	61
ÖZGEÇMİŞ.....	64

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: Sayısal Bir Görüntünün Üretilmesi	8
Şekil 2.2	: Örnekleme ve Kuantalama	9
Şekil 2.3	: Görüntü işlemlerinin çeşitli tipleri	12
Şekil 2.4	: Sayısal görüntülerin koordinat düzleminde gösterimi	14
Şekil 2.5	: 8 bitlik 1024x1024 piksel bir görüntünün 32x32 piksele kadar alt örnekleme yapılması	18
Şekil 2.6	: Çözünürlük	19
Şekil 2.7	: Gri Seviye Çözünürlük	20
Şekil 2.8	: P pikseli ve P'nin 3x3 komşuluğu	22
Şekil 2.9	: P pikselinin ve komşularının koordinat düzlemindeki gösterimi	22
Şekil 2.10	: Bağlanabilirlik	23
Şekil 2.11	: Çeşitli Kenar Fonksiyonları	26
Şekil 2.12	: Bazı Yönsüz Kenar Operatörleri	28
Şekil 2.13	: Laplasyan kenar maskeleri	29
Şekil 3.1	: Işığın kırılması	38
Şekil 3.2	: İki komşu pikselin gri düzeyleri	39
Şekil 3.3	: Işığın saydam levhadan geçişi için tasarlanan durum	40
Şekil 3.4	: Bir görüntüdeki komşu pikseller	42
Şekil 3.5	: Benzerlik ağı	43
Şekil 3.6	: Görüntüdeki piksellerin uzaysal gösterimi	45
Şekil 3.7	: Benzerlik oranının hesaplanması için görüntü üzerinde gezdirilen maske	46
Şekil 3.8	: Önerilen sistem	46
Şekil 4.1	: Kullanıcı Arayüzü	48
Şekil 4.2	: Kenar Belirleme Kullanıcı Arayüzü	49
Şekil 4.3	: Bölütleme Kullanıcı Arayüzü	49
Şekil 4.4	: Orijinal görüntüler	50
Şekil 4.5	: "Lena" görüntüsünün kenar haritaları	51
Şekil 4.6	: "House" görüntüsünün kenar haritaları	52
Şekil 4.7	: "Lena" görüntüsünün bölütlenmesi	53
Şekil 4.8	: "Cameraman" görüntüsünün bölütlenmesi	54
Şekil 4.9	: Bir beyin MR görüntüsü	56
Şekil 4.10	: Bir diz MR görüntüsü	57

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2. 1 : Çeşitli n ve k değerlerine sahip olan görüntüleri depolamak için gereken bit sayıları	16
---	-----------

SEMBOL LİSTESİ

I	: Işın Yoğunluğu
μm	: Işığın Dalga Boyu (10^{-6} Metre)
l	: Piksellerin Gri Seviyesi Sayısı
k	: Kuvvet
b	: Sayısal Görüntüyü Kaydetmek İçin Gereken Bit Sayısı
m	: Sayısal Görüntüde Bulunan Satır Sayısı
n	: Sayısal Görüntüde Bulunan Sütun Sayısı
v	: Işığın Bir Ortamdaki Hızı
c	: Elektromagnetik Dalga Yayılma Hızı (Işık Hızı)
n	: Kırılma İndisi
d	: Saydam Kare Levhanın Bir Kenar Uzunluğu
$\nabla f(x,y)$: İki Boyutlu $f(x,y)$ Görüntüsünün Gradyanı
$\delta f(x,y)$: İki Boyutlu $f(x,y)$ Görüntüsünün Birinci Türevi
δx	: $f(x,y)$ Görüntüsündeki x Değerinin Birinci Türevi
δy	: $f(x,y)$ Görüntüsündeki y Değerinin Birinci Türevi
θ	: Gri Seviyesinin Değişim Açısı
x_k	: Paralel Kayma Miktarı
S	: İki Piksel Araasındaki Benzerlik Değeri
g	: Işığın Ortama Giriş Açısı
k	: Işığın Ortamdaki Kırılma Açısı
P	: P Pikselinin Gri Düzey Renk Değeri
$S_{m,n}$: Benzerlik İlişki Matrisi
S_k	: Bir k Pikseli İçin Hesaplanan Benzerlik Değeri
k	: İlgilenilen Pikselin Sayısı
n	: Komşu Pikselin Sayısı
MR	: Magnetic Resonance
LoG	: Laplacian of Gaussian
FCM	: Fuzzy C Means
RGB	: Red Blue Green / Kırmızı Mavi Yeşil

**IŞIĞIN KIRILMA KANUNU TABANLI GÖRÜNTÜ İŞLEME
(Yüksek Lisans Tezi)**

Tuba Karagöl

**DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Haziran 2010

ÖZ

Görüntü işleme konusu, önemi ve uygulama alanı oldukça hızlı gelişen bir konu haline gelmiştir. Tıp, güvenlik, endüstri, yeryüzü bilimleri, tarih, sanat ve diğer birçok alanda görüntü işleme uygulamaları karşımıza çıkmaktadır. Bu tez çalışmasında görüntü işleme konusuna yeni bir bakış açısı getirilerek, ışığın kırılma kanunu tabanlı yeni bir algoritma geliştirilmiştir. Gerçekleştirilen yeni algoritma temelde piksellerin birbirleriyle olan benzerlik değerlerini bulmaya yöneliktir. Benzerlik oranı hesaplanırken fiziksel bir olay olan ışığın kırılmasından faydalanılmıştır. Işık saydam bir levhaya gelip, kırıldıktan sonra, ortama girdiği doğrultuda ortamdan çıkar. Bununla birlikte, ışığın geliş ve kırılma açısının farklı ortamlarda farklı değerlerde olması sonucunda, çıkışta paralel bir kayma meydana gelir. Bu kayma miktarı benzerlik ölçümünde kullanılmıştır. Kenar belirleme işlemi yapılırken görüntüdeki her bir piksel için benzerlik ilişki matrisi oluşturulur ve bu matristeki en büyük değer seçilerek görüntüde yerine yerleştirilir. Böylece görüntünün kenar haritası elde edilmiş olur. Bölütleme işleminde de aynı şekilde pikseller arasındaki benzerlik değerleri bulunarak her bir piksel için belirlenen bir eşik değeri ile karşılaştırılır. Bu karşılaştırma sonucunda ilgili piksel etiketlenir ve

benzerlerinin bulunduğu bir bölgeye dahil edilir. Burada dikkat edilmesi gereken husus bir bölgeye dahil edilen pikselin pozitif bir etiket alması ve aynı pikselin başka bir bölgeye daha dahil edilmemesidir. Üzerinde hiç işlem yapılmamış olan bir pikselin etiket değeri negatiftir.

Bu tezde önerilen yöntem karmaşık hesaplar içermemesi bakımından avantajlıdır. Yöntem literatürde bilinen bazı görüntüler üzerinde test edilmiştir. Alınan sonuçlar yöntemin tatmin edici olduğunu göstermektedir. Önerilen bu yöntem, bundan sonra yapılacak görüntü filtreleme çalışmalarında kullanılabilir.

Bilim Kodu :
Anahtar Kelimeler : Görüntü işleme, ışığın kırılması, kenar belirleme, bölütleme
Sayfa Adedi : 77
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Uğur GÜVENÇ

**LIGHT REFRACTION LAW BASED IMAGE PROCESSING
(M.Sc. Thesis)**

Tuba Karagül

**DUZCE UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

June 2010

ABSTRACT

The subject “image processing” has become such a subject that has a growing importance and application area nowadays. Today we encounter with the applications of image processing in many fields like medicine, security, industry, earth sciences, history, art and so on. In this study a new approach for image processing has been developed. The new approach is based on the law of light refraction. The improved algorithm basically focuses to find the similarity relation values of pixels. In the calculation of similarity ratios of each pixel, the light refraction has emerged which is a physical event. After the light has been refracted in a transparent sheet, it gets through from the entrance direction. However as a result of the difference between incident angle and refraction angle of light, there exists a parallel shift. This shift amount has been used for measuring similarity between pixels. While edge detection is being done, a similarity relation matrix is set for each pixel in the image and the biggest similarity value in this matrix is chosen and is located in the image. Hence the edge map of the image is obtained. Also in the segmentation operation the similarity values of each pixel is found and

compared with the determined threshold value. As a result of this comparison, the current pixel is labeled and it is included in a region consisting similar pixels. The key point here is a pixel included by a region must take a positive label value and cannot be included in any other region. The label value of an unprocessed pixel must be negative.

The method used in this thesis is advantageous in terms of having not complex calculations. The proposed method has been tested on the standard images. Satisfactory results have been attained by using this method. This method can be used in the further studies about image filtering.

Science Code :

Key Words : Image processing, light refraction, edge detection, segmentation

Page Number: 77

Adviser : Asist. Prof. Dr. Uğur GÜVENÇ

1. GİRİŞ

İnsanoğlu doğduğu andan itibaren dđnyayı, etrafındaki nesnelere algılamaya başlar. Gđrme en gelişmiş duyumuzdur ve algılama sistemimizin en temel bileşenidir. John Berger (2009) Gđrme Biçimleri isimli eserinde ‘‘Gđrme konuşmadan önce gelmiştir. ocuk konuşmaya başlamadan önce bakıp tanımayı öğrenir.’’ der. Gerçekten de çoğu zaman onlarca kelimeyle anlatamayacağımız birçok Őeyi bir gđrnt ile kolayca ifade edebiliyoruz. Bu da bize gđrme duyusunun insanların çevrelerini algılamaları ve karşılaştıkları birçok durumu yorumlamaları için oldukça önemli olduğunu gđsteriyor.

İlerleyen bilimsel çalışmalar ve gelişen teknoloji sayesinde gđrme işlemi sadece canlı varlıklara özgü bir duyu olmaktan çıkmış, makine gđrř veya bilgisayar gđrmesi Şeklinde tabir edilen kavramlar ortaya çıkmıştır. Bu kavramların yaygınlaşmasıyla birlikte gđrntlerin makinelerin anlayacağı formata dđnřtrlmesine ve bu gđrntlerin işlenmesine, analiz edilmesine duyulan ihtiyaç da artmıştır. Farklı bilgisayar gđrme sistemleri mevcut olmakla birlikte yaygın olarak kullanılan birak yöntem bulunmaktadır. Temel olarak; bir ölçüm ya da kayıt sonucunda elde edilen gđrntlerin, bilgisayarların anlayabileceği sayısal bir formata dđnřtrlmeleri gerekmektedir. Bu adımdan sonra gđrntye uygulanan çeşitli algoritma ve yazılımlar sayesinde gđrnt amaca uygun bazı işlemlere tabi tutulur ve istenen sonuçlar elde edilmeye çalışılır.

Esasında, gđrnt işleme yaşamın olduğu her yerde sürekli gerçekleşmekte olan bir olaydır. İnsanlar ve hayvanlar, gözleri ve beyinleri ile analog temele dayanan gđrnt işlemeyi sürekli olarak yapmakta, çevrelerini bu Şekilde algılamaktadırlar. Gđrnt işlemeyi basitçe tanımlamak gerekirse, ölçülmüş ya da kaydedilmiş herhangi bir gđrnty sayısal hale getirerek, gđrnt üzerinde çeşitli bilgisayar algoritmaları ve yazılımları ile işlemler yapmaktır denilebilir. Canlılar, gözleri ile gđrdkleri gđrntleri aynı anda beyinleriyle işleyerek yorumlayabilmektedirler. Fakat gđrntler doğal oluşma biçiminde bilgisayar analizi için uygun değillerdir. Dolayısıyla bilgisayarlar ile

bir görüntü üzerinde herhangi bir işlem yapabilmek için görüntünün mutlaka bilgisayarın anlayabileceği formatta yani sayısal formatta olması gerekmektedir. Görüntü işleme tekniklerinin birçoğu görüntünün iki boyutlu bir sinyal olarak kabul edilerek bu sinyale çeşitli bilgisayar algoritmaları ve yazılım teknikleri uygulanması yöntemini kullanmaktadırlar.

Teknolojik gelişmelerin oldukça hızlı olduğu günümüzde görüntü işlemenin kullanılmadığı bir alan neredeyse yoktur. Günlük hayatımızı etkileyen ve bizi yakından ilgilendiren birçok konuda görüntü işleme tekniklerinden sıkça faydalanılmaktadır. Tıp ve biyoloji alanlarında biyomedikal görüntü işleme oldukça popüler bir konu haline gelmiştir. Güvenlik konusunda da gelişen teknolojiyle birlikte alışveriş merkezleri, şirketler, siteler ve çoğu park yeri plaka tanıma gibi güvenlik sistemlerini yaygın bir şekilde kullanmaktadırlar. Ayrıca yüz tanıma, retina tanıma gibi kişisel ve kurumsal güvenlik konusunda da görüntü işleme karşımıza çıkmaktadır. Coğrafi bilimler, tarihi bilimler, iletişim, uzay bilimleri, tüketici elektroniği, savunma sanayi, endüstriyel uygulamalar (süreç, ürün denetimi, üretim vs), gazetecilik, grafik tasarım gibi alanlar da görüntü işlemenin oldukça önemli rol oynadığı diğer alanlardır. Bu kadar geniş ve çeşitli uygulama alanlarına sahip olması nedeniyle görüntü işleme son yılların en gözde araştırma konularından biri haline gelmiştir.

Bu çalışmada, görüntü işleme ve özellikle görüntü işlemenin en temel konularından birisi olan gri düzey görüntülerin kenar haritalarının çıkarımı ve bölütlenmesi için fiziksel bir olay olan ışığın kırılmasından faydalanılmıştır. Işığın saydam bir levhadan geçip kırıldıktan sonra tekrar kendi ortamına dönmesi olayında, geldiği ışık yönünde paralel bir kayma meydana gelir. Bu kayma miktarı ortamların kırılma indislerine bağlıdır ve bize iki piksel arasındaki benzerlik değerini vermektedir.

İşlenecek olan her bir piksel için, oluşturulan benzerlik ilişki matrisinden elde edilen değerlerin arasından seçilen maksimum benzerlik değeri ise bu pikselin görüntünün benzerlik haritasındaki değerini vermektedir. Bir görüntüdeki her pikselin benzerlik değeri bulunarak görüntünün kenar haritası çıkarılır. (Güvenç ve Karagül, 2009) Bu yöntem ile görüntüdeki kenarlar başarılı bir şekilde elde edilmektedir.

Bölütleme işlemi için de yine ışığın kırılma kanununa bağlı olarak geliştirilen yöntem kullanılarak, her bir piksel için, komşularıyla olan benzerlik oranları hesaplanır. Benzerlik oranlarının minimum değeri bize görüntünün benzerlik haritasını vermektedir. Benzerlik haritasına ve belirlenen eşik değerine bakarak her piksel bir bölgeye dahil edilmektedir.

Tasarlanan yöntem literatürde en çok kullanılan test görüntülerine uygulandığında tatmin edici sonuçlar vermekte, dolayısıyla elde edilen sonuçlar kullanılan yöntemin diğer uygulamalar için de kullanılabilir olduğunu göstermektedir.(Güvenç ve diğerleri, 2010) Yöntem kenar belirleme ve bölütleme işlemlerinde başarıyla uygulanmış, bundan sonra da kenar haritasına bağlı görüntü filtreleme algoritmalarında uygulanacaktır. Ayrıca, bu yaklaşımın yapay zeka tabanlı yöntemlere entegre edilerek de başarılı sonuçlar alınabileceği tahmin edilmektedir.

Tezin birinci bölümünde görüntü işleme konusu ile ilgili genel bilgiler verilmiş, tezin amaç ve kapsamına değinilmiş ve yönteminden kısaca bahsedilmiştir. İkinci bölümünde sayısal görüntülerin yapısı, özellikleri, görüntüyü oluşturan birimler, görüntü işlemenin kullanım alanları ve görüntü işlemenin sınıflandırılması, kenar belirleme, görüntü bölütleme gibi temel tanımlar konunun daha iyi kavranabilmesi için detaylarıyla anlatılmıştır. Ayrıca görüntü işleme konusunda bugüne kadar yapılmış olan çalışmalardan bahsedilmiştir. Üçüncü bölümünde tez çalışması süresince bahsedilen konularla ilgili yapılan araştırmalar sonucu ortaya çıkan yeni yaklaşımlar hakkında bilgi verilmiştir. Işığın kırılma kanunu tabanlı yeni yöntem hem kenar belirleme hem de bölütleme işlemleri için detaylı olarak anlatılmıştır. Dördüncü bölümünde tez çalışmasında geliştirilen algoritma sonucunda elde edilen sonuçlar ve bulgular gösterilmiştir. Beşinci bölümünde bu çalışmada elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır. Çalışmanın ileride geliştirilebilecek kısımları ve ne gibi yeni çalışmalar yapılabilmesi hakkında önerilerde bulunulmuştur.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. GÖRÜNTÜ İŞLEME

Görüntü işleme konusu son yıllarda teknolojinin de hızla gelişmesiyle birlikte en gözde araştırma alanlarından biri haline gelmiştir. Teknolojinin ilerlemesiyle güçlenen bilgisayar donanımları ve yazılımları sayesinde görüntü işleme ile ilgili yapılan çalışmalar artmış ve uygulamalar geliştirmek kolaylaşmıştır. Tüm bu gelişmeler görüntü işleme konusuna olan ilgiyi artmıştır. Bununla birlikte günlük hayatta hemen her yerde görüntü işleme tekniklerinden sıkça faydalanılmaktadır. Görüntü işleme teknolojisi tıp, astronomi, güvenlik, bilim, endüstri gibi birçok önemli alanda yenilikler ve kolaylıklar sağlamaktadır.

Görüntüler özel karakteristikleri olan sinyallerdir. İlk olarak diğer çoğu sinyal zaman üzerindeki bir parametrenin ölçümü iken görüntüler uzay üzerindeki parametrenin ölçümleridir. İkincisi görüntüler çok miktarda bilgi içerirler ve depolamak için büyük disk alanları gerekir. Üçüncüsü de bir görüntünün en sağlıklı kalite kontrolünün yalnızca insanlar tarafından yapılabilmesi olmasıdır. Tüm bu özel karakteristikler görüntü işleme konusunu sayısal sinyal işleme konusunun farklı bir alt grubu yapmaktadır. (Smith, 1997)

2.2. SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME

Görme duyularımızın en gelişmiş olanıdır dolayısıyla görüntülerin insan algılamasındaki en önemli rolü oynaması şaşırtıcı değildir. İnsanlar elektromanyetik dalga tayfının sadece 0,4µm-0,7µm arasındaki görsel bandını görebilirler. İnsan gözüyle algılanabilen görüntülere örnek olarak ışık yoğunluğunun uzaydaki dağılımları olan optik görüntüler verilebilir. Oysa insanların aksine görüntüleme cihazları görüntüleri

gama ışınlarından radyo dalgalarına kadar neredeyse tüm tayfi kapsayacak şekilde algılayabilirler. Bu cihazlar, insanların görüntülerle ilgili olarak alışık olmadıkları kaynaklar tarafından üretilen görüntüler üzerinde de çalışabilirler. Röntgen, ultrason, elektron mikroskobu veya bilgisayarlar tarafından üretilen görüntüler gibi. (Gonzales ve Woods, 2008) Bunların yanı sıra ısı, basınç, rakım, nüfus yoğunluğu haritaları gibi insan gözüyle görülemeyen fiziksel görüntüler de mevcuttur. Bu nedenle sayısal görüntü işleme geniş ve çeşitli uygulama alanlarını kapsamaktadır.

Görüntü işleme, önceki bölümde, ölçülmüş ya da kaydedilmiş herhangi bir görüntüyü sayısal hale getirerek üzerinde çeşitli bilgisayar yazılımları ile işlemler yapma şeklinde tanımlanmıştı. Halen görüntü işlemenin nerede durduğu ve görüntü analizi ya da bilgisayar görüşü gibi ilgili diğer alanların nerede başladığı hakkında yazarlar arasında tam bir görüş birliği oluşmamıştır. Bazen hem girişi hem de çıkışı görüntü olan işlemlerin görüntü işleme olduğu şeklinde bir tanımlama yapılır. Ancak bu her durumda doğru olmayabilir. Örneğin bir görüntünün ortalama yoğunluğunun hesaplanması, girişte bir görüntü olması ve çıkışta tek bir sayı vermesine rağmen, görüntü işlemede gayet sıradan bir görevdir. Bilgisayar görüşü insan görme duyusunu taklide çalışan bir alandır. Görüntü analizi ise görüntü işleme ile bilgisayar görüşü arasında bir yerdedir. Bir metnin otomatik analizi görüntü işlemeye açıklayıcı bir örnek olarak verilebilir. Metni içeren alanın bir görüntü olarak elde edilmesi, bu görüntünün ön işlemeye tabi tutulması, karakterlerin bölütleme gibi işlemlerle tek tek ayrıştırılması ve son olarak da bu karakterlerin tanınması görüntü işlemenin görevidir. Metnin anlamının çıkarılması ise bu anlamın karmaşıklık derecesine göre görüntü analizi ve bilgisayar görüşü alanlarına girebilir. (Gonzales ve Woods, 2008) Bu kavramlar son yıllarda hem teorik ve hem de pratik olarak önemli ilerlemeler kaydetmiş ve çok çeşitli uygulama alanları bulmuşlardır.

Görüntüleri işlemek için temelde güçlü bir bilgisayar yeterli olmaktadır. Fakat öncelikle görüntüleri elde etmek ve elde edilen görüntüleri bilgisayar yazılımları ile işlenebilecek sayısal formata dönüştürmek gerekmektedir. Görüntülerin elde edilmesi bir ölçüm sonucu ya da görüntünün kaydedilmesi yoluyla olabilir. Bunun için öncelikle görüntüsünü elde edeceğimiz nesnenin yaydığı enerjiyi algılayabilecek ve bu bilgiyi kaydedebilecek bir cihaz gerekir. Bu cihaz bir kamera, bir tarayıcı ya da röntgen, MR

(Manyetik Rezonans) gibi çeşitli ölçüm cihazları olabilir. Görüntüler doğal oluşma biçimlerinde, bilgisayar analizi için uygun değildir. Bilindiği gibi bilgisayarlar yalnızca sayısal veriler ile işlem yapabilmektedirler. Bilgisayar ile işlem yapmaya başlamadan önce elde edilen görüntünün sağlıklı bir şekilde işlenebilmesi için mutlaka bilgisayar sistemlerinin işleyebileceği sayısal bir veri haline dönüştürülmesi gerekmektedir. Görüntünün sayısal ortama taşınması işlemi sayısallaştırma olarak adlandırılır. Bir resmin sayısal formata dönüştürülmesi çeşitli şekillerde olanaklıdır. Buna verilebilecek en yaygın örnek, farklı teknikler kullanılarak resmin sayısallaştırıldığı tarayıcılardır. Yine analog/sayısal dönüşümünün kullanılarak resmin sayısal hale dönüştürüldüğü Frame Grabber gibi sistemler, uzaktan algılamada uçak ya da uydulara yerleştirilen çok kanallı tarayıcılar da örnek olarak verilebilir. (Russ, 1999)

2.3. SAYISAL GÖRÜNTÜ

Görüntü gözümüzle algılayabildiğimiz nesnelerin bir sunumudur. Görüntülerin oluşumu temel olarak gözlerimizle görülebilen alandaki elektromanyetik dalgaların algılanması ve beynimizin yardımı ile yorumlanabilir görüntü haline dönüştürülmesi şeklinde olmaktadır. Sayısal görüntü, analog bir görüntünün çeşitli yöntemler ile sayısal hale getirilmiş şeklidir. Sayısal görüntünün oluşumu, nesne tarafından yayılan enerjinin bir algılayıcı cihaz tarafından öngörülen elektromanyetik aralıkta algılanarak sayısal sinyal haline dönüştürülmesi ile mümkündür.

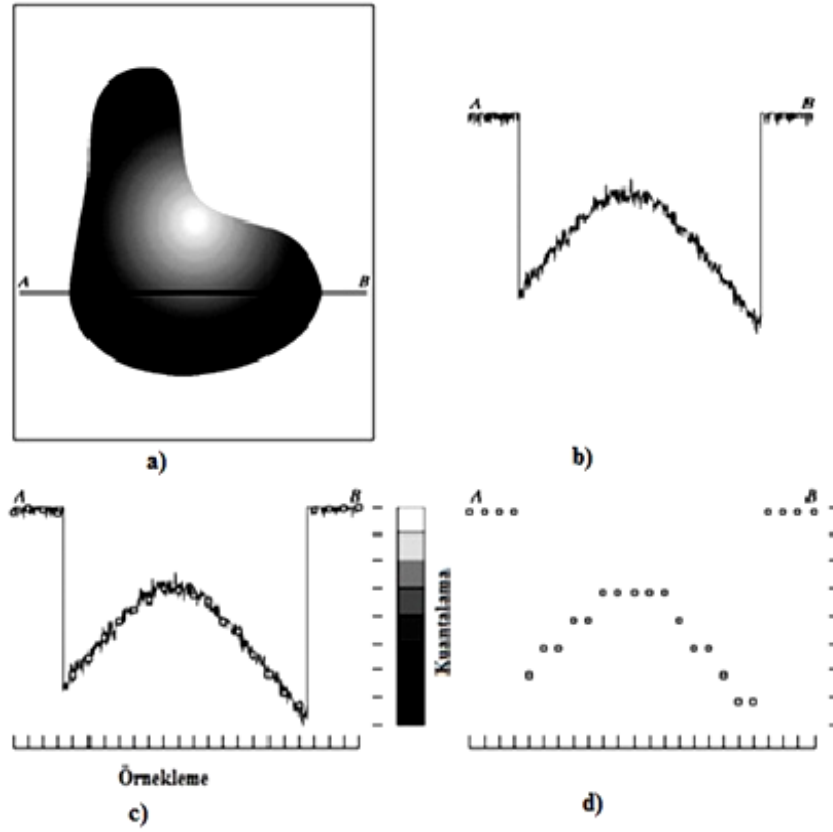
Görüntüyü matematiksel olarak 2 değişkenli bir fonksiyon şeklinde tanımlayabiliriz. $f(x,y)$ şeklindeki bir fonksiyonla ifade edebileceğimiz bir görüntüde; x ve y değişkenleri resmin uzaysal koordinatlarını, f fonksiyonunun herhangi bir (x, y) çiftindeki genliği ise görüntünün o noktadaki yoğunluğunu veya gri seviyesini ifade eder. Fonksiyonda tüm x , y ve f fonksiyon genliği değerleri sonlu ise ve tamsayılardan oluşuyorsa görüntüye sayısal görüntü diyoruz. Sayısal görüntüler sonlu sayıda elemandan oluşur ve sayısal değerlerle gösterilirler. Sayısal görüntüdeki elemanlara piksel (picture element - resim elemanı) diyoruz. Sayısal görüntüdeki her bir pikselin kendisine özel bir yeri ve değeri vardır. Piksel kavramı sayısal bir görüntünün elemanlarını işaret eden en yaygın kullanılan terimdir. (Gonzales ve Woods, 2008)

O halde sayısal bir görüntü için, temel anlamda, piksel ögelerden oluşan elektronik bir görüntüdür diyebiliriz. Her piksel öge, resmin bir kısmını, siyah, beyaz, grinin bir tonu ya da herhangi bir rengi içeren bir renk tonu değeri ile temsil eder. Bir görüntüdeki her bir piksel, üç boyutlu dünyada var olan fiziksel nesnelere bir bölümüne veya tamamına karşılık gelir. Bu fiziksel nesne kendisini aydınlatan ışığın bir kısmını yansıtırken, diğer bir kısmını da absorbe eder. Nesneden yansıyan ışık, bir algılayıcı cihaz kullanılarak nesnenin görüntüsünün oluşturulmasında kullanılır. Kaydedilen yahut ölçülmüş olan bu görüntünün her bir piksel değeri, kullanılan algılayıcıya bağlıdır ve bu, algılayıcının, yansıyan ışığın spektrumuna cevabı olarak yorumlanır.

2.3.1. Sayısal Görüntü Nasıl Elde Edilir

Sayısal görüntüler, ya röntgen, ultrason, elektron mikroskobu vb cihazlarla bir ölçüm yapılarak ya da orijinal belgelerden taranarak veya kamera gibi bazı cihazlarla kaydedilerek elde edilebilmektedirler. Bir ölçüm cihazından veya kameradan gelen bir görüntünün herhangi bir işleme tabi tutulmasından önce, bu görüntünün bilgisayar tarafından anlaşılabilir şekilde sayısallaştırılması gerekmektedir. Sayısal görüntülerin piksellerden oluştuğu daha önce de söylenmişti. Sayısallaştırma işleminde görüntünün her bir piksel değeri bir sayı olarak hafızada depolanacak olan karelere bölünür. Eğer sayısal görüntülerin m adet satır ve n adet sütundan oluştuğu varsayılır ise, her bir satır ve sütunun kesiştiği kare, bir piksel olarak adlandırılmaktadır. Çeşitli tamsayı değerlerinden oluşan sayısal görüntü $f(m,n)$, 2 boyutlu dünyadan elde edilen $f(x,y)$ fonksiyonundan örnekleme ve kuantalama teknikleri kullanılarak oluşturulabilir. (Gonzales ve Woods, 2008)

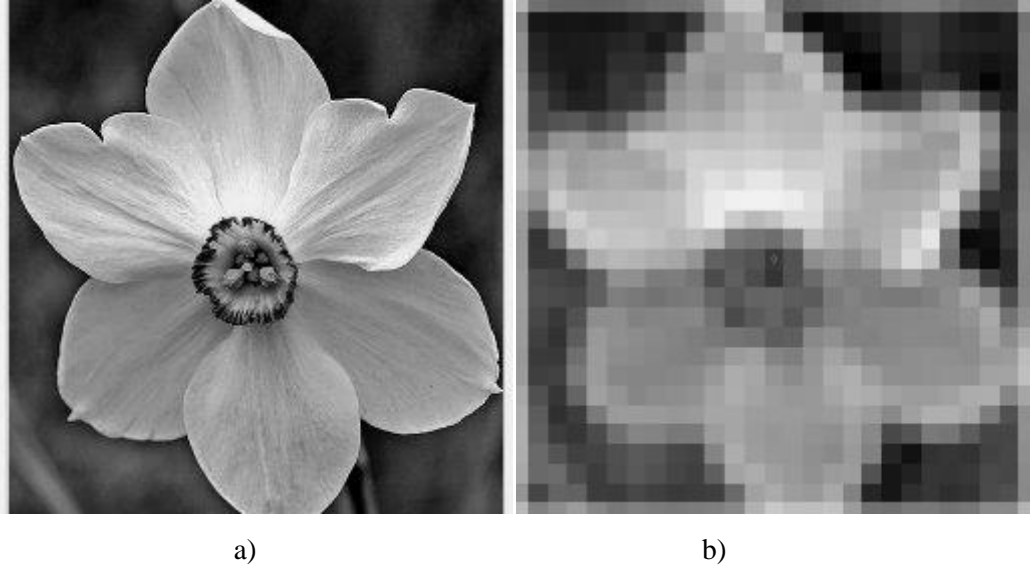
Örnekleme işlemi ışaretten belirli zaman aralıklarında örnekler alınmasıyla gerçekleştirilir. Kuantalama ise genlik seviyelerinin sadece belirli değerlerinin alınması işlemidir. Örnekleme ve kuantalama kavramları Şekil 2.1’de gösterilmektedir. Şekil 2.1 (a)’da sayısala çevirmek istediğimiz sürekli görüntü $f(x,y)$ görülmektedir. Bir görüntü hem x ve y koordinatlarında hem de genlik olarak sürekli olabilir. Onun sayısala vrilmesi için, hem x ve y koordinatlarında hem de genlik olarak örnekleme gerekir. Bir diğer tanımlamada ise koordinat değerlerinin sayısallaştırılması örnekleme, genlik değerlerinin sayısallaştırılması ise kuantalama olarak adlandırılmaktadır. (Gonzales ve Woods, 2008)



Şekil 2.1: Sayısal Bir Görüntünün Üretilmesi a) Sürekli Görüntü b) Sürekli görüntüde çizilen AB hattının taranarak örnekleme ve kuantalama işleminin gösterilmesi c) Örnekleme ve Kuantalama d) Taranan hattın sayısal hali (Gonzales ve Woods, 2008)

Şekil 2.1 b)'de AB çizgisi boyunca sürekli genlik değerlerinin (gri seviyeleri) tek boyutlu grafiği görülmektedir. Grafikteki rastgele değişimler görüntü gürültüsünü ifade etmektedir. Bu fonksiyonun örneklenmesi için Şekil 2.1 c)'de görüldüğü gibi AB çizgisi üzerinde eşit aralıklarla örnekleme yapılmalıdır. Her bir örneğin yeri, grafiğin altında dikey çizgilerle belirtilmiştir. Örnekler ise küçük beyaz kareler olarak gösterilmiştir. Bu kareler dizisi örneklenmiş fonksiyonu vermektedir. Ancak örneklerin yerleri gri seviyesi olarak hala süreklilik göstermektedir. Dijital bir fonksiyon oluşturmak için, gri seviyeleri de kuantalama yapılarak sayısallaştırılmalıdır. Şekil 2.1 c)'nin sağ tarafında gri-seviye ölçeğinin siyah ile beyaz arasında 8 seviyeye bölüldüğü görülmektedir. Her bir örneğe, kendi seviyesine rastlayan 8 gri seviyesinden biri atanarak sürekli gri seviyeleri sayısallaştırılmış olmaktadır. Örnekleme ve kuantalama sonucundaki grafik ise Şekil 2.1 d)'de görülmektedir. (Gonzales ve Woods, 2008)

Görüntü elde edilmesinde kullanılan cihazlardan biri de dizi sensörlerdir. Dizi sensörler kullanıldığında mekanik hareket olmaz. Burada örnekleme aralığı dizideki sensör sayısına bağlıdır. Şekil 2.2 bu kavramı göstermektedir. Şekil 2.2 a) dizi sensör düzlemine yansıtılan sürekli bir görüntüyü göstermekte. Şekil 2.2 b)'de ise örnekleme ve kuantalama işleminden sonraki görüntü görülmekte. Dijital bir görüntünün kalitesi büyük ölçüde örnekleme sayısına ve kullanılan gri seviyesi sayısına bağlıdır. Ancak bu parametrelerin seçiminde görüntünün içeriği de önemli bir yer tutmaktadır. (Gonzales ve Woods, 2008)



Şekil 2.2: Örnekleme ve Kuantalama a) Sürekli Görüntü b)Örnekleme ve Kuantalama İşlemi Sonrası Görüntü

Yapılan tüm bu işlemler sonucunda her bir piksel noktasında görüntünün parlaklığını ve koyuluğunu temsil eden bir tamsayı bulunmaktadır. Bütün piksel değerleri için bu işlemler gerçekleştirildiğinde, görüntü tamsayılardan oluşmuş bir matris şekline dönüşmektedir. Bu şekilde sayısal veri dizisi bilgisayarda işlenmek üzere bir aday olabilmektedir. Sayısal görüntü, uygun aygıt üzerindeki geçici saklama ortamına bağlı olan sayısallaştırıcı tarafından üretilmektedir. Kullanıcıdan gelen komutlara tepki olarak, bilgisayar kütüphanesinde bulunan görüntü işleme programlarını çağırır ve çalıştırır. Çalışma sırasında görüntü bilgisayar tarafından satırlar halinde okunur. Bir veya birkaç satır kullanıldıktan sonra, bilgisayar bir çıktı görüntüsünü piksel piksel oluşturur ve veri saklayıcısında yine satırlar halinde saklar. Bu süreç boyunca, tüm pikseller ancak programcının yetkisiyle değiştirilebilir. Sürecin adımları programcının sabrı, hayal gücü ve hesaplayabilme miktarı ile sınırlanabilmektedir. Süreçten sonra, meydana gelen son ürün sayısallaştırmanın tersi olan bir süreçten geçer: Her pikselin gri

seviyesi, ilgili noktanın görüntü ekranı üzerindeki parlaklığını belirlemek için kullanılır. Böylece işlenmiş görüntü insanın yorumlamasına açık bir hale getirilir.

2.3.2. Sayısal Görüntü İşlemenin Kullanıldığı Alanlar

1920’de Londra ile New York arasında, deniz altından çekilen bir kablo ile ilk görüntü transferinin gerçekleştirilmesinden bu yana teknoloji hızla gelişmiş ve günümüzde görüntü işlemenin kullanılmadığı bir alan kalmamış gibidir. Görüntü işleme video görüntülerin sıkıştırılması, resim kalitesinin artırılması, internet ortamında resimlerin iletilmesi, uydu fotoğraflarının incelenmesi, radar imgelerinin değerlendirilmesi, elektronik savaş ve özellikle tıp ve biyoloji alanlarında oldukça popüler bir konu haline gelmiştir. Biyomedikal görüntülerin işlenmesi için, Röntgen (X-Ray), Manyetik Rezonans (MR) gibi cihazlardan elde edilen görüntülerin daha kaliteli sunumu ve incelenmesi (Hu ve diğerleri,2009), patolojik doku örneklerinin analizi, mikro canlıların boyutlarının otomatik bulunması ve kan hücrelerinin sayımı (Miles ve Nuttall, 1993) gibi örnek uygulamalar için çeşitli bilgisayar yazılımları geliştirilmiştir. Coğrafya konusunda çalışanlar, benzer teknikleri kullanarak uydu fotoğraflarından yeryüzü üzerindeki değişiklikler ve kirlenmeler üzerine çalışmaktadırlar. (Jiantao ve diğerleri, 2003) (İsmailoğlu ve diğerleri, 2006) Arkeolojide, sadece görüntüleri mevcut olan sanat eserlerinin görüntülerindeki bulanıklığın ve bozuklukların giderilmesi için görüntü işleme teknikleri kullanılmaktadır. (Hadhoud ve diğerleri, 2003) Görüntü zenginleştirme ve restorasyonu işlemleri, kalitesiz görüntülerdeki tanımlanamayan nesnelerin belirlenmesinde ve tekrarlanması maddi olarak zor olan bazı deneylerin sonuçlandırılmasında da kullanılırlar. (Lehr ve diğerleri, 1998) Fizik ve bağlantılı alanlarda görüntü işleme, elektron mikroskobu ve yüksek enerji plazma deneylerinin görüntülerinin zenginleştirilmesinde kullanılmaktadır. Güvenlik konusunda ise plaka tanıma sistemleri yaygın ve başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. (Fan ve Fan, 2009) Ayrıca parmak izi tanıma(Min ve Thein, 2009), yüz tanıma(Zhu ve Ji, 2004), karakter tanıma, retina tanıma(Grisan ve diğerleri, 2008) gibi kişisel ve kurumsal güvenlik konularında da görüntü işleme uygulamaları sıklıkla karşımıza çıkmaktadırlar. Böylece görüntü işleme astronomi ve uzay bilimleri, tıp ve nükleer tıp, biyoloji, arkeoloji, yeryüzü bilimleri, coğrafya, savunma sanayi, güvenlik, tüketici elektroniği, grafik tasarım ve endüstriyel uygulama alanlarında yaygın ve başarılı bir şekilde kullanılmaktadır.

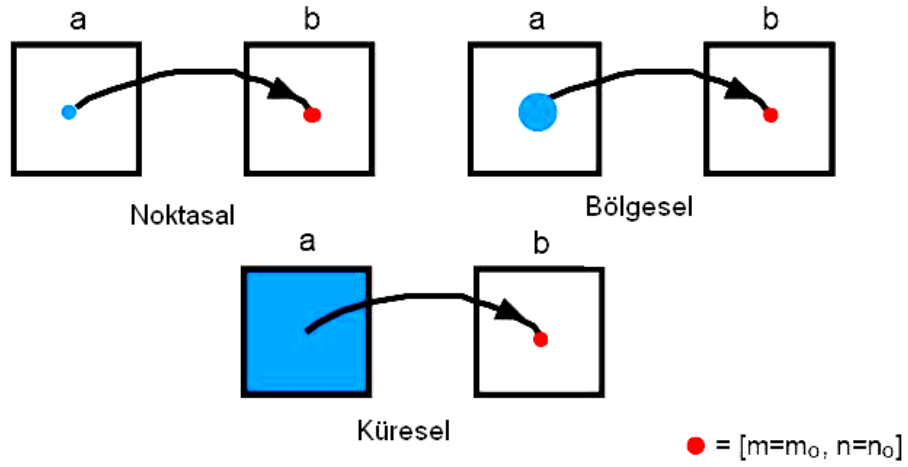
Bununla birlikte görüntü analizi ve bilgisayar görmesi, son yıllarda hem teorik hem de pratik alanlarda çok büyük ilerlemeler göstermiş ve oldukça geniş uygulama alanları bulmuştur. Sayısal haberleşme, hava durumu tahmini, çoklu ortam sistemleri, malzeme bilimi, robotik ve akıllı algılama sistemleri en fazla ilgi gören alanlar olmuştur.

2.4. SAYISAL GÖRÜNTÜNÜN TEMELLERİ

1920’de Londra ile New York arasında, deniz altından çekilen bir kablo ile ilk görüntü transferi gerçekleştirilmiştir. Bu kablolu görüntü transfer sistemi sayesinde Atlantik üzerinden daha önceleri en az bir haftada yapılabilen görüntü transferi işlemi 3 saatten daha az bir sürede gerçekleştirilmiştir. 1960’ların başında sayısal görüntü işleme uygulamalarını gerçekleştirebilecek bilgisayarların geliştirilmesi ile görüntü işleme uygulamalarında büyük atılımlar görülmüştür. Bu döneme denk gelen ve Amerika Birleşik Devletleri’nin uzay programında olan ay yüzeyinin incelenmesi çalışmalarında, gönderilen uzay aracı tarafından çekilen ay yüzeyi görüntülerindeki bozuklukların giderilmesi ve görüntü kalitesinin artırılması işlemlerinde, sayısal görüntü işlemenin önemi bir kez daha gösterilmiştir. Uzay uygulamalarına paralel olarak, 1970’lerin başında, tıp alanında, ücra yeryüzü kaynaklarının tespitinde ve astronomi alanlarında da görüntü işleme uygulamaları yaygın olarak uygulanmaya başlanmıştır. Yine, 1970’lerin başında bilgisayarlı tomografinin (Computerized Axial Tomograph, CAT) keşfiyle, görüntü işlemenin en önemli uygulama alanı olan tıbbi teşhis ortaya çıkmıştır. (Gonzales ve Woods, 2008)

Görüntü işlemenin temeli matematik ve geometriye dayanmaktadır. Bu konu ile ilgilenmeyi düşünenlerin belirli bir düzeyde matematik bilgisine (en azından matrisler ve fonksiyonlar konuları bilinmeli) ihtiyaçları vardır. Görüntü işleme uygulamalarını geliştirmek, gerçekleştirmek, eğitimini vermek klasik programlama dilleri ve teknikleri ile mümkündür. Bu nedenle görüntü işleme algoritmalarına yönelik fonksiyon kütüphaneleri bazı programlama dillerine eklenmiş ve hazır araçlar geliştirilmiş, hatta bu işlemlere yönelik özel programlama dilleri geliştirilmiştir. (MATLAB Image Processing Toolbox User Guide, 2009)

Görüntü işleme uygulamalarında kullanılan çeşitli işlem tipleri mevcuttur. Bunlar noktasal, bölgesel ve küresel işlemler olarak sıralanabilir. Noktasal işlemler, özel koordinatlardaki çıkış değeri sadece aynı koordinattaki giriş değerine bağlı olan işlem tipidir. Yani bir pikselde yaptığımız herhangi bir değişiklik sadece o pikseli etkileyecektir. Bölgesel işlemlerde özel koordinatlardaki çıkış değeri aynı koordinatlardaki komşuluk içindeki giriş değerine bağlıdır. Yani bir piksel üzerinde işlem yaptığımızda değişiklik o pikselle beraber komşularında da etkili olacaktır. Küresel işlemlerde ise özel koordinatlardaki çıkış değeri giriş görüntüsünün bütün değerine bağlıdır. Şekil 2.3’de bu işlemler gösterilmektedir.



Şekil 2.3: Görüntü işlemlerinin çeşitli tipleri (Young ve diğerleri, 1998)

Görüntüler çoğunlukla analog ortamlardan dijital ortamlara geçirilerek sayısallaştırılır ve bu durum resimlerin bir miktar bozulmasına neden olabilmektedir. Bu bozulma genellikle gürültü şeklinde ifade edilir. Görüntüler üzerinde daha sağlıklı işlemler yapılabilmesi için de öncelikle görüntü üzerindeki gürültülerin yok edilmesi gerekmektedir. Bu işlem için geliştirilmiş çok sayıda filtre mevcuttur.

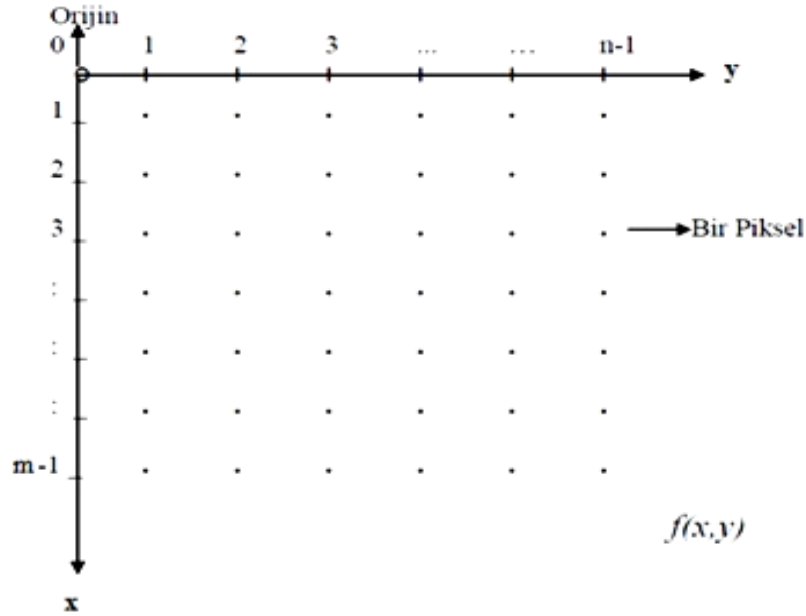
2.4.1. Sayısal Görüntülerin Gösterimi

Sayısal görüntü analog bir görüntünün sayısallaştırılarak, piksellerden oluşan bir görüntü haline getirilmesiyle oluşan elektronik görüntüdür. Sayısal bir görüntü, 2 boyutlu dünyadan elde edilen $f(x,y)$ fonksiyonundan örnekleme tekniği kullanılarak (m,n) koordinatlarında bulunan çeşitli noktalar haline getirilebilir. Bu şekilde, sayısal görüntülerin, m adet satır ve n adet sütundan oluşan bir matris olduğu kabul edilerek, her bir satır ve sütunun kesiştiği kare bir piksel olarak adlandırılmaktadır. Her piksel noktasında görüntünün o noktadaki parlaklığını ve koyuluğunu temsil eden bir tamsayı bulunmaktadır. Bütün piksel değerleri için bu işlem gerçekleştirildiğinde, görüntü tamsayılardan oluşmuş bir matris şekline dönüşmektedir. Sayısallaştırılmış bir görüntüde her piksel bölgesi için görüntü örneklenir ve kuantalanır. Bu adım, her piksel için görüntünün o noktadaki parlaklığını ya da koyuluğunu simgeleyen bir tamsayı oluşturularak gerçekleştirilmektedir. Bu işlem tüm pikseller için yapıldığında, görüntü tamsayılardan oluşan iki boyutlu bir dizi şeklinde ifade edilebilir hale gelmektedir. Her pikselin, bir adresi (çizgi ya da satır numarası ve örnekleme ya da sütun numarası) ve gri seviyesi adı verilen bir tamsayısı vardır. (Gonzales ve Woods, 2008)

Monokrom bir görüntü, iki boyutlu bir ışık yoğunluk fonksiyonu $f(x,y)$ şeklinde tanımlanmaktadır. Burada x ve y uzaysal koordinatları, f fonksiyonu ise görüntünün (x,y) noktasındaki parlaklık değerini göstermektedir. Eğer görüntü renkli ise f bir vektördür ve görüntünün (x,y) noktasında renk bandına uygun her bir parlaklık değerlerini içerecektir. Sayısal görüntü, hem uzaysal koordinatta hem de parlaklık bazında sayısallaştırılmış bir $f(x,y)$ görüntüsüdür. Diğer bir tanımlama ile sayısal görüntü, iki boyutlu tam sayılardan oluşmuş bir matristir ve her bir renk bandı için bir dizi iki boyutlu tamsayı ile ifade edilebilmektedir. Sayısallaştırılmış parlaklık değerleri, gri seviyesi değerleri olarak adlandırılmaktadırlar. Görüntüyü oluşturan her bir dizi elemanı da bir piksel olmaktadır. Bazı görüntüler yüzlerce hatta binlerce pikselden oluşabilmektedir. Piksel sayısı arttıkça, görüntü kalitesi de artarken, azalması durumunda da görüntü kalitesi azalmaktadır. Görüntünün piksel değerlerinin belirli aralıklarda olması, meydana gelen görüntünün niteliğini değiştirir. Örneğin 0 beyazı ve 1 de siyahı temsil ederse arasındaki değerler de gri tonlarını ifade eder. Burada $n= 2^b$

olmak üzere, b değeri görüntünün 1 pikselini ifade etmek için gereken bit sayısıdır. Örneğin $b=8$ ise 256 adet gri tonu bulunmaktadır. $b=1$ ise resim sadece 0 ve 1'lerden oluşur ve buna ikili resim (binary image) denir.

Daha önce de bahsedildiği gibi örnekleme ve kuantalama işlemlerinin sonucu bir reel sayılar matrisidir. $f(x,y)$ görüntüsünün örneklendiği ve sonuçtaki sayısal görüntünün m adet satır ve n adet sütundan oluştuğu düşünülür ise; (x,y) koordinatları artık ayrı değerler halinde bulunmaktadır. Kolaylık olması açısından koordinat değerleri tamsayı olarak alınacaktır. O halde koordinatların başlangıç değeri $(x,y) = (0,0)$ yani orijin olur. İlk sıranın ikinci elemanı ise $(x,y) = (0,1)$ olur. Şekil 2.4 burada kullanılacak olan koordinat sistemini göstermektedir. (Gonzales ve Woods, 2008)



Şekil 2.4: Sayısal görüntülerin koordinat düzleminde gösterimi (Gonzales ve Woods, 2008)

$m \times n$ boyutlarındaki sayısal görüntü matris formunda denklem 2.1'deki gibi ifade edilebilmektedir:

$$f(x,y) = \begin{pmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0, n-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1, n-1) \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

Bu eşitliğin sağdaki kısmı bir dijital görüntüyü tanımlamaktadır. Matrisin her bir elemanı görüntü elemanı (*image element*), resim elemanı (*picture element*) veya bir “piksel” (*pixel*) olarak adlandırılmaktadır. Bazen dijital görüntü elemanları için 2.2’deki gibi daha geleneksel bir matris ifadesi daha uygun olabilir.

$$A = \begin{pmatrix} a_{0,0} & a_{0,1} & \dots & a_{0,N-1} \\ a_{1,0} & a_{1,1} & \dots & a_{1,N-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix} \quad (2.2)$$

Sayısallaştırma işlemi için m , n ve her piksel için izin verilen gri seviyesi sayısı l değerlerinin belirlenmesi gerekir. m ve n için pozitif tamsayı olmalarının dışında bir koşul yoktur. Ancak işleme, depolama ve örnekleme donanımları sebebiyle gri seviyesi sayısı ancak 2’nin kuvvetleri olabilir. Sayısal görüntüdeki gri seviye sayısının hesaplanması 2.3’te gösterilmektedir.

$$l = 2^k \quad (2.3)$$

l : piksellerin gri seviyesi sayısı

k : kuvvet

Gri seviyeler eşit aralıklıdır ve $[0, l - 1]$ aralığında, tamsayılar şeklinde ifade edilirler. Bazen bir görüntüde kullanılan gri seviyelere yayılmış olan değerlerin aralığı dinamik aralık olarak adlandırılır. Bu kavram farklı alanlarda farklı tanımlar için de kullanılabilir. Burada dinamik aralık kavramı bir görüntüleme sisteminin maksimum ölçülebilir yoğunluğunun minimum tespit edilebilir yoğunluk seviyesine oranı olarak tanımlanmıştır. Kural olarak üst limit doygunluğa ve alt limit de gürültüye göre belirlenir. Bir görüntüdeki piksellerin çoğunluğu yüksek dinamik aralığa sahipse yani çok farklı gri seviyeleri kullanıyorsa o görüntü yüksek kontrasta sahiptir diyebiliriz. Tersine düşük dinamik aralığa sahipse görüntü donuk ve soluk bir gri görünüşe sahiptir. Sayısallaştırılmış bir görüntüyü kaydetmek için gerekli olan bit sayısı (b)’nin hesaplanması denklem 2.4’te gösterilmektedir.

$$b = m \times n \times k \quad (2.4)$$

b : Sayısal görüntüyü kaydetmek için gereken bit sayısı

m : sayısal görüntüdeki satır sayısı

n : sayısal görüntüdeki sütun sayısı

k : kuvvet

Satır ve sütun sayısı eşit ($m = n$) olan sayısal görüntüyü kaydetmek için gereken bit sayısı ise;

$$b = n^2 \times k \quad (2.5)$$

Çizelge 2. 1’de çeşitli n ve k değerlerine sahip olan görüntüleri depolamak için gerekli bit sayıları gösterilmektedir. Her k sayısına karşılık gelen gri seviyeleri sayısı parantez içinde verilmiştir. Bir görüntüde kullanılan gri seviye sayısı 2^k ise bu görüntü için genellikle “ k bitlik görüntü” denir. Örneğin 256 olası gri seviyesi olan bir görüntü için 8-bitlik görüntü denir. 8-bitlik görüntülerden 1024x1024 ya da daha büyük boyutlu olanların gerektirdiği bellek alanının oldukça önemli büyüklükte olacağına dikkat edilmelidir.

Çizelge 2. 1: Çeşitli n ve k değerlerine sahip olan görüntüleri depolamak için gereken bit sayıları

n/k	1 (l=2)	2 (l=4)	3 (l=8)	4 (l=16)	5 (l=32)	6 (l=64)	7 (l=128)	8 (l=256)
32	1.024	2.048	3.072	4.096	5.120	6.144	7.168	8.192
64	4.096	8.192	12.288	16.384	20.480	24.576	28.672	32.768
128	16.384	32.768	49.152	65.536	81.920	98.304	114.688	131.072
256	65.536	131.072	196.608	262.144	327.680	393.216	458.752	524.288
512	262.144	524.288	786.432	1.048.576	1.310.720	1.572.864	1.835.008	2.097.152
1024	1.048.576	2.097.152	3.145.728	4.194.304	5.242.880	6.291.456	7.340.032	8.388.608
2048	4.194.304	8.388.608	12.582.912	16.777.216	20.971.520	25.165.824	29.369.128	33.554.432
4096	16.777.216	33.554.432	50.331.648	67.108.864	83.886.080	100.663.296	117.440.512	134.217.728
8192	67.108.864	134.217.728	201.326.592	268.435.456	335.544.320	402.653.184	469.762.048	536.870.912

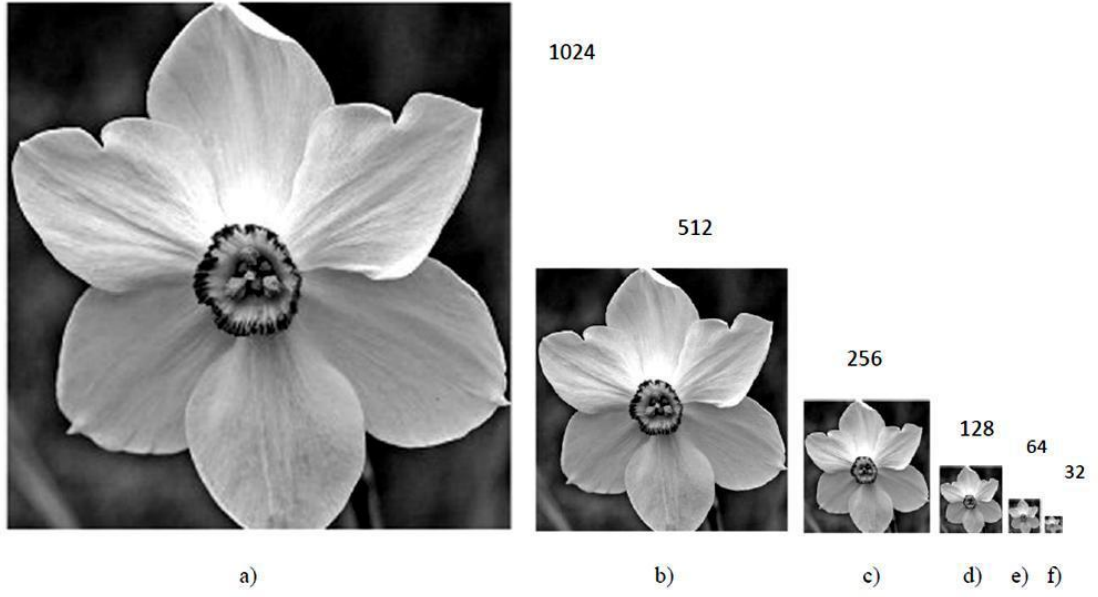
2.4.2. Gri Seviyeli Çözünürlük

Bir görüntü içindeki fark edilebilen en küçük detaya uzaysal çözünürlük denilmektedir. Benzer olarak gri-seviyeli çözünürlük de görüntünün içindeki gri seviyesinin fark edilebilen en küçük değişimidir. Ancak gri seviyesindeki görülebilir değişimin ölçülmesi oldukça öznel bir işlemdir. Sayısal bir görüntüyü üretmek için kullanılan örnek sayısı büyük ölçüde istenildiği gibi belirlenebilir. Ancak gri seviyesi için bu doğru değildir. Donanım sınırlamaları sebebiyle, gri seviyesi sayısı çoğunlukla 2'nin kuvvetleri ile belirlenmektedir. En sık kullanılan gri seviyesi 8-bit olmakla birlikte bazı uygulamalarda 16-bit de kullanılmaktadır. 10 ya da 12 bitlik sistemler de bulunur fakat böyle sistemler yaygın olarak kullanılmamaktadırlar.

Görüntülerde çözünürlüğün çok kullanılan bir tanımı da birim alanda görülebilir hat çiftlerinin en büyük sayısı şeklindeki tanımıdır. Birim alandaki nokta sayısı (dpi - dots per inch) tanımı da özellikle basım ve yayın endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir kavramdır. (Gonzales ve Woods, 2008)

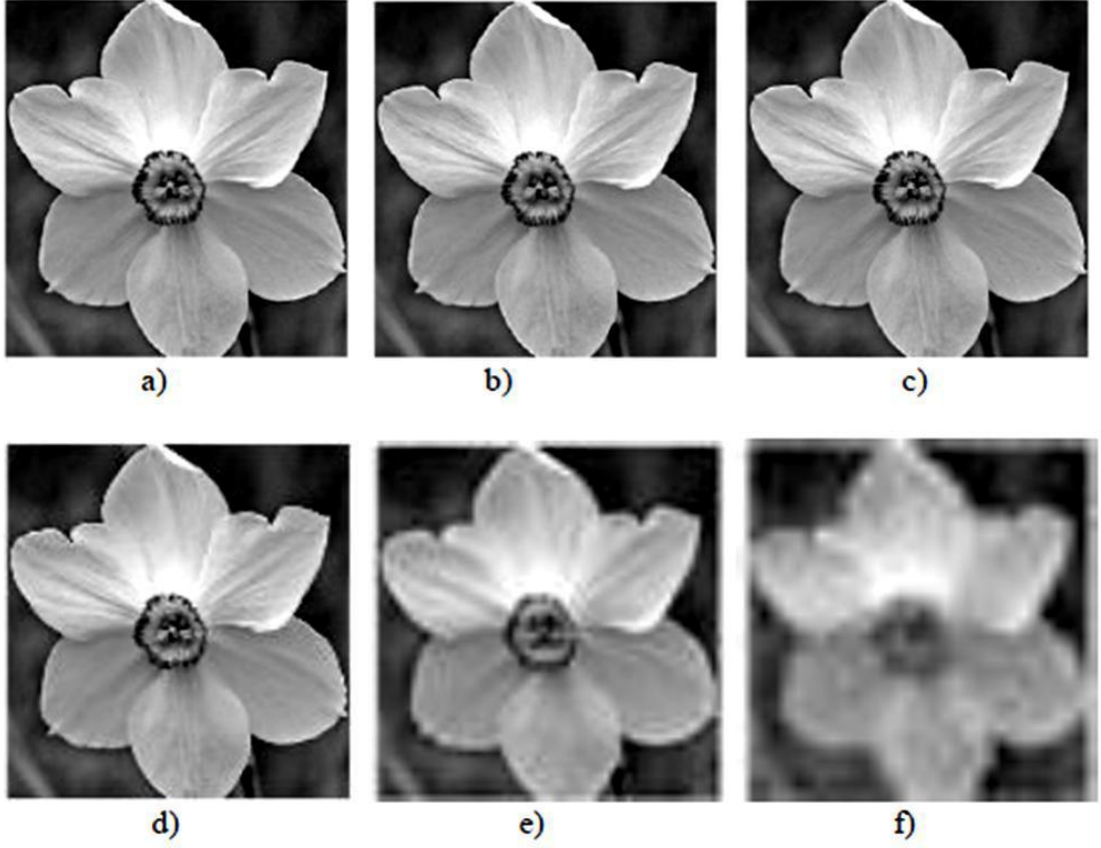
Her zaman fiziksel çözünürlüğün pikseller veya gri seviyesi olarak gerçek ölçüsünün belirlenmesi gerekmez. $m \times n$ boyutlu ve l seviyeli sayısal bir görüntü için, $m \times n$ piksel uzaysal çözünürlüğe ve l seviyeli gri seviyesi çözünürlüğe sahip olduğunun söylenmesi, çoğu zaman yeterli olmaktadır.

Şekil 2.5'te 1024x1024 piksel boyutlu ve gri seviyesi 8 bitle temsil edilen bir görüntü gösterilmektedir. Şekildeki diğer görüntüler ise birinci görüntünün daha az örneklenmiş durumlarıdır. Daha az örnekleme durumu ilk görüntüden uygun sayıda satır ve sütunun çıkarılması ile elde edilmiştir. Örneğin 512x512 piksel görüntü ilk görüntüden her iki satır ve sütundan birinin çıkarılması ile elde edilmiştir. Gri seviyesi sayısı ise hepsinde 256 olarak kalmıştır. (Gonzales ve Woods, 2008)



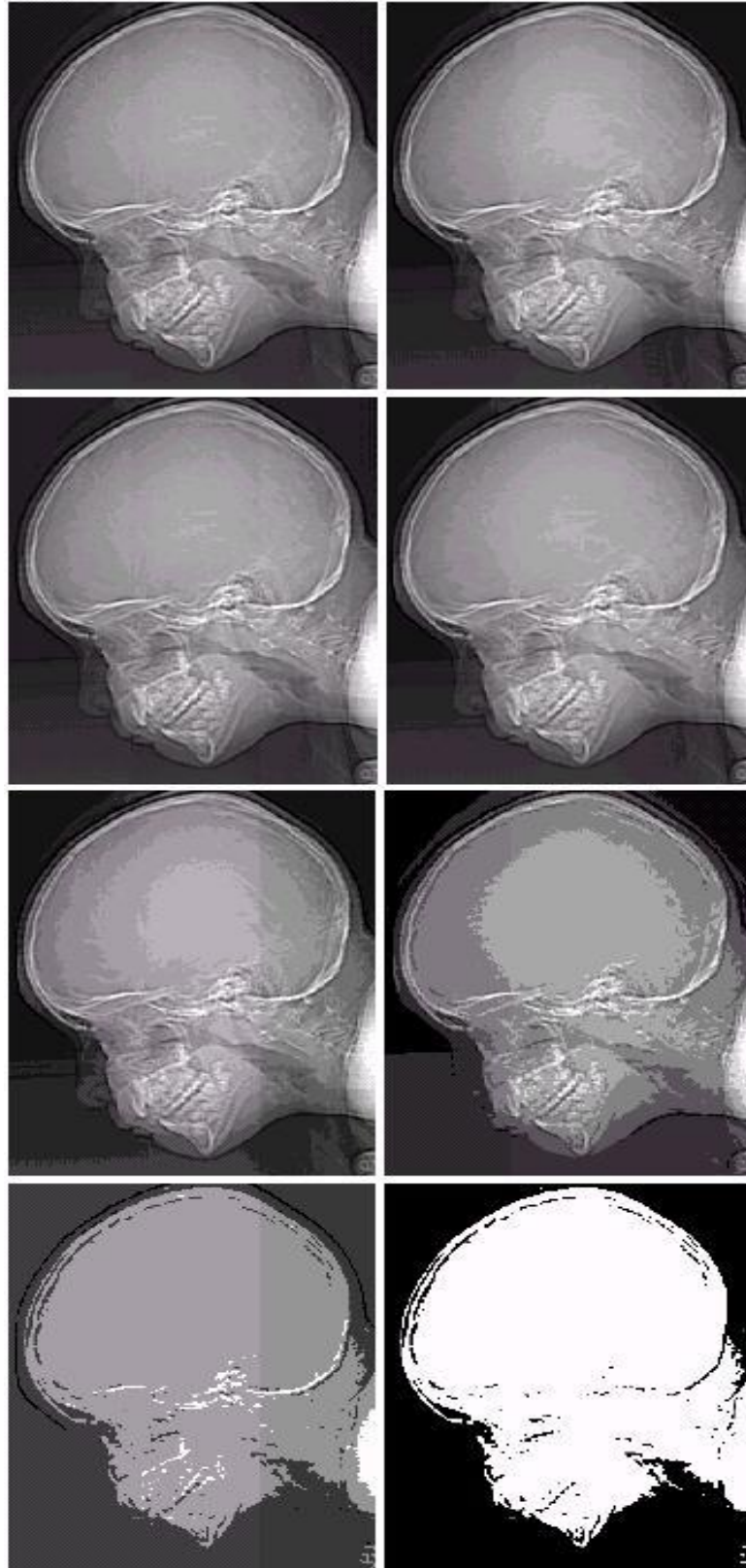
Şekil 2.5: 8 bitlik 1024x1024 piksel bir görüntünün 32x32 piksele kadar alt örnekleme yapılmış hali. İzin verilebilir gri seviye sayısı 256 olarak saklanmıştır.

Şekil 2.5'teki görüntülerde farklı örnekleme sayılarının etkisi boyut farklılığı olarak görülmektedir. Bununla birlikte boyutlar farklı olduğu için örneklemenin az olmasının etkisi iyi anlaşılmamaktadır. Bu etkiyi görmenin en iyi yolu az örneklenmiş görüntülerin hepsini, satır ve sütun tekrarı yaparak, yine 1024x1024 boyutuna getirmektir. Şekil 2.6'da örnekleme sayısı sabit kalmakta, ancak bu kez gri seviye sayısı 256'dan 2'ye kadar düşürülmektedir. Sonuçlar Şekil 2.6 b) – f)'de görülmektedir. Şekil 2.6 a)'daki görüntü Şekil 2.5'deki 1024x1024, 256 seviye görüntünün aynısıdır. Şekil 2.6 a) ile Şekil 2.6 b) karşılaştırıldığında, iki görüntü arasında gerçekten fazla farklılık görünmemektedir. Burada, kaybedilen detaylar görülemeyecek kadar küçüktür. Fakat Şekil 2.6 c)'deki 256 x 256 görüntüde yaprakların kenarları ile siyah arka plan arasında çok hafif bir dama tahtası görüntüsü fark edilmektedir. Şekil 2.6 d)'deki görüntüde bozulma daha belirgin olarak izlenmektedir. Diğer görüntülerde de kayıplar gayet açık bir şekilde görülebilmektedir. (Gonzales ve Woods, 2008)



Şekil 2.6: Çözünürlük a)1024x1024 8 bit görüntü b) 512x512 piksel yapılan görüntünün satır ve sütun tekrarı yapılarak tekrar 1024x1024 piksele örneklenmiş hali c) 256x256 piksel d)128x128 e) 64x64 ve f) 32x32 piksel yapılan görüntünün satır ve sütun tekrarı yapılarak tekrar 1024x1024 piksele örneklenmiş halleri

Şekil 2.7 a)'da 452x374 piksel 256 gri seviyeli ($k = 8$), iki boyutlu bilgisayarlı tomografi (CAT) görüntüsü görülmektedir. Böyle görüntüler X-ışını kaynağının sabit bir konumda tutulmasıyla elde edilir ve tomografi cihazının eğim açısı, dilim sayısı gibi parametrelerin belirlenmesinde kullanılmaktadır. (Gonzales ve Woods, 2008)



a) b)
c) d)
e) f)

Şekil 2.7: Gri Seviye Çözünürlük a) 452x374 256 gri seviyeli görüntü b) 128 gri seviyeli görüntü c) 64 gri seviyeli görüntü d) 32 gri seviyeli görüntü e) 16 gri seviyeli görüntü f) 8 gri seviyeli görüntü g)4 gri seviyeli görüntü h) 2 gri seviyeli görüntü (Orijinal görüntü Dr David R Pickens) (Gonzales ve Woods, 2008)

Şekil 2.7 b) ile h) arasındaki görüntüler uzaysal çözünürlüğün 452x374 pikselde tutulduğu ancak k 'nın $k = 7$ 'den $k = 1$ 'e kadar düşürüldüğü görüntüleri göstermektedir. 256, 128 ve 64 gri seviyeli görüntüler tamamen aynı gibi görülmekte. Ancak 32 seviyeli görüntüde, düz gri alanlarda, özellikle kafatasında yükseklik farkı benzeri bozulmalar görülmektedir. "False contouring - yanlış yükseklik çizgisi" olarak adlandırılan bu etki eksik gri seviyesi sebebiyle dijital görüntüde düz alanlarda oluşmaktadır. Bu şekilde adlandırılmasının sebebi bu hatanın haritalarda dağlık alanların gösterilmesine benzemesidir. Genellikle 16 veya daha az gri seviyeli görüntülerde çok açık olarak görülmektedir. 256x256 piksel ve 64 gri seviyesinin, örnekleme hatası ve yanlış yükseklik çizgisi olmaması beklenen en düşük değerler olduğu söylenebilir. (Gonzales ve Woods, 2008)

Şekil 2.6 ve Şekil 2.7'de verilen sonuçlar n ve k 'nın değiştirilmesinin görüntü kalitesini nasıl etkilediğini açıkça göstermiştir. Ancak bu sonuçlar n ve k 'nın değiştirilmesinin görüntüyü nasıl etkileyeceği sorusunun sadece kısmi bir cevabı olabilir. Çünkü bu iki parametre arasındaki bağıntı henüz incelenmemiştir. 1965 yılında Huang tarafından yapılan bir çalışmada, n ve k 'nın aynı anda değiştirilmesinin görüntü kalitesi üzerindeki etkilerinin miktarını ölçülmek istenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucu, çok detaya sahip görüntülerin sadece birkaç gri seviyesi ile gösterilebileceği sonucuna varılabilmektedir. Bunun en olası sebebi, k 'nın azalmasının görüntüde kontrastın artmasına ve insanların da genellikle bunu kalitenin artışı şeklinde algılamasıdır. (Gonzales ve Woods, 2008)

2.4.3. Piksel Komşuluğu

Sayısal görüntülerin en küçük parçası olan noktalara piksel denilmektedir. Sayısal görüntüler yan yana gelen pikseller topluluğundan oluşmaktadır. Sayısal görüntüler çoğunlukla yatay ve düşey düzleminde bulunan piksel sayısı ile tanımlanmaktadır. Bir sayısal görüntüde ilgilenilen bir pikselin çevresinde bulunan pikseller, o pikselin komşuları olarak adlandırılmaktadırlar. Şekil 2.8'de bir P pikseli ve komşuları görülmektedir.

P₁	P₂	P₃
P₄	P	P₅
P₆	P₇	P₈

Şekil 2.8: P pikseli ve P'nin 3x3 komşuluğu

Koordinat düzlemindeki yeri (x,y) noktası olan bir P pikselinin yatay ve dikey komşularının yerleri Şekil 2.9'daki gibi gösterilmektedir.

	1	2	3	...		m
1						
2		$(x-1,y-1)$	$(x-1,y)$	$(x-1,y+1)$		
3		$(x,y-1)$	(x,y)	$(x,y+1)$		
...		$(x+1,y-1)$	$(x+1,y)$	$(x+1,y+1)$		
n						

Şekil 2.9: P pikselinin ve komşularının koordinat düzlemindeki gösterimi

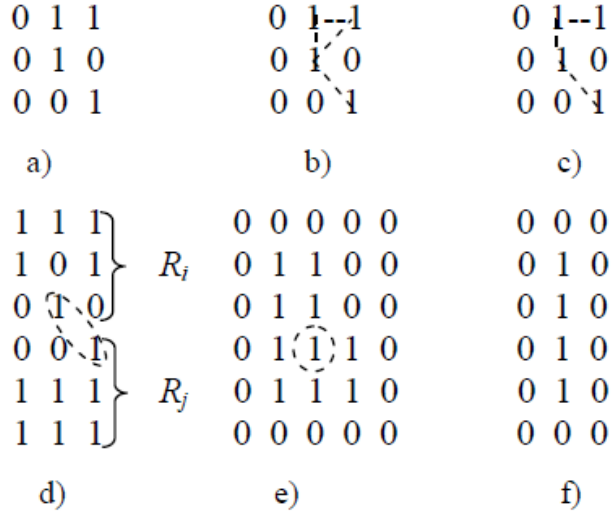
Burada P'nin yatay, dikey ve çapraz komşularının toplamı, P'nin 8-komşusu olarak adlandırılmaktadır ve $N_8(P)$ şeklinde gösterilir. Bu piksellerin her biri P'den bir birim uzaklıktadır ve eğer P, görüntünün sınırında ise P'nin bazı komşuları dijital görüntünün dışında kalabilir.

Noktasal işlemlerde bir pikselin değeri sadece kendisine bağlı olarak değiştirilirken yerel veya piksel temelli işlemlerde, ilgilenilen pikselin yeni değeri hesaplanırken, komşu piksellerin değerleri de dikkate alınarak hesaplanmalıdır. Piksel komşuluk işlemlerindeki hesapsal yük, noktasal pekiştirme işlemlerine göre daha fazladır. Görüntü üzerinde yapılacak uzamsal işlemlerde piksel komşuluk ilişkileri önemlidir. Bunun

sebebi tek başına çok fazla anlamı olmayan piksellerin komşuları ile birlikte kenar bilgisi, bölge bilgisi vb gibi daha önemli bilgiler ifade etmeleridir.

Pikseller arasındaki bağlanabilirlik, bölgeler ve sınırlar gibi çok sayıda sayısal görüntü kavramının tanımlanmalarını kolaylaştıran temel bir kavramdır. İki pikselin birbirine bağlı olup olmadığının belirlenmesi için, önce bu piksellerin komşu olup olmadığının belirlenmesi ve gri seviyelerinin aynı ya da belirli bir benzerlik derecesinde olup olmadığının kontrol edilmesi gerekmektedir. Örneğin, gri seviyelerin sadece 0 veya 1 olduğu ikili bir görüntüde iki piksel 4-komşu olabilir, fakat bağlı olmaları ancak aynı gri seviyesinde olmaları ile mümkündür. (Gonzales ve Woods, 2008)

S'nin bir görüntü içerisindeki bir alt küme olduğu düşünülür ise; S içindeki p ve q pikselleri için; eğer aralarında tamamen S içinde kalan bir yol varsa bağlılardır denir. S içindeki herhangi bir p pikseli için, S içinde ona bağlı pikseller kümesine S'nin bağlı bileşeni denir. Eğer sadece bir bağlı bileşeni varsa o zaman S bağlı bir küme olarak adlandırılır.



Şekil 2.10: Bağlanabilirlik a) Piksellerin dizilişi b) 8 komşulu piksellerde bağlılık kesikli çizgilerle gösterilmiştir (belirsizlik görülmekte) c) m-bağlılığı d) 8 komşuluk kullanıldığında 1'lerden oluşan iki komşu bölge e) daire içine alınmış nokta; değeri 1 olan piksellerin yalnızca bölge ve arka plan arasındaki 8 komşulukları kullanıldığında sınırının parçası f) 1 değerli bölgenin iç sınırı kapalı bir yol oluşturmaz fakat dış sınırı oluşturur. (Gonzales ve Woods, 2008)

R'nin de bir görüntü içindeki piksellerin alt kümesi olduğu düşünülürken; eğer R bir bağlı küme ise o zaman R bir bölge olarak adlandırılır. Bir veya birden fazla komşusu R bölgesinin dışında kalan pikseller kümesi ise, R bölgesinin sınırı olarak adlandırılır. Eğer bir görüntünün tamamı bölge ise, o zaman görüntünün sınırı görüntünün ilk ve son satır ve sütunları olmaktadır. Bu bilgi gereklidir, çünkü görüntünün sınırından sonraki pikseller içerisinde başka komşusu yoktur. Normal olarak, bölge denildiğinde bir görüntü içindeki alt küme anlaşılmaktadır. Ancak bölgenin sınırları görüntünün içinde herhangi bir yerde olabileceği gibi görüntünün sınırlarına da tesadüf edebilir. (Gonzales ve Woods, 2008)

2.4.4. Görüntü Zenginleştirme

Görüntünün gözle daha iyi yorumlanması için yapılan belirginleştirme işlemine görüntü zenginleştirme denir. Görüntü zenginleştirildiğinde bazı özellikler belirginleşirken görüntünün bazı özellikleri de kaybolabilir. Ancak, genellikle zenginleştirilmiş görüntüler ham görüntüden, göz yorumu açısından daha kalitelidir.

Görüntü zenginleştirme, görüntü işleme bölümlerinin içinde en kolay ve en çok ilgi çeken kısmı olmuştur. Görüntü zenginleştirmenin temel amacı, görüntüde gözle ayırt edilemeyecek kısımların incelenebilir bir duruma getirilmesidir. Örneğin bir görüntünün parlaklığının artırılması, görüntünün daha iyi sunulmasını sağlar ve bir görüntü zenginleştirme işlemidir.

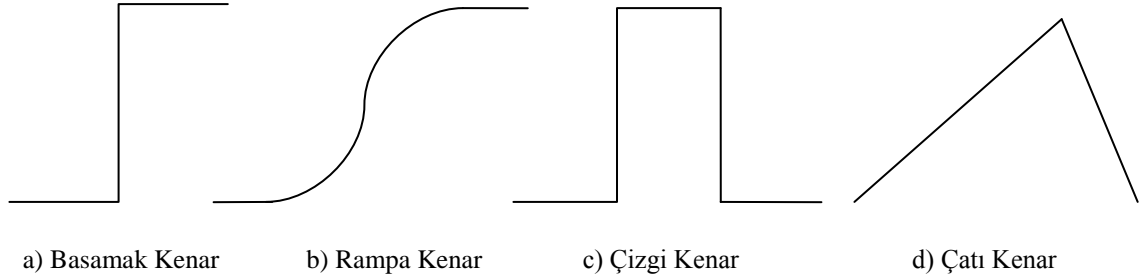
2.5. KENAR BELİRLEME

Bir görüntüye baktığımızda görüntüyü oluşturan nesnelere temel olarak bölgeler ve bu bölgeleri sınırlandıran kenarlar şeklinde görmekteyiz. Bölge, görüntüde yer alan aynı ya da benzer piksellerin bir araya gelmesiyle oluşan homojen kümeler olarak tanımlanabilmektedir. Kenar ise, pikseller arasındaki geçişlerde veya iki homojen bölgenin kesiştiği yerlerde meydana gelen, ani değişimlerin olduğu bölgeler şeklinde tanımlanabilmektedir. Kenar belirleme işleminde piksellerin özellikleriyle birlikte komşu piksellerle olan bağlantıları da çok önemli işleve sahiptir.

Bir görüntüde nesnelere çoğunlukla arka plandan farklı bir renk veya gri tonunda oldukları için insanlar tarafından kolaylıkla ayırt edilebilmektedirler. Makine ve bilgisayarların görüntüdeki nesnelere ayırt edebilmek için görüntünün kenarlarını, bölgelerini, konumlarını belirleyecek çeşitli işlemler yapmaları gerekmektedir. Kenarlar ve bölgeler görüntülerin yorumlanması açısından oldukça önemli kavramlardır. Görüntüde yer alan nesnelere kenar bilgileri kullanılarak bu nesnelere fiziksel özellikleri hakkında birçok önemli ve gerekli bilgi elde edilebilir. Bundan dolayı görüntülerin işlenmesinde kenar belirleme işlemi, üzerinde birçok çalışmanın yapıldığı bir konu haline gelmiştir. Yapılan birçok görüntü işleme uygulamasında kenarların belirlenmesi işlemi görüntülerin ayrıştırılması, sıkıştırılması ve nesnelere tanınması gibi daha yüksek seviyeli görüntü işleme yöntemleri için ilk basamak olarak kullanılmakta ve onların başarısına da önemli etkileri bulunduğundan büyük önem arz etmektedir. Bir örnek vermek gerekirse, bir görüntü algılama sisteminde cisimlerin algılanması için yapılacak en önemli iş, görüntüyü görüntüdeki farklı cisimlere ait bölgelere ayırmaktır. Kenar belirleme algoritmaları da bu bölütleme işleminin ilk basamağında yer alır. Ayrıca kenarlar cisimlerin birçok özelliğini içerdikleri için sadece görüntülerdeki kenarları kullanarak etkili görüntü kodlama sistemleri de oluşturulabilir. (Özmen, 2005)

Gri seviyeli görüntülerde tanımlanan çeşitli kenar çeşitleri mevcuttur. Şekil 2.11'de gösterilen bu kenar çeşitlerinden en ideal olanı Şekil 2.11 (a)'da gösterilen basamak

kenardır. Basamak kenar, gri seviyeleri homojen ve birbirinden farklı olan iki bölgeyi birbirinden ayıran kenar tipidir. Görüntüdeki gürültü ve bulanıklıklardan dolayı basamak kenarlar, Şekil 2.11(b)'de görülen ve ikinci tip kenar olan rampa kenarlara dönüşür. Rampa kenarlar, iki bölge arasında gri seviyesi yavaşça değişen bir geçiş bölgesine sahiptir. Diğer bir önemli kenar da Şekil 2.11(c)'de gösterilen çizgi kenardır. Çizgi kenar, her iki yanındaki bölgenin gri seviyesinden farklı gri seviyesine sahiptir. Gri seviyelerinin değişimindeki ani değişikliklerin de kenar olarak tanımlandığı söylenmişti. Bu tip kenarlar da Şekil 2.11(d)'de gösterilmektedir ve çatı kenar olarak adlandırılmaktadırlar.



Şekil 2.11: Çeşitli Kenar Fonksiyonları

Kenar belirlemede yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri maske kullanmaktır. Görüntüdeki kenar pikseller çevrelerindeki diğer piksellerden keskin farklılıklar gösterdikleri için maske işlemi bir çeşit yüksek geçiren filtre etkisi gösterirler. Fakat görüntülerin sayısal hale getirilmesi sırasında bozulmalar, gürültüler meydana gelebilir ve yüksek geçiren filtreler görüntüde bulunan gürültüleri daha belirgin hale getirirler. Bu durum da kenarların yanlış bulunmasına sebep olabilir ve istenen bir durum değildir. Bu durumu önlemek için kenar belirleme yöntemlerini uygulamadan önce görüntüdeki gürültüler temizlenmelidir. Gürültüleri temizlemek için birtakım filtreler kullanılabilir. Fakat filtreler de görüntüyü, ve dolayısıyla da kenarları bulanıklaştırır. Görüntüdeki kenar özelliklerini etkilemeyen ve gürültüleri azaltmada etkili olan medyan filtreler kenar belirleme işlemlerinde sıklıkla kullanılmaktadırlar. Medyan filtrelerde bir pencere iki boyutlu görüntünün üzerinde gezdirilir. Pencerenin içinde yer alan piksellerin gri değerlerinin medyan değeri bulunur ve üzerinde işlem yapılan ilgili pikselin gri değeri olarak atanır. Böylece görüntüdeki gürültü azaltılmış olur. Burada kullanılan pencerenin boyutu oldukça önemlidir. Eğer pencerenin içindeki gürültülü piksel sayısı gürültüsüz piksel sayısına oranla daha fazla ise filtrenin performansı oldukça düşük olacaktır.

Görüntülerde kenarları belirlemek için kullanılan en bilinen yöntemlerden bir diğeri de ani gri seviyesi değişimlerini bulmaktır. Bunu yapmanın en basit yolu da türev alma tabanlı yöntemleri kullanmaktır. Kenarlar ani gri seviye değişimleridir ve $f(x,y)$ şeklinde tanımlanan bir görüntünün birinci türevi kenar bölgelerinde maksimum değerini almaktadır. Bu yöntemde görüntüdeki piksellerin gradyanı alınıp uygun bir eşik değeri verilirse kenar görüntüsü elde edilir. Gradyan görüntüdeki her pikselin yoğunluk ve yön bilgilerini içermektedir. Matematiksel olarak, görüntünün yatay ve düşey yönündeki birinci türevlerinden oluşan 2 boyutlu bir vektör olarak tanımlanabilir. Bu vektör ilgili noktadaki en büyük yoğunluk değişimi yönünü gösterir, vektörün büyüklüğü ise o yöndeki değişimin oranını verir.(Gonzales ve Woods,2002) İki boyutlu $f(x,y)$ görüntüsü için; birinci türev gradyanı verir ve formülü 2.6'da verilmiştir.

Gradyan Formülü;

$$\nabla f(x, y) = \frac{\partial f(x, y)}{\partial x} \cos \theta + \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} \sin \theta \quad (2.6)$$

θ : Gri seviyesinin değişim açısı

Gradyan, kenarlarda yerel maksimum değerini almaktadır. Bir piksele kenar diyebilmek için en az bir yönde gradyan değerinin yerel maksimum olması gerekmektedir. 2.6'nın sıfıra eşitlenmesi bize kenar büyüklüğü ve kenar yönü bilgilerini de vermektedir. Kenar yönü kenarın hangi çizgi üzerinde yer aldığını, hangi kenarlarla bağlantılı olabileceğini belirtmesi açısından önemli bir parametredir. Gradyan yönteminde pikseller için yönlü gradyanlar hesaplanır, elde edilen değerlerin kareleri toplanır ve bunun sonucunda hesaplanan sayının karekökü alınır. Bu işlemler sonucunda bulunan gradyan değeri belirlenen eşik değerinin üzerinde ise bu piksel bir kenardır denilebilir. Eşik değerinin seçilmesinde görüntüde yer alan ortam gürültüsü oranı diğeri bir deyişle sinyal gürültü oranı nesnel bir parametre olarak kullanılabilir. (Canny, 1986) Eşik değeri yüksek seçilirse görüntüde kenar olmayan yerler de kenar olarak algılanıp fazladan kenar değerleri bulunabilir. Düşük seçilmesi durumunda ise görüntüdeki bir takım ayrıntılar kaybolabilir. Bu nedenle eşik değeri seçilirken dikkatli olunmalıdır.

Gradyan değerleri yönden bağımsız olacak şekilde değişik operatörler ile de hesaplanabilir. Günümüze kadar birçok yönsüz kenar tanıma operatörleri de geliştirilmiştir. Bunlardan en çok bilinenleri Sobel, Robert ve Prewitt kenar tanıma operatörleridir. Bu operatörler Şekil 2.12’de gösterilmiştir.

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

a)Sobel b) Robert c)Prewitt

Şekil 2.12: Bazı Yönsüz Kenar Operatörleri

Robert kenar operatörü, genellikle, yatay ve düşey kenarların bulunmasında kullanılmaktadır ve gürültüden fazla etkilenmekte ve diğer yöntemlere göre zayıf kalmaktadır. Gürültünün etkisini azaltmak için, kenar operatörüne yumuşatma işlemi de eklenebilir. Kenar operatörleri ve yumuşatma operatörleri birbirleriyle çarpılarak 3x3 boyutlu bir matris oluşturulabilir. Bu işlem yatay ve dikey yönlerde yapılırsa Prewitt kenar operatörü elde edilir. Prewitt, kenar operatörü yumuşatma ve gradyan süreçlerinden oluştuğu için, Robert kenar operatörüne göre daha başarılıdır ve gürültüye karşı daha dirençlidir. Eğer, bir yöndeki yumuşatma operatörü değiştirilirse, yumuşatma işlemi daha iyi gerçekleştiren Sobel kenar operatörü elde edilir. (Bovik, 2003)

Bir diğer türev tabanlı yöntem de görüntünün ikinci türevini alıp sıfır geçişlerini tespit etmektir. Görüntünün ikinci türevi kenar bölgelerinde sıfır olacaktır. Bu noktalar tespit edildiğinde kenar görüntüsü elde edilir. İki boyutlu $f(x,y)$ görüntüsünün ikinci türevine laplasyan denir ve 2.7’de verildiği gibi bulunur.

Laplasyan Formülü:

$$\nabla^2 f(x,y) = \nabla(\nabla f(x,y)) = \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2} \quad (2.7)$$

Laplasyan temelli kenar bulma algoritmalarının önemli özelliklerinden biri, kenarlarda tek piksel şeklinde cevap vermesi ve böylece inceltme işlemine gerek duymamasıdır. Laplasyan formülünün bir diğer özelliği de izotropik olması yani yönden bağımsız olmasıdır. Bu da bütün yönlerdeki kenarlara cevap vermesi demektir. Ayrıca, kenarların bulunduğu yerlerde devamlı çizgiler halinde sonuç verir. Laplasyana dayanan

yöntemlerin en büyük sorunu gürültüdür. Gürültüye birinci türev yöntemlerinden daha hassastır. (Hazer,2007)

$$\begin{pmatrix} 0 & -2 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 2 & 0 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} -1 & 2 & -1 \\ 2 & -4 & 2 \\ -1 & 2 & -1 \end{pmatrix}$$

Şekil 2.13: Laplasyan kenar maskeleri

Laplasyan temelli yöntemlerin gürültü hassasiyetlerinin giderilmesi için öncesinde bir yumuşatma işleminden geçirilebilir. Farklı yumuşatma oranlarında görüntüdeki kenarlar izlenebilir. Yüksek oranlarda yumuşatılmış bir görüntüde kenarlar daha belirgin olurken düşük oranlarda yumuşatıldığında ise ayrıntılar daha fazla olur. Marr ve Hildreth (1980), değişik oranlarda yumuşatma uygulanabilen, hem laplasyan hem de gausyan işlemleri kullanılan yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Hem laplasyan ve hem de gausyan doğrusal işlemlerdir. Dolayısıyla bu işlemler bir arada kullanılarak yumuşatma ve kenar bulma işlemini birlikte yapabilecek yeni bir operatör elde edilmektedir. Gausyanın Laplasyanı (LoG: Laplacian of Gaussian) 2.8 şeklinde hesaplanmaktadır.

LoG Formülü:

$$f_c(x,y) = \nabla^2 g_c(x,y) = \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2.8)$$

Görüntüdeki kenarları bulmak için kullanılan bir yöntem de Canny yöntemidir. Birinci ve ikinci türev yöntemlerini amaca uygun şekilde kullanan Canny yöntemi temelde gradyan tabanlı bir yöntem olmasına rağmen laplasyanı da kullanır. Gausyanın birinci türevini tek boyutlu bir fonksiyona uygulayıp iyi sonuç verdiğini görmüş ve bunu iki boyutlu fonksiyona uygulamıştır. Gausyanın türevi, görüntüyü yumuşatır ayrıca bir kenarın birden fazla tepki vermesini de engeller. Canny'nin yöntemi, görüntünün Gausyan'la yumuşatılmasıyla başlar. Yumuşatılmış görüntü üzerinde, gradyan genliği ve yönü belirlenir. Bu değerler kullanılarak, en büyük değer olmayan fakat genlik nedeniyle kenar olması muhtemel noktalar belirlenerek bu noktalar bastırılır. Bunun için 3x3'lük bir komşulukta, gradyan değerleri sınanır. İlk elemeden sonra, kalan pikseller belirlenen iki eşik değeriyle eşiklenir. Bir eşik değeri, diğerinin iki veya üç katı olarak

seçilir. Kenar olması muhtemel olan piksellerden en az biri üst eşik değerini geçtiyse, kenar haritasında tutulur. Diğer noktalar ise alt eşik değeriyle eşiklenir. (Canny,1986)

Türev tabanlı yöntemlerde kullanılan Gradyan, Laplasyan, Sobel, Robert, Prewitt, Canny, LoG gibi operatörler görüntüdeki gürültüye çok duyarlı ve karmaşık matematiksel işlemler içermektedirler. Gürültünün etkisini azaltmak ve karmaşık işlemlerden kaçınmak için yeni yaklaşımlar da ortaya konmuştur. Daha sonraları yapılan çalışmalarda temel olarak dalgacık dönüşümü, matematiksel morfolojik ve yapay zeka tabanlı yöntemler geliştirilmiştir (Güvenç ve Karagül, 2009). Junxi ve diğerleri (2004) dalgacık dönüşümü tabanlı bir kenar belirleme algoritması önermişlerdir. Bin ve diğerleri (2005) ise görüntü eşikleme için morfolojik bir yaklaşım önermişlerdir. Yüksel ve Yıldırım (2004) da gürültülü görüntüler için sinir ağları ile bir kenar belirleme algoritması geliştirmişlerdir. Liang ve Looney(2003) kenar belirlemeye bulanık mantık tabanlı bir yaklaşım sunmuşlardır. Bu konuya getirilen yeni yaklaşımlardan biri de piksellerin benzerlik değerleri hesaplanılarak bulunan benzerlik ilişki matrisi temelli kenar belirleme yaklaşımıdır. Bu yaklaşıma göre bir görüntünün içinde temel olarak kenarlar ve kenar olmayan yerler olmak üzere iki kısım bulunmaktadır. Görüntü, alt kümelerine ayrılarak benzerlik oranları hesaplanabilmektedir. Her bir alt kümenin elemanları diğer alt kümelerin elemanlarına göre birbirlerine daha çok benzer olacaktır. Demirci, sunduğu yaklaşımda iki kademeli bir kenar belirleme algoritmasından bahseder. İlk olarak üç boyutlu renk aralığından oluşan renkli görüntü benzerlik ilişki matrisi kullanılarak tek boyutlu bir harita haline getirilir. Bu dönüşüm benzer piksellerle farklı piksellerin ayrıldığı, kenarların korunup gürültülerin azaltıldığı gri seviyeli bir görüntü üretir. İkinci basamakta da bir eşikleme işlemi gerçekleştirilmektedir. (Demirci, 2006)

Bu tez çalışmasında sunulan yeni yaklaşımda ise pikseller arasındaki benzerlik değerlerinin ölçümü, ışığın saydam bir levhadan geçip kırıldıktan sonra tekrar aynı ortama girmesi esnasında meydana gelen kayma miktarı kullanılarak hesaplanmaktadır.

2.6. BÖLÜTLEME

Bölgeler görüntüde yer alan aynı ya da benzer piksellerin bir araya gelmesiyle oluşan homojen kümelerdir. Bölütleme, görüntüyü birbirleriyle çakışmayan anlamlı bölgelerine ayırma işlemidir. Diğer bir deyişle görüntüyü daha anlamlı ve daha kolay analiz edilebilir hale getirmek amacıyla görüntüyü basitleştirmek ve değiştirmektir. Görüntü bölütleme işlemi görüntü işleme ve bilgisayar görüşü algoritmalarının önemli adımlarından biridir. Aynı zamanda oldukça zor bir işlem olan bölütleme işlemi için kullanılan yöntemlerin birçoğu görüntüyü bölgelerine ayırırken başarılı olmalarına rağmen zaman ve hesaplama açısından büyük yük getirmektedirler. Görüntü işleme konusunun eski ve halen tam olarak çözülememiş bir konusu olmakla birlikte, son zamanlarda görüntü bölütleme alanında yapılan çalışmalar artmaktadır. (Shapiro ve Stockman, 2001)

Görüntü bölütleme işlemi nesne ve örüntü tanıma işlemlerinde sıklıkla kullanılır. Görüntüyü anlamlı parçalara bölerek ilgilenilen nesne ya da bölge görüntünün geri kalan kısmından ayrılır ve böylece üzerinde çalışılan bölgede yapılan hesaplamalar ya da çeşitli görüntü işleme işlemleri kolaylıkla uygulanır. Özellikle tıbbi görüntülerde bölütleme işlemi teşhis için görüntü analizini kolaylaştırmakta ve büyük önem arz etmektedir. Coğrafi görüntüler üzerinde yapılan bölütleme işlemi arazi sınıflandırılması, kaçak yapılaşmanın ve yeşil alanların tespit edilmesi gibi işlemler için kullanılmaktadır. Endüstride ürün denetiminde, hareket analizi, nesne tanıma, yüz ve plaka tanıma gibi güvenlik uygulamalarında ve diğer birçok alanda bölütleme işlemi kullanılmaktadır.

Görüntü bölütleme, görüntü işlemenin ve görüntü analizinin en önemli bileşenidir ve oldukça zor bir görevdir. Aynı zamanda görüntü analizinin kalitesini belirleyen bir işlemidir. Bölütleme basit olarak görüntüdeki pikselleri çeşitli kıstaslara göre kümelemektir. Temel amaç görüntüdeki homojen bölgeleri, içinde farklı bir görüntü veya başka bir nesne olmadan tanıyabilmektir. Görüntü bölütleme işlemlerinde en çok karşılaşılan sorunlardan biri farklı nesnelere arka plandan ve birbirinden yalıtacak uygun yaklaşımı seçmektir. Farklı nesnelere gri seviye değerleri benzer ise bölütleme işlemi

iyi sonuç vermeyecektir. İyi bir bölütleme algoritması seçmek için, mevcut algoritmaların performanslarını ölçüp görüntü analiz sistemindeki etkilerini anlamak ve kullanım amacını da dikkate almak gerekmektedir. Görüntü bölütleme için çok çeşitli yöntemler ve yaklaşımlar bulunur. Bu yaklaşımlardan bazıları histogram tabanlı eşikleme, kenar tabanlı bölütleme, graf tabanlı yaklaşımlar, bölge genişletme (region growing), kümeleme ve sınıflandırma tabanlı yaklaşımlar, sinir ağları, ve diğer yaklaşımlardır. (Cheng ve diğerleri, 2001) (Pel ve Pal, 1993) (Fu ve Mui,1981) Bu yöntemler arasında özellikle bulanık k-ortalama (FCM), bölge genişletme ve histogram eşikleme yöntemleri dikkat çekmiş ve önemli bulunmuştur. (Demirci, 2006)

Histogram eşikleme yöntemi basit ve etkili bir bölütleme yöntemidir. Eşikleme yöntemi değişik gri ton seviyelerine sahip bir resmi, ikili hale, yani; 0 siyah, 1 beyaz rengi göstermek üzere, resmi 0 ve 1'lerden oluşan bir matris haline getirmektedir. Eşikleme işlemi yapılırken, bir eşik değeri belirlenir ve bu değer üstündeki değerler için, çıkış görüntüsündeki ilgili piksele 1, altındaki değerler için ise 0 değeri atanır. Böylece görüntü 0 ve 1'lerden oluşan bir ikili görüntü haline getirilir. Histogram eşikleme yönteminde eşik değeri, görüntünün histogramına göre belirlenmektedir. Bilindiği gibi histogram görüntünün içerdiği piksellerin değer aralığını belirten bir gösterimdir. Aynı zamanda frekans dağılımı olarak da adlandırılmaktadır, çünkü verilen herhangi bir gri seviye değerinin görülme sıklığı histogram grafiğinde gösterilebilmektedir. Histogram değeri bulunurken öncelikle görüntü gri seviyeli olarak tanımlanır. Daha sonra yoğunluk değeri hesaplanır. Renkli görüntülerde yoğunluk, RGB renk değerlerinin ortalamasıdır. Her yoğunluk değeri için bir kutu ayrılır ve sayma işlemine geçilir. Görüntü taranırken alınan gri değere ait kutunun değeri bir artırılır. Tarama bittiğinde elimizde 0-255 veri aralığında kutular ve bu kutuların içerdiği görüntüdeki her bir gri değerinin adedi bulunmaktadır. Dolayısıyla kutulardaki değerler, bize veri kümesindeki elemanların frekanslarını vermektedir. Frekanslar bir grafikte gösterilerek görüntünün histogramı çizilebilmektedir. Her bir gri seviye değeri için bulunan piksel sayısının, toplam piksel sayısına bölünmesiyle bir histogram değeri elde edilir. Elde edilen bu histogram değerine göre belirlenen bir eşik değeri ile de bölütleme işlemi yapılabilmektedir.

Bölütleme işlemini gerçekleştirmek için kullanılan diğer bir yöntem de kümeleme ve sınıflandırma tabanlı yaklaşımları kullanmaktır. Bu yöntemlerde görüntüdeki piksellerin aralarındaki ilişki kullanılarak görüntü alt kümelere ayrıştırılır. Sınıflandırma görüntüdeki bütün piksellerin taranarak her bir pikselin amaca uygun şekilde belirlenen sınıflardan birine atanmasıdır. Kümeleme de benzer şekilde görüntüdeki piksellerin benzer özelliklere sahip kümelere ayrıştırılmasıdır. Farklı kümelere pikseller çeşitli özellikleriyle birbirlerinden ayrılırlar. Kümeleme tabanlı yaklaşımlar parmak izi tanıma, hareket algılama, optik karakter tanıma gibi alanlarda kullanışlıdır.

Fuzzy C-Means (FCM) yöntemi, önemli ve son zamanlarda en sık kullanılan görüntü bölütleme yöntemlerinden biridir. Bulanık mantık temel olarak insan karar verme sisteminin makinelere uyarlanmasıdır diyebiliriz. Bulanık mantıkta 0 ve 1 gibi keskin geçişler kullanmak yerine yaklaşık geçiş değerleri kullanılır. Bulanık mantık tabanlı yöntemler kullanılırken çeşitli üyelik fonksiyonları oluşturulur ve elde edilen sonuçlara bakılarak üzerinde işlem yapılan veriler, oluşturulan gruplardan uygun olan bir tanesine atanır. Bulanık mantık, insan düşünme tarzına yakın bir yöntem olması nedeniyle tercih edilen bir yaklaşımdır. Fakat diğer yöntemler gibi bu yöntemin kullanımında da bazı sakıncalar vardır. Bu sakıncalardan biri komşu kümelerin renk uzayında sıklıkla üst üste gelmesi ve yanlış piksel sınıflandırılmasına neden olmasıdır. Bu, kümelerin sayısının önceden bilinmediği bölütleme uygulamalarında tipik olarak karşılaşılan bir sakıncadır. Aynı zamanda bulanık k-ortalama yönteminde görüntüde var olan bölgelerin bilgilerinin önceden verilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde yanlış sonuçlar söz konusu olmaktadır. (Güvenç ve diğerleri, 2010)

Bölge genişletme tabanlı yöntemler de görüntü bölütleme işleminde yaygın olarak kullanılan başarılı yöntemlerden birisidir. Bölge genişletme algoritmaları görüntüde çekirdek denilen bir ya da daha fazla pikseli alır ve o piksel ile etrafındaki komşu piksellerini bazı homojenlik kriterlerine göre genişleterek bölgelere ayrıştırır. Eğer çevresindeki pikseller çekirdek piksele renk, gri seviyesi, yoğunluk gibi bir takım özellikleri açısından benzemekte iseler, bu pikseller tek bir bölgeye dahil edilirler. Bu işlem görüntüdeki bütün pikseller bir ya da daha fazla bölgeye atanana dek yinelemeli olarak devam etmektedir. Çekirdek noktaların seçimi otomatik olarak ya da el ile yapılabilmektedir. Otomatik seçim ilgi çeken pikselleri bulmaya dayalıdır. Bu pikseller,

görüntünün histogramının tepe noktalarından seçilerek tanımlanabilmektedir. (Chang ve Li,1994) (Demirci, 2005). Çekirdek noktaların seçilmesi, ne gibi özelliklere sahip olan piksellerin bölge içinde yer alacağını belirtmesi açısından önemlidir. Bölütleme işlemi yapılırken, bölgeler, bazı aynı özelliklere sahip olan piksellerden oluşturulmaya çalışılmaktadır. Bu yapılırken piksellerin bağlanabilirlik ve bitişiklik bilgilerinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu konulara dikkat edildiğinde, sağlıklı bir bölütleme işlemi gerçekleştirilebilir. Bölütleme işlemi yapılırken bitişik pikseller arasındaki benzerlik değerine dikkat edilmesi gerekir. Benzerlik, farklı bölgeler meydana getiren bitişik piksellerin, ortalama gri seviyeleri arasında gözlenen minimum farktır. Bu fark, belirlenen benzerlik eşik değerinden küçük ise pikseller aynı bölgeye ait olurlar. Bölge büyütme yönteminin sakıncası, en uygun olmayan parametre ayarlarının bir sonucu olarak, sıklıkla az büyüme ya da fazla büyüme ile sonuçlanmasıdır. (Uslu, 2007)

Demirci (2006) otomatik olarak çekirdek noktaların seçilmesi ve büyütülmesi itibariyle bölge büyütme algoritmasına benzer bir yöntem önerisinde bulunmuştur. Algoritma görüntünün sol üst köşesindeki pikselin çekirdek noktası olarak seçilerek büyütülmesiyle başlamaktadır. Sonraki adım, daha önce hiçbir bölgede yer almamış olan piksellerin arasından yeni bir çekirdek piksel seçilmesidir. Bu işlem, soldan sağa tüm satırlardaki pikseller için yapılmaktadır. Pikseller arasındaki benzerlik oranı bulanık mantık kurallarına göre hesaplanmaktadır. Piksellerin bölgeyle birleştirilmesi, benzerlik oranı ile bir eşik değerinin karşılaştırılmasıyla gerçekleştirilir. Bu işlemin sonucuna göre pikselin bölgeye ait olup olmadığına karar verilir. Eğer piksel bölgeye ait ise bölgeyle birleştirilir. Bu yaklaşımda görüntüyle ilgili herhangi bir ön bilgiye ihtiyaç duyulmamaktadır. (Demirci, 2006)

Bu tezde sunulan görüntü bölütleme yaklaşımında da bölge büyütme algoritmasına benzer bir algoritma kullanılmaktadır. Piksellerin benzerlik oranları, ışığın kırılması sırasında oluşan paralel kayma miktarı kullanılarak hesaplanmıştır. Kullanılan algoritma, çekirdek noktalarını otomatik olarak bulmakta ve herhangi bir ön bilgiye ihtiyaç duymamaktadır. Ayrıca karmaşık hesaplamalar da içermemektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında, görüntü işlemede önemli görevler olan kenar belirleme ve bölütleme işlemlerinin gerçekleştirilmesi için yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Geliştirilen yeni yaklaşım, herhangi bir dış parametreye ve ön bilgilere gerek duymayan bir yaklaşımdır. Aynı zamanda karmaşık hesaplamalar da içermez. Yöntem temel olarak görüntüdeki piksellerin arasındaki benzerlik değerlerini bulmaya dayalıdır. Yeni yaklaşım kullanılarak, her bir piksel için benzerlik değerleri başarıyla bulunmuştur. Kullanılan yöntem, görüntülerin kenar haritalarının çıkarılması ve bölütleme gibi önemli işlemlerin yanı sıra diğer görüntü zenginleştirme ve filtreleme işlemlerini gerçekleştirmek için de kullanılabilir. Tatmin edici bir yaklaşımdır. Piksellerin arasındaki benzerlik değerleri bulunurken fiziksel bir olay olan ışığın kırılması kullanılmıştır. Işığın kırılması esnasında ışık bir ortamda kırıldıktan sonra, o ortama girdiği doğrultuda ortamdaki ortamdan çıkmaktadır. Fakat ışığın geliş ve kırılma açılarının farklı ortamlarda farklı değerlerde olması sonucunda, çıkışta paralel bir kayma meydana gelmektedir. Bu paralel kayma miktarı benzerlik ölçümünde kullanılır.

Kenar belirleme işlemi yapılırken görüntüdeki her bir piksel için benzerlik ilişkisi oluşturulur ve bu matristeki en büyük değer seçilerek görüntüde yerine yerleştirilir. Böylece görüntünün kenar haritası elde edilmiş olmaktadır.

Bölütleme işlemi yapılırken, benzer şekilde, pikseller arasındaki benzerlik değerleri bulunarak, belirlenen bir eşik değeri ile karşılaştırılır. Bu karşılaştırma sonucunda ilgili piksel etiketlenir ve bir bölgeye dahil edilir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, bir bölgeye dahil edilen bir pikselin pozitif bir etiket alması gerekmektedir ve ayrıca başka bir bölgeye daha dahil edilmemesi gerekmektedir. Hiç ilgilenilmemiş bir pikselin etiket değeri de negatif olmalıdır.

3.1. IŞIĞIN KIRILMA KANUNU TABANLI GÖRÜNTÜ İŞLEME

Görüntü üzerinde işlemler yapabilmek için öncelikle görüntüde yer alan pikseller sayısal bir dizi haline getirilmelidir. Görüntü sayısallaştırıldıktan sonra elde edilen sayısal dizi ile görüntü işleme yapılmaktadır. Bu tezde kullanılan yöntem ile kenar bulma ve bölütleme işlemleri yapılırken pikseller arasındaki benzerlik değerlerinin bulunması gerekir. Pikseller arası benzerlik değerlerinin ölçümü ışığın kırılması esnasında meydana gelen paralel kayma miktarına göre hesaplanmıştır.

Işığın saydam bir levhadan geçip tekrar kendi ortamına dönmesi olayında, ışığın ortama girdiği ışık yönüne paralel bir kayma meydana gelmektedir. Bu kayma miktarı, ortamın kırılma indisine bağlıdır ve bize iki piksel arasındaki benzerlik değerini vermektedir. İşlenecek olan her bir piksel için oluşturulan benzerlik ilişki matrisinden elde edilen değerlerin içerisinde seçilen maksimum benzerlik değeri ise, bu pikselin, görüntünün benzerlik haritasındaki değerini vermektedir. Bir görüntünün benzerlik ilişki matrisi oluşturularak, görüntüdeki her bir pikselin benzerlik değeri bulunduğunda, aynı zamanda görüntüdeki kenarlar da bulunmuş olur. Benzer şekilde görüntü bölütlenirken de yine piksellerin benzerlik oranları hesaplanır ve elde edilen benzerlik değeri bir eşik değeriyle karşılaştırılır. Bu şekilde görüntüdeki her piksel, diğer bazı özellikleri de göz önünde bulundurularak, ait olduğu bir bölgeye atanır.

3.2. IŞIĞIN KIRILMASI

Maxwell ışığı düz dalgalar halinde yayılan elektromanyetik dalgalar olarak tanımlamıştır. (Güvenç vd, 2008 a) Işık ışınları saydam bir ortamdan başka bir saydam ortama geçerlerken, ışınların bir kısmı yansarak geldikleri ortama dönerler, bir kısmı da ikinci ortama, doğrultusu ve hızı değişerek geçerler. Bir dalga yayılma hızının farklı olduğu bir ortama açılı olarak girmesi ve yön değiştirmesi ışığın hızının ortama

göre değişmesinden kaynaklanmaktadır. Düz bir yol boyunca, ortamın kırılma indisine bağlı hareket eden ışığın hızı 3.1'deki gibi ifade edilir.

$$v = \frac{c}{n} \quad (3.1)$$

v: Işığın n kırılma indisli ortamdaki hızı

c: Işığın boşluktaki hızı

n: Ortamın kırılma indisi

Kırılma indisi ortamların ayırt edici bir özelliğidir. (Jackson, 1975) Işık ışını kırılma indisi küçük ortamlardan daha büyük ortamlara geçerken normale yaklaşır, kırılma indisi büyük ortamlardan daha küçük ortamlara geçerken ise normalden uzaklaşır. Işığın ikinci ortama geçerken doğrultu değiştirmesine “ışığın kırılması” denir. Işığın kırılma kanuna göre; ışığın ortama gelme açısının sinüsünün, ortamda kırılma açısının sinüsüne oranı her zaman sabittir. Bu sabit, ikinci ortamın birinci ortama göre kırılma indisine eşittir.

$$\frac{\sin(\theta_i)}{\sin(\theta_r)} = \frac{n_r}{n_i} = n_{i,r} \quad (3.2)$$

θ_i : Işığın gelme açısı

θ_r : Işığın kırılma açısı

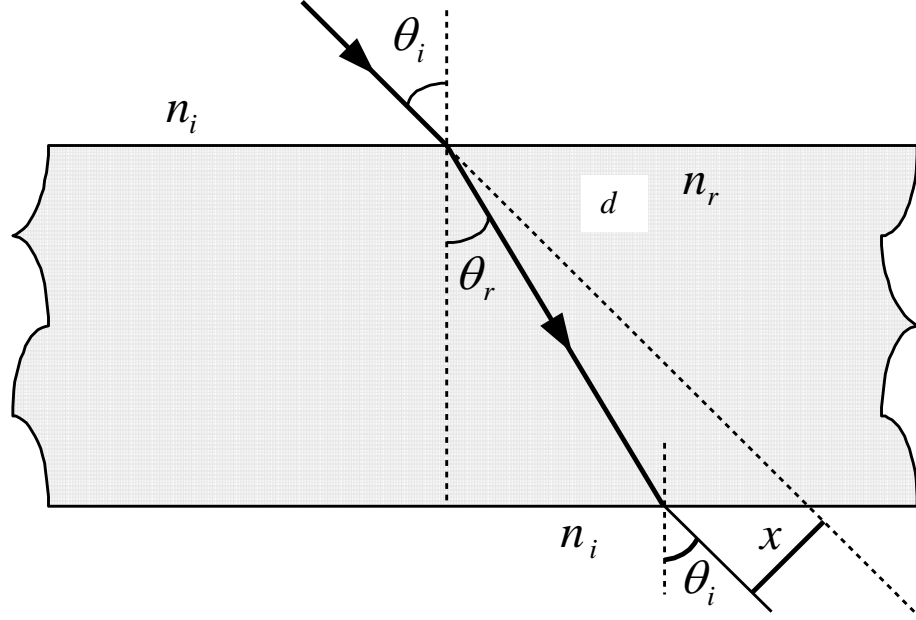
n_i : Birinci ortamın kırılma indisi

n_r : Birinci ortamın kırılma indisi

$n_{i,r}$: Işığın kırıldığı ortamların kırılma indisleri oranı

Işık ışınları, kırılma indisi küçük ortamlardan, paralel yüzlü d kalınlığında kırılma indisi büyük ortamlara Şekil 3.1'de gösterildiği gibi geldiğinde, normale yaklaşarak, çıkarken

ise normalden uzaklaşarak kırılmaktadır. Kırılan ışın ile gelen ışının doğrultuları, birbirlerine paralel olur. Yani sadece ışının doğrultusu paralel bir kaymaya uğrar. Şekil 3.1’de bahsedilen durum tasvir edilmektedir.



Şekil 3.1 Işığın kırılması

3.3. BENZERLİK KAVRAMI VE ÖLÇÜMÜ

Benzerlik temelde tüm bilim alanları için önemli bir yer kaplamakta ve hayati bir görev yapmaktadır. Eğer benzerlik ölçülebilir ise, nesnelere sınıflandırılabilir ve bir nesne diğerinden kolayca ayırt edilebilir. Böylece nesnelere bazı gruplar altında toplandıktan sonra, grupların karakteristikleri daha kolay anlaşılabilir. Bu sayede karşılaşılan yeni bir nesne, herhangi bir grup içine dâhil edebilir veya onun için yeni bir grup oluşturulur. Günlük yaşamda, bu tür benzer grupları ayırt etmek zorunda kaldığımız durumlar bulunmaktadır. Dolayısıyla, benzerlik ölçümü gruplar veya nesnelere arasındaki benzerlik derecesine karar vermede önemli rol oynamaktadır. (Demirci, 2007) İnsanlar iki farklı obje arasındaki benzerliğe karar vermekte başarılı olmasına rağmen benzerlik henüz makineler tarafından tanımlanması ve gerçekleştirilmesi zor olan çok önemli bir konudur. Görüntü işleme söz konusu olduğunda önemli olan iki piksel arasındaki

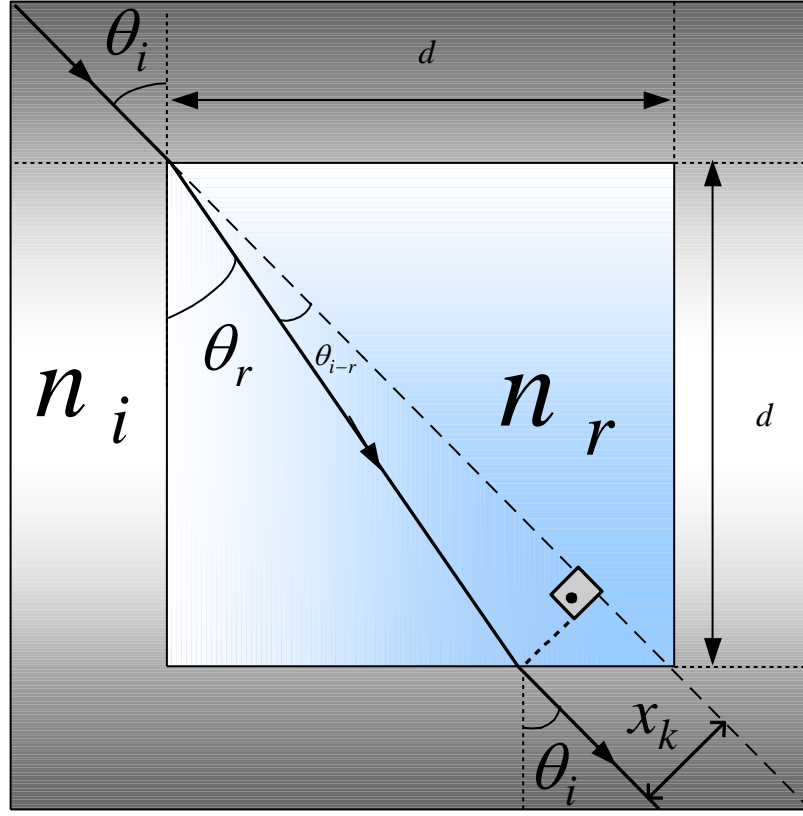
benzerlik değeridir. Bu benzerlik değeri Weurger'in (1995) renk alanlarında yakınlık kararı üzerine yaptığı araştırmalarında algısal renk yakınlığının doğasında Öklit olmadığını gösterene kadar Öklit mesafesi vasıtasıyla değerlendirilmekte idi. Bu tez çalışmasında ise benzerlik değeri ışığın kırılması olayı esnasında oluşan kayma miktarı ile bağdaştırılmaktadır.

Şekil 3.2'deki gibi iki komşu pikseli düşünelim. Burada gösterilen P_1 ve P_2 piksellerinden, büyük gri düzey renk değerine sahip olanı ışığın saydam levhaya giriş açısı ve daha küçük olanı da ışığın kırılma açısı olarak kabul edilmiştir.

P_1	P_2
$L_{G,1}$	$L_{G,2}$

Şekil 3.2 İki komşu pikselin gri düzeyleri

Daha sonra Şekil 3.3'de gösterilen bir tasarım gerçekleştirilmiştir. Burada giriş açısı büyük olan pikseli dış ortam ve küçük olan pikseli ise içerisine yerleştirilmiş d kenar uzunluğuna sahip bir saydam levha olarak düşünölmüştür.



Şekil 3.3: Işığın saydam levhadan geçişi için tasarlanan durum

Işık ışını, paralel saydam bir levhadan Şekil 3.3’de gösterildiği gibi geldiğinde normale yaklaşarak bir kırılma yapar. Işık saydam levhadan geçip tekrar aynı ortama döndüğünde ise x_k miktarı kadar bir paralel kayma meydana gelmektedir. Meydana gelen kayma 3.3’deki gibi hesaplanır.

$$x_k = d \times \frac{\sin(\theta_i - \theta_r)}{\cos(\theta_r)} \quad (3.3)$$

x_k : Oluşan paralel kayma miktarı

d : Saydam kare levhanın bir kenar uzunluğu

θ_i : Işığın gelme açısı

θ_r : Işığın kırılma açısı

Denklemlerden de görüldüğü gibi, meydana gelen kayma miktarı ortamın kalınlığına, ışığın giriş ve kırılma açlarına bağlıdır.

Eğer ışığın giriş ve çıkış açısı birbirine eşitse bu iki ortamında aynı olduğu anlamına gelir ve eşitlikten “0” elde edilir. d kalınlığı, kayma miktarını 0-1 arasında bir değişim sağlarken görüntüdeki kenar geçiş derecelerini de ayarlamaktadır. Bu d kalınlığı 1 değerine yaklaştıkça daha sert kenarlar meydana gelmektedir. Dolayısıyla iki piksel arasındaki benzerliğin değeri 3.4’de görülen eşitlikle hesaplanır.

$$S=1- x_k \quad (3.4)$$

S : İki piksel arasındaki benzerlik değeri

x_k : Paralel kayma miktarı

Bu çalışmada, giriş açısı ve kırılma açıları 1-90 derece arasında sınırlandırılmıştır. Eğer $P1$ gri düzey renk değeri $P2$ gri düzey renk değerinden büyük ise ışığın giriş açısı 3.5 ve kırılma açısı 3.6’daki gibi hesaplanacaktır.

Gri düzey renk değerleri $P1 > P2$ ise ışığın giriş açısı:

$$g=89/255 \times P1+1 \quad (3.5)$$

Gri düzey renk değerleri $P1 > P2$ ise ışığın kırılma açısı:

$$k=89/255 \times P2+1 \quad (3.6)$$

g : Işığın giriş açısı

k : Işığın kırılma açısı

$P1$: $P1$ pikselinin gri düzey renk değeri

$P2$: $P2$ pikselinin gri düzey renk değeri

Eğer $P1$ gri düzey renk değeri $P2$ gri düzey renk değerinden küçük ise ışığın giriş açısı 3.7 ve kırılma açısı 3.8’deki gibi hesaplanacaktır.

Gri düzey renk değerleri $P1 < P2$ ise ışığın giriş açısı:

$$g=89/255 \times P2+1 \quad (3.7)$$

Gri düzey renk değerleri $P1 < P2$ ise ışığın kırılma açısı:

$$k=89/255 \times P1+1 \quad (3.8)$$

3.4. BENZERLİK İLİŞKİ MATRİSİ OLUŞTURMA VE KENAR BELİRLEME

İki komşu piksel arasındaki benzerlik değerinin hesaplanması ışığın saydam levhadan geçişinde meydana gelen paralel kayma miktarına bağlı olarak Denklem 3.3 vasıtasıyla hesaplanabilir. Şekil 3.4’de gösterildiği gibi bir görüntüdeki bir piksel 8 tane komşu piksele sahiptir.

P ₁	P ₂	P ₃
P ₄	P ₉	P ₅
P ₆	P ₇	P ₈

Şekil 3.4 Bir görüntüdeki komşu pikseller

Şekilde gösterilen merkez piksel P₉ dahil 9 adet pikselin benzerlik değerlerinin hesaplarının bütün olası kombinasyonları gerçekleştirerek 81 adet benzerlik değeri bulunur. Sonuç olarak, benzerlik ilişkisi 3.9’deki gibi elde edilir. (Demirci, 2006)

$$S_{m,n} = \begin{bmatrix} S_{1,1} & S_{1,2} & \cdot & \cdot & S_{1,9} \\ S_{2,1} & S_{2,2} & \cdot & \cdot & S_{2,9} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ S_{9,1} & S_{9,2} & \cdot & \cdot & S_{9,9} \end{bmatrix} \quad (3.9)$$

$S_{m,n}$: Benzerlik İlişki Matrisi

Dolayısıyla her bir pikselin 9 adet benzerlik değeri vardır Yukarıdaki matriste yer alan her bir benzerlik değeri, her bir piksel için, ışık birinci ortamdan ikinci ortama geçerken oluşan kayma miktarına göre hesaplanır. Bu hesaplama 3.4’te gösterilmiştir.

Bu benzerlik değerlerinden birisi de kendisiyle olan benzerliğidir. Kendisi ile olan benzerliği ise her zaman 1 olacaktır. Bu nedenle kendisi ile olan benzerlik değeri

hesaplanmaya alınmayarak her bir k pikseli için benzerlik değeri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$S_k = \frac{1}{8} \sum_{n=1}^9 S_{k,n} \quad k \neq n \quad (3.10)$$

S_k : ilgilenilen pikselin benzerlik değeri

k : ilgilenilen pikselin sayısı

n : komşu pikselin sayısı

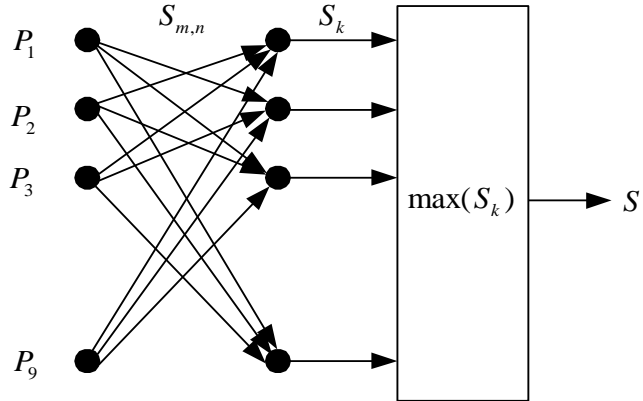
Benzerlik haritası çıkartılacak olan görüntüde, üzerinde işlem yapılan pikselin değeri, hesaplanan bu 9 adet değerin içinden maksimum olan değer seçilerek bulunur.

$$S = \max(S_k) \quad (3.11)$$

S : İlgili pikselin benzerlik değeri

S_k : İlgili piksel için hesaplanan benzerlik değerleri

Şekil 3.5'de işlenecek olan pikselin benzerlik değerinin hesaplanması için geliştirilen benzerlik ağı görülmektedir.



Şekil 3.5: Benzerlik ağı

S değeri; 0 ve 1 arasında değişir ve merkez pikselin benzerlik değerini ifade eder. Bir görüntüdeki her pikselin benzerlik değerleri hesaplandığında elde edilen değerler bize görüntünün kenar haritasını verecektir.

3.5. OTOMATİK BÖLÜTLEME YÖNTEMİ

Bölütleme temel olarak görüntüde bazı aynı özelliklere sahip piksellerin kümeleştirilmesidir. Dolayısıyla piksellerin birbirleriyle ne oranda benzerlik ilişkilerine sahip olduğunu belirlemek için bir takım matematiksel yargılara ihtiyacımız vardır. Benzerlik ölçümlerinin en kolaylarından bir tanesi öznitelik vektör çiftleri arasındaki uzaklığın kullanılmasıdır. Bütün örnek bilgi çiftleri arasındaki uzaklık hesaplandığında aynı gruptaki noktalar arasındaki uzaklığın, farklı gruplardaki noktalar arasındaki uzaklıktan önemli ölçüde az olması beklenir. (Güvenç ve diğerleri, 2008) (Politeknik)

Genel olarak kullanılan bir benzerlik ölçümü uzaklık fonksiyonu temellidir. Bir çift M yanında X_i ve X_j vektörleri arasındaki uzaklığın genel formülü aşağıda verildiği şekilde hesaplanır;

$$d_{i,j} = |x_i - x_j| = \left[\sum_{m=1}^M |x_{i,m} - x_{j,m}| \right]^{1/r} \quad (3.12)$$

$x_{i,m}$ ve $x_{j,m}$: x_i ve x_j örnek bilgilerinin m 'ninci öznitelikleri

Bir görüntü kendi aralarında komşu olan pikseller içermektedir. Görüntüde bulunan $P1$ ve $P2$ pikselleri arasındaki bileşenlerin gri düzey farkları aşağıdaki gibi tanımlanabilir;

$$\Delta G = G1 - G2 \quad (3.13)$$

$G1$: $P1$ pikselinin gri düzey seviyesi

$G2$: $P2$ pikselinin gri düzey seviyesi

Öklit renk alanlarındaki uzaklık bilgisinin benzerlik kararı için uygun olmadığını Weurger (1995) renk alanlarında yakınlık kararı üzerine yaptığı araştırmalarında ispatlamıştır. Benzerlik ölçümünün renk alanlarındaki mesafeye dayanan en genel formülü 3.14'deki gibi verilebilir; (Güvenç ve diğerleri, 2008 a)

$$S(x_i, x_j) = 1 - (|x_i - x_j| / D_n) \quad (3.14)$$

$S(x_i, x_j)$: X_i ve X_j arasındaki benzerlik miktarı

D_n : Normalizasyon katsayısı

Görüntüde yer alan bir piksel ve komşuları Şekil 3.6’da görülmektedir. İşlenecek olan her bir piksel ve komşuları arasındaki benzerlik oranlarının minimum değerleri bize görüntünün benzerlik haritasını verir. Benzerlik haritasını çıkartmak için yapılması gereken işlem 3.15’de gösterilmiştir.

$$S = \min(S_1, \dots, S_8) \quad (3.15)$$

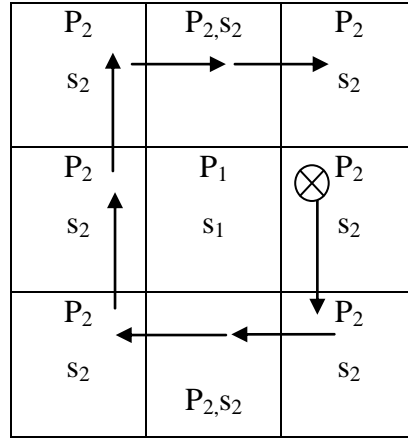
S : İlgili pikselin benzerlik değeri

$S_{(l,n)}$: İlgili pikselin komşularıyla arasındaki benzerlik değerleri

Otomatik bölütleme algoritmasında benzerlik oranının hesaplanma yönü Şekil 3.7’de görüldüğü üzere saat yönünde yapılır ve piksellerin bölge numaralarını tutmak için görüntüyle aynı boyutta dinamik bir dizi halinde tutulur. Başlangıçta tüm değerler -1 olur. Dizide negatif sayıların varlığı ilgili pikselin henüz hiçbir bölgeye atanmadığı ve benzerlik değerinin hesaplanması gerektiği anlamına gelir. Daha sonra benzerlik oranı değeri benzerlik oranı eşik değeri ile karşılaştırılır ve komşu piksellerin aynı bölgede yer alıp almadığına karar verilir. Aynı bölgede yer alıyorlar ise P1 pikselinin bölge numarası P2 pikselinin de bölge numarası olarak atanır ve diğer piksel kontrol edilir. Dizideki değer pozitif olması ilgili pikselin daha önce bir bölgeye atandığı anlamına gelir ve üzerinde tekrar durmaya gerek yoktur. Daha sonra Şekil 3.7’de gösterilen maske görüntünün üzerinde soldan sağa ve yukarıdan aşağıya doğru gezdirilir ve bölge etiketlemesi tamamlanır.

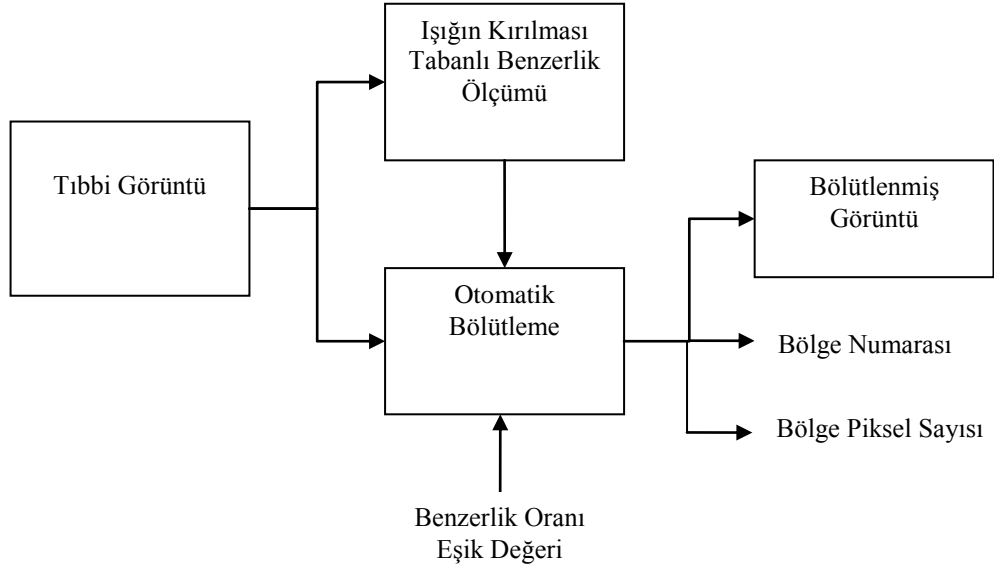
$x-1, y-1$	$x-1, y$	$x-1, y+1$
$x, y-1$	x, y	$x, y+1$
$x+1, y-1$	$x+1, y$	$x+1, y+1$

Şekil 3.6 Görüntüdeki piksellerin uzaysal gösterimi



Şekil 3.7: Benzerlik oranının hesaplanması için görüntü üzerinde gezdirilen maske (Güvenç ve diğerleri, 2010)

Işığın kırılma kanunu tabanlı otomatik bölütleme yöntemi, girişin tıbbi görüntü ve benzerlik oranı eşik değeri olduğu bir sistem olarak tanımlanabilir. Şekil 3.8 önerilen bu sistemi göstermektedir. Sistemin çıktıları bölütlenmiş görüntü, bölge numaraları ve bölgedeki piksel sayılarıdır.

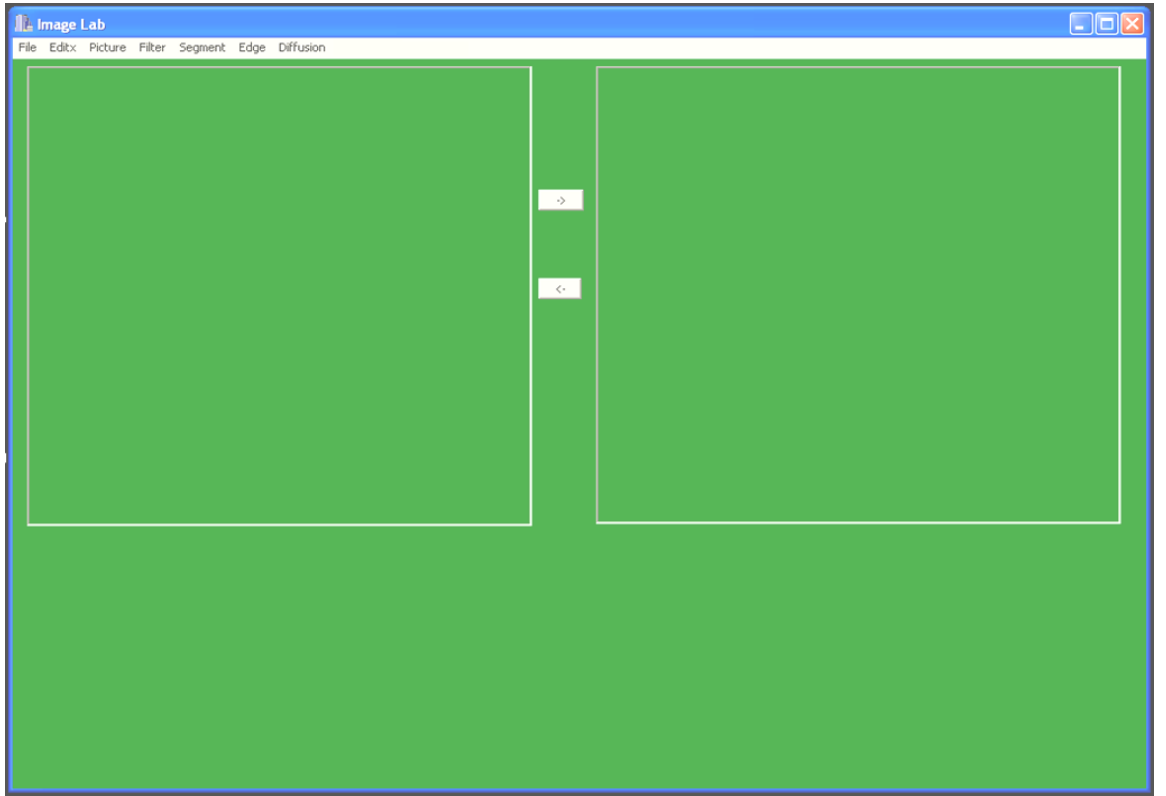


Şekil 3.8: Önerilen sistem(Güvenç ve diğerleri, 2010)

Bu çalışmada, görüntü işlemenin en temel konularından birisi olan gri düzey görüntülerinin kenar haritalarının çıkarımı ve tıbbi görüntü bölütleme işlemleri için fiziksel bir olay olan ışığın kırılmasından faydalanılmıştır. Işığın saydam levhadan geçip tekrar kendi ortamına dönmesi sırasında, girdiği ışık yönüne paralel olacak şekilde bir kayma meydana gelmektedir. Bu kayma miktarı, ortamın kırılma indisine bağlıdır ve bize iki piksel arasındaki benzerlik değerini vermektedir. İşlenecek olan her bir piksel için oluşturulan benzerlik ilişki matrisinden elde edilen değerlere göre seçilen maksimum benzerlik değeri ise bu pikselin görüntünün benzerlik haritasındaki değerini vermektedir. Her bir pikselin benzerlik değerini, belirlenen eşik değeriyle karşılaştırarak pikselleri çeşitli özelliklerine göre bölgelere atayarak da bölütleme işlemini gerçekleştiririz. (Güvenç ve diğerleri, 2010)

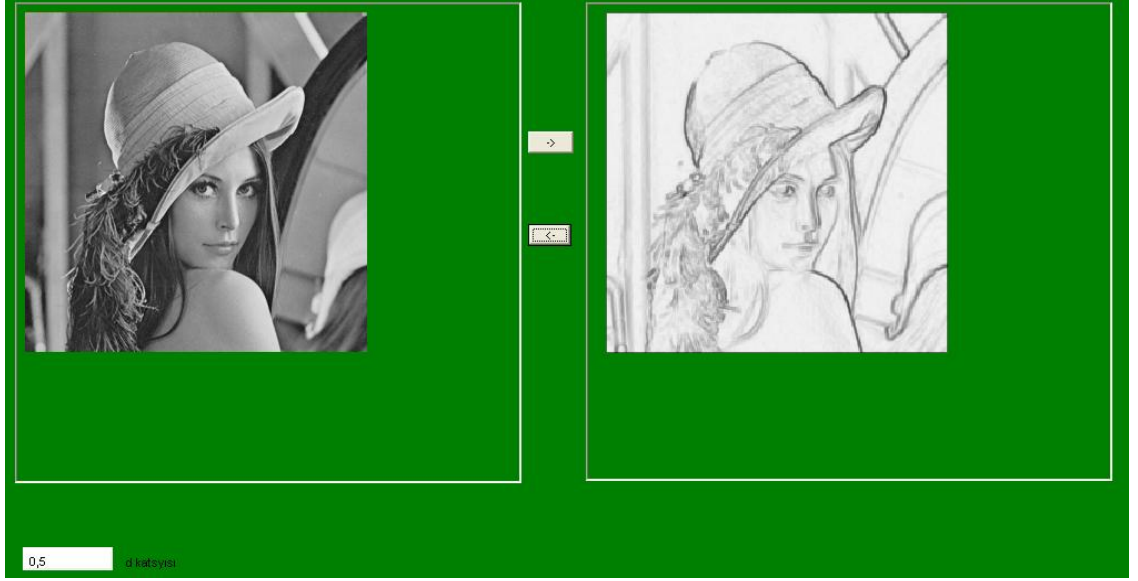
4. BULGULAR

Bu tez çalışmasında önerilen yöntem için program kodlarının yazılması işlemi Borland C++Builder 5.0 programında C++ programlama dili ile gerçekleştirilmiştir. Kullandığımız programda, kullanıcılar için Şekil 4.1'deki gibi bir ara yüz geliştirilmiştir.



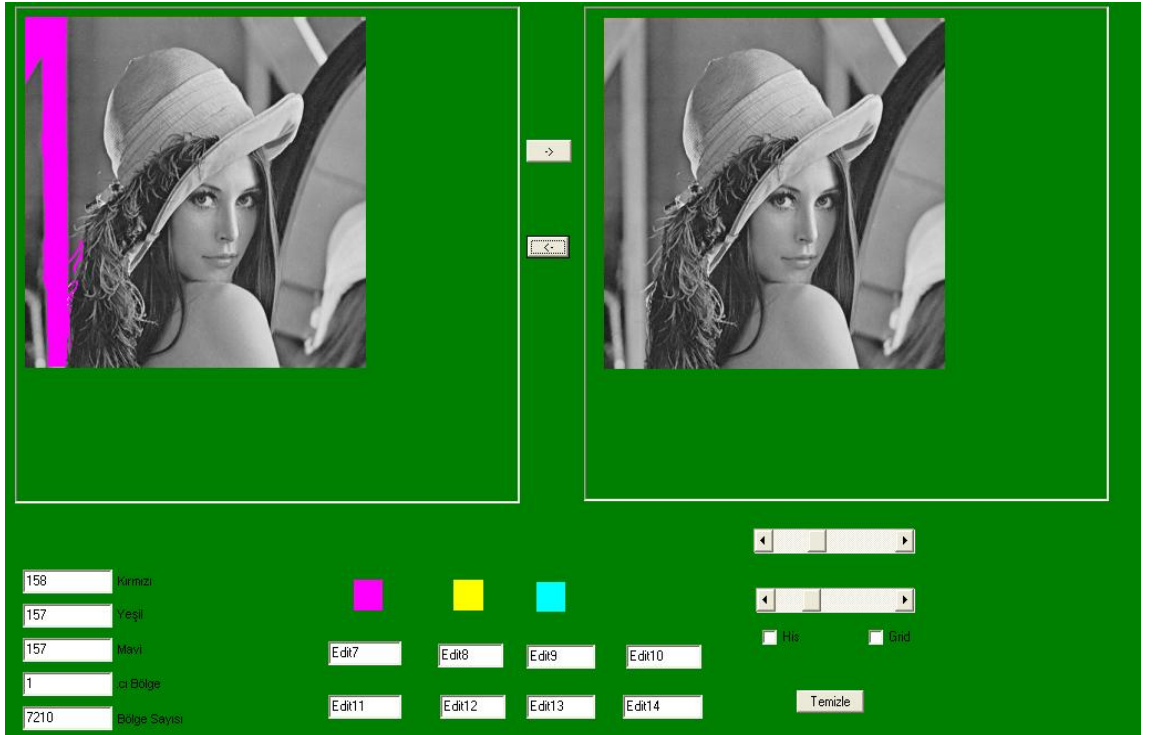
Şekil 4.1: Kullanıcı Arayüzü

Bu tezde özellikle üzerinde durulan kenar belirleme ve bölütleme işlemlerinin sonuçlarını daha sağlıklı gösterebilmek için özelleştirilmiş ara yüz tasarımları Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te gösterilmektedir.



Şekil 4.2: Kenar Belirleme Kullanıcı Arayüzü

Kenar belirleme işleminde elde edilen, görüntünün benzerlik haritası ve d parametresi Şekil 4.2’de görülmektedir.



Şekil 4.3 Bölütleme Kullanıcı Arayüzü

Şekil 4.3’te bölütleme işlemi sonuçları görülmektedir. Görüntünün bölütlenmesi sonucunda bulunan bölgenin kaçınıcı bölge olduğu, kaç pikselden oluştuğu ve renk değerleri bölütlenmiş görüntü ile birlikte bulunmuştur.

4.1. GÖRÜNTÜLERDE IŞIĞIN KIRILMA KANUNU TABANLI KENAR HARİTASI ÇIKARIMI

Tasarlanan kenar bulma algoritması, görüntü işleme alanında en iyi bilinen 255x255 piksel boyutunda 255 gri seviyeli “Lena” ve “House” görüntülerine uygulanmıştır. Uygulamaya geçirmeden önce görüntüler üzerinde iyileştirme gibi herhangi bir ön işleme yapılmamıştır.



a)



b)

Şekil 4.4: Orijinal görüntüler a) “Lena” b) “House”

Saydam levhanın uzunluğu (d) farklı değerler alınarak değişik kombinasyonlarda görüntüler için kenar haritaları elde edilmiştir. Şekil 4.4 a) ve Şekil 4.4 b)'de sırasıyla orijinal ‘‘Lena’’ ve ‘‘House’’ görüntüleri gösterilmiştir. d katsayısının 0.5 ve 1 değerleri için ‘‘Lena’’ ve ‘‘House’’ görüntüsünden elde edilen kenar haritaları sırasıyla Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



a)



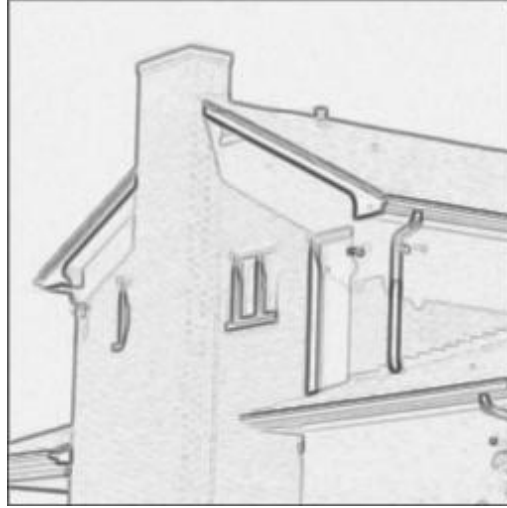
b)

Şekil 4.5: ‘‘Lena’’ grntsn kenar haritaları

a) $d=0.5$ b) $d=1$



a)



b)

Şekil 4.6: “House” görüntüsün kenar haritaları

a) $d=0.5$ b) $d=1$

Kenar haritaları elde edilmiş görüntüler içinde gri düzeylerin kenar dayanıklılığını gösterdiği gri ölçekli görüntülerdir. Saydam levhanın kalınlığının 0.5 olması ani kenar geçişlerin yumuşamasını ve pürüzsüz bir görüntü elde edilmesini sağlamıştır. Bu birim 1 seçildiğinde ise geçişlerin daha sert olduğu görülmektedir. Her iki durumda da test görüntülerinin kenar haritalarının başarılı bir şekilde elde edildiğini ve görüntüdeki çok küçük değişikliklerin fark edilebildiği görülmektedir. Bu durum özellikle son yıllarda görüntülerin filtrelenmesinde kullanılan yaygın filtrelerde istenilen bir özelliktir. (Güvenç ve Karagül, 2009)

4.2. IŒIĐIN KIRILMA KANUNU TABANLI GÖRÜNTÜ BÖLÜTLEME

Tasarlanan bölütleme algoritması, yine görüntü işleme alanında en iyi bilinen 255x255 piksel boyutlarındaki 255 gri seviyeli “Lena” ve “Cameraman” görüntülerine uygulanmıştır.



a)



b)

Œekil 4.7 “Lena” görüntüsünün bölütlenmesi

a) Orijinal “Lena” Görüntüsü b) Bölütlenmiş “Lena” Görüntüsü



a)



b)

Şekil 4.8 “Cameraman” görüntüsünün bölütlenmesi

a) Orijinal “Cameraman” Görüntüsü b) Bölütlenmiş “Cameraman” Görüntüsü

Şekil 4.7 a) ve Şekil 4.8 a)’da sırasıyla orijinal “Lena” ve “Cameraman” görüntüleri gösterilmektedir. Bu görüntülerde yer alan bazı bölgeler sırasıyla Şekil 4.7 b) ve Şekil 4.8 b)’de gösterilmiştir.

Şekil 4.7 b)’de görülen “Lena” görüntüsünde yapılan bölütleme işlemi sonucunda bölgelerin gayet net olarak elde edildiği görülmektedir. Şekil 4.8 b)’de ise görüntünün arka tarafında bulunan ağaç, kameramanın yüzü ve kameranın ayaklarındaki çeşitli

bölgeler oldukça net bir şekilde bölütlenmiştir. Tasarlanan bu yöntem kullanılarak görüntülerde bölütleme işlemi başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Kullanılan algoritma aynı zamanda bazı tıbbi görüntüler üzerinde de uygulanmış ve aşağıda görülen sonuçlar alınmıştır.

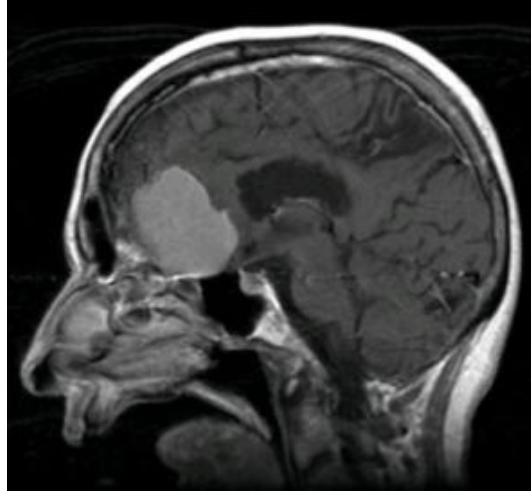
Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da görüldüğü üzere, yöntem, 367x342 ve 186x186 boyutlarında, 255 gri seviyeli MR beyin ve diz görüntülerinde test edilmiştir.

Şekil 4.9 a) orijinal bir beyin MR görüntüsünü göstermektedir. Şekil 4.9 b) denklem 3.4 uygulanarak elde edilmiş benzerlik görüntüsünü göstermektedir.

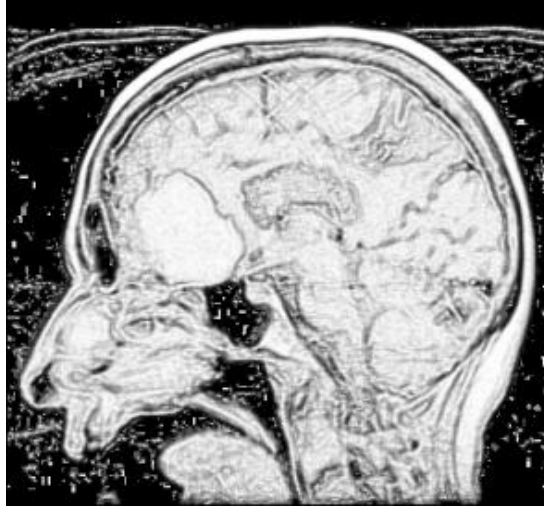
Şekil 4.10 a) bir orijinal diz görüntüsünü göstermektedir. Şekil 4.10 b) ise yine denklem 3.4 uygulanarak elde edilmiş benzerlik görüntüsünü göstermektedir.

Uygulamalarda ışığın kırılma kanunu tabanlı yöntem ile tıbbi görüntülerin benzerlik görüntülerine dönüştürülebildiği görülmüştür. Dönüştürülen görüntü gri seviyelerin gücünün kenarları gösterdiği gri seviyeli bir görüntüdür. Bunun sonucunda tıbbi görüntülerde çok küçük değişimler tespit edilebilir.

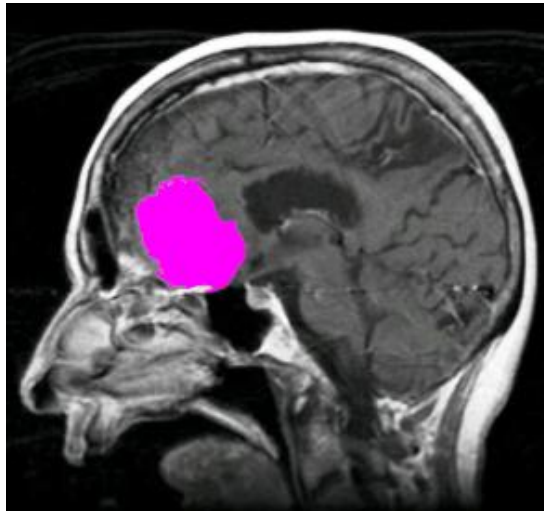
Şekil 4.9 c) bölütlenmiş görüntüde pembe renkte işaretlenmiş tümör olan bölge görülmektedir. Şekil 4.10 c)'deki görüntüde ise uyluk, kaval kemiği ve menüsküs sırasıyla pembe, sarı ve yeşil renklerle gösterilmiştir.



a)



b)



c)

Şekil 4.9: Bir beyin MR görüntüsü

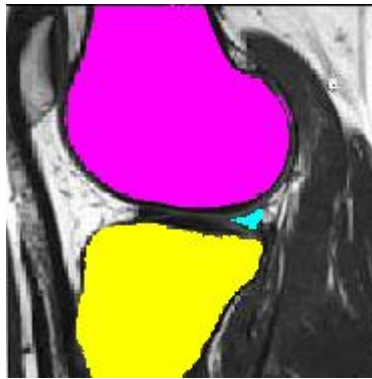
a) Orijinal görüntü b) Benzerlik Görüntüsü c) Bölütlenmiş tümör görüntüsü



a)



b)



c)

Şekil 4.10: Bir diz MR görüntüsü

a) Orijinal Görüntü b) Benzerlik Görüntüsü c) Bölütlenmiş uyluk, kaval ve menüsküs görüntüsü

Deneyleerde beyin ve diz tıbbi görüntülerinin kullanılmasının amacı tümör, uyluk, kaval kemiği, menüsküs bölgelerini belirlemek ve arka plan görüntüsünden ayırmaktır. Bölütleme sonuçlarından beyin içerisindeki tümör bölgesinin 3761 piksel ve uyluk, kaval ve menüsküs bölgelerinin de sırasıyla 8484, 5249 ve 75 piksel içerdiği görülmektedir. Bu sonuçların elde edilmesi ameliyat yaparken bir cerraha ve ilgili bölgelerin boyutlarını ve ilerleme durumunu tahmin ederken bir radyologa yardımcı ve faydalı olabilir.

Sonuçlardan da anlaşılabileceği gibi önerilen yöntem nesnelere başarıyla bölütlemede ve benzerlik haritasını çıkarmaktadır. Deneyleerde nerilen yöntem C++ programlama dilinde yazılmış bir programdır. 2.4 GHz işlemci ve 512 MB RAM bellek bulunan bir bilgisayarda çalışma zamanı her görüntü başına yaklaşık olarak 100 mili saniyedir. (Güvenç ve diğerleri, 2010)

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Görüntü işleme konusu günümüzde gelişen ve uygulama alanı gittikçe artan bir konu haline gelmiştir. Tıptan güvenliğe kadar hemen her alanda karşımıza çıkmakta ve önem arz etmektedir. Bu tez çalışmasında görüntü işlemenin en temel konularından birisi olan gri düzey görüntü işleme konusuna yeni bir bakış açısı getirilerek ışığın kırılma kanunu tabanlı yeni bir algoritma geliştirilmiştir. Gerçekleştirilen yeni algoritma temelde piksellerin birbirleriyle olan benzerlik ilişki değerlerini bulmaya yöneliktir. Benzerlik oranı hesaplanırken fiziksel bir olay olan ışığın kırılmasından faydalanılmıştır. Işığın saydam bir levhadan geçip tekrar kendi ortamına dönmesinde girdiği ışık yönüne paralel bir kayma meydana gelir. Işığın kırılması esnasında ışık kırıldıktan sonra girdiği doğrultuda çıkar. Fakat ışığın geliş ve kırılma açısının farklı ortamlarda farklı olması sonucunda çıkışta paralel bir kayma meydana gelir. Bu kayma miktarı ortamın kırılma indisine bağlıdır ve bize iki piksel arasındaki benzerlik değerini vermektedir. Bu kayma miktarı benzerlik ölçümünde kullanılır. İşlenecek olan her bir piksel için benzerlik hesaplamaları yapılarak benzerlik ilişki matrisi oluşturulur.

Kenar belirleme işlemi yapılırken görüntüdeki her bir piksel için benzerlik ilişki matrisi oluşturulur. Elde edilen değerlere göre seçilen maksimum benzerlik değeri seçilerek görüntüde yerine yerleştirilir. Böylece görüntünün kenar haritasını elde etmiş oluruz. (Güvenç ve Karagül, 2009)

Bölütleme işleminde de benzer şekilde pikseller arasındaki benzerlik değerleri bulunmalıdır. Önerilen algoritma bölge genişletme algoritmasına benzer şekilde çekirdek noktaların otomatik olarak seçilmesi ve genişletilmesi mantığıyla gerçekleştirilmiştir. Her bir piksel için benzerlik değeri, belirlenen bir eşik değeri ile karşılaştırılır. Bu karşılaştırma sonucunda ilgili piksel etiketlenir ve bir bölgeye dahil edilir. Burada dikkat edilmesi gereken husus bir bölgeye dahil edilen pikselin pozitif bir etiket alması ve başka bir bölgeye daha dahil edilmemesidir. Hiç

ilgilenilmemiş bir pikselin etiket değeri negatiftir. Önerilen bölütleme algoritması görüntüde var olan bölgelerin sayısını önceden bilgi olarak vermeyi gerektirmez. Bu nedenle hesaplama karmaşıklığını diğer bölütleme algoritmalarına göre ciddi ölçüde azaltır.

Tasarlanan kenar belirleme metodu literatürde en çok kullanılan test görüntülerine uygulandığında etkili sonuçlar olması diğer uygulamalarda kullanılabilir olduğunu göstermektedir. Aynı şekilde önerilen bölütleme algoritması da test edildiğinde başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir. Daha sonraki çalışmalarda benzerlik yönteminin filtreleme işleminde kullanılması ve yine komşu piksellerin benzerliklerinin bulunması için yapay sinir ağlarının kullanılması işlemleri gerçekleştirilebilir. Bu konular üzerinde çalışmalar sürmektedir. (Güvenç ve diğerleri, 2010)

Bu tezde önerilen yöntem karmaşık hesaplar içermemesi bakımından avantajlıdır. Yöntem bilinen görüntüler üzerinde test edilmiş ve tatmin edici sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu sonuçlar da tasarlanan yöntemin kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

- BERGER, J., 2009, *Görme Biçimleri/Ways of Seeing*, Metis Yayınları, İstanbul, (Çeviri: Yurdanur Salman) ISBN: 978-975-342-083-9
- BIN, C., LEI, H., PING, L., 2005, *A Morphological Edge Detector For Gray-Level Image Thresholding*, ICIAR, 659-666.
- BOVİK, A., 2005, *Handbook of Image and Video Processing*, Elsevier Inc., NY, U.S.A., ISBN: 0-12-119792-1.
- CANNY, J.F., 1986, A Computational Approach to Edge Detection, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 8(6), 679-698.
- CHANG YL, Lİ X., 1994, Adaptive image region growing, *IEEE Image Process*, 3(6), 868-73
- CHENG, H.D., JIANG, X.H., SUN, Y. WANG, J., 2001, Color Image Segmentation: Advances And Prospects, *Pattern Recognition*, 34:2259-81.
- DEMİRCİ, R., 2006, Rule- Based Automatic Segmentation of Color Images, *Int. J. Electron. Comun. (AEÜ)* 60 (2006)435-442) (a)
- DEMİRCİ, R., 2007, Similarity Relation Matrix-based Color Edge Detection, *International Journal of Electronics and Communications(AEU)*, 61, 469-477, (b)
- FAN, X., FAN, G., 2009, Graphical Models for Joint Segmentation and Recognition of License Plate Characters, *Signal Processing Letters, IEEE*, 16 (1), 10-13. ISSN: 1070-9908
- FU, K.S., MUI, J.K., 1981, A Survey On Image Segmentation, *Pattern Recognition*, 13, 3-16.
- GONZELES, R.C., WOODS, R.E., 2008, *Digital Image Processing*, Pearson Prentice Hall, U.S.A., ISBN: 0-13-168728-8.
- GRISAN, E., FORACCHIA, M., RUGGERI, A., 2008, A Novel Method for the Automatic Grading of Retinal Vessel Tortuosity, *Medical Imaging, IEEE* ,27(3), 310-319. ISSN : 0278-0062
- GÜVENÇ, U., DEMİRCİ, R., ELMAS, Ç., 2008, Işığın Kırılma Kanuna Bağlı Yeni Bir Kenar Belirleyici, *IEEE 16. Sinyal İşleme ve Uygulamaları Kurultayı*, Didim. (a)

- GÜVENÇ, U., DEMİRCİ, R., ELMAS, Ç., 2008, Renkli Görüntülerin Otomatik Ayırıştırılması, *Gazi Üniversitesi, Politeknik Dergisi*, 11(1), 9-12. (b)
- GÜVENÇ, U., DEMİRCİ, R., KARAGÜL, T., 2010, Light refraction Based Medical Image Segmentation, *Scientific Research and Essays*, 5(10), 1127-1132.
- GÜVENÇ, U., KARAGÜL, T., 2009, Görüntülerin Kenar Haritalarının Çıkarımına Yeni Bir Yaklaşım, *Gazi Üniversitesi, Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 2(1), 23-27.
- HADHOUD, M.M., EL RAMLY, N.A., GABALLA, L.N., IBRAHİM, H.M., AHMED MOHAMED, M., Old Pictures Restoration and Enhancement, *Radio Science Conference NRSC 2003*, 18-20 March Egypt, Egypt: IEEE, C2-1-10. ISBN: 977-5031-75-3
- HAZER, M., 2007, *Bulanık Topolojiye Dayalı Kenar Bulma Algoritması*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi.
- HU, Z., ZHENG, H., GUI, J., A Novel Interactive Image Processing Approach for DICOM Medical Image Data, *Biomedical Engineering and Informatics BMEI'09, 2nd International Conference*, 17-19 Oct. 2009 Shenzhen/ China, Tianjin:IEEE, 1-4, ISBN: 978-1-4244-4132-7.
- İnternet kaynaklarından derleme: “*MATLAB Image Processing Toolbox User Guide.*”, The Mathworks Inc. <http://www.mathworks.com/>, www.matlabcentral.com/
- ISMAİLOĞLU, N., BENDERLİ, O., YESİL, S., SEVER, R., OKCAN, B., SENGUL, O., OKTEM, R., Adaptive Real-Time Image Processing Subsystems for Earth Observing Small Satellites, *Adaptive Hardware and Systems AHS 2006 First NASA/ESA Conference*, 15-18 June 2006 İstanbul, İstanbul:IEEE, 351-358. ISBN: 0-7695-2614-4
- JACKSON, J. D., 1975, *Classical Electrodynamics*, John Wiley & Sons, New York, ISBN:0-471-30932-X
- JIANTAO, B., JINYUN, F., TIANHE, C., JIANBANG, H., Research on the quickly evaluation of flooding disaster based on the parallel geographic image processing system, *Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies, PDCAT'2003. Proceedings of the Fourth International Conference*, 27-29 Aug. 2003 Beijing/ China, China:IEEE, 817-820. ISBN: 0-7803-7840-7
- JUNXI, S., DONGBIG, G., YAZHU, C., SU, Z., 2004, A Multiscale Edge Detection Algorithm Based On Wavelet Domain Vector Hidden Markov Tree Model, *Pattern Recognition*, 37(7), 1315-1324 .
- LEHR, J., SİBARİTA, J.B., CHASSERY, J.M., 1998, Image restoration in X-ray microscopy: PSF determination and biological applications, *Image Processing*, 7 (2), 258- 263. ISSN : 1057-7149.

- LIANG, L.R., LOONEY, C.G., 2003, Competitive Fuzzy Edge Detection, *Applied Soft Computing*, 3, 123-137.
- MARR, D., HILDRETH, E., 1980, Theory of edge detection, *Proceeding of the Royal Society of London Series B*, 207(1167). 187–217,
- MILES, F.P., NUTTALL, A.L., 1993, Matched Filter Estimation of Serial Blood Vessel Diameters From Video Images, *Medical Imaging*, 12(2), 147-152
- MIN, M.M., THEIN, Y., Intelligent Fingerprint Recognition System by using geometry approach, *Current Trends in Information Technology (CTIT) 2009 International Conference*, 15-16 Dec 2009 Dubai, Dubai: IEEE, 1- 5. E-ISBN : 978-1-4244-5756-4
- ÖZMEN, A., 2005, TMS320 Kullanılarak Görüntüdeki Kenarların Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- PEL, N.R., PAL, S.K., 1993, A Review On Image Segmentation Techniques, *Pattern Recognition*, 26, 1277-94.
- RUSS J. C., 1999, *The Image Processing Handbook*, 3rd Edition, Crc Pres, NW, U.S.A., ISBN: 0-8493-2532-3
- SHAPIRO, L.G., STOCKMAN, G.C., 2002, *Computer Vision*, Prentice Hall Inc., NJ, U.S.A, ISBN:0-13-030796-3.
- SMİTH,S. W., 2002, *DSP: A Practical Guide For Engineers And Scientists*, Newnes, San Diego, CA, U.S.A., ISBN-10: 0-7506-7444-X Soft Cover.
- USLU, R., 2007, *Elektronik Bir Hücresel Yapay Sinir Ağı Gerçekleşmesi Olan Ace16k Üzerinde Görüntü Bölütleme*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi
- WUERGER, S. M., MALONEY, L. T., KRAUSKOPF, J., 1995, Proximity Judgements in Color Space: Tests of A Euclidean Color Geometry, *Vision Research*, 35(6), 827-835
- YOUNG, I.T., GERBRANDS, J.J., VAN VLIET L.J., 1998, *Fundamentals of Image Processing*, Delft University of Technology, Netherlands, ISBN 90-75691-01-7.
- YUKSEL, M.E., YILDIRIM, M.T., 2004, A Simple Neuro-Fuzzy Edge Detector For Digital Images Corrupted By Impulse Noise, *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, 58(1), 72-75.
- ZHU, Z., JI, Q., Real Time 3D Face Pose Tracking From an Uncalibrated Camera, *Computer Vision and Pattern Recognition Workshop, CVPRW '04. Conference*, June 27- July 02 2004, Washington D.C., USA:IEEE, 73 – 73. ISBN:0-7695-2158-4

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Soyadı, Adı : KARAGÜL, TUBA
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 07.01.1987 Trabzon
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (380) 542 11 33
Faks : 0 (380) 542 11 34
e-mail : tubakaragul@duzce.edu.tr

EĞİTİM

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Düzce Üniversitesi /Elektrik Eğitimi Bölümü	2010
Lisans	Sakarya Üniversitesi/ Elektronik ve Bilgisayar Eğt Blm.	2008
Lise	Arsal Anadolu Lisesi	2004

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2008-2009	Gebze MustafaPaşa İÖO	Bilişim Tekn. Öğretmeni
2008-2009	Düzce Ticaret Meslek Lisesi	Bilişim Tekn. Öğretmeni

YABANCI DİL

İngilizce (ÜDS-Fen Bilimleri: 66.25)

YAYINLAR

- Güvenç, U., Karagül, T., 2009, Görüntülerin Kenar Haritalarının Çıkarımına Yeni Bir Yaklaşım, Gazi Üniversitesi, Bilişim Teknolojileri Dergisi, Cilt:2, Sayı:1,S 23-27
- Güvenç, U., Demirci, R., Karagül, T., 2010, Light Refraction Based Medical Image Segmentation, Scientific Research and Essays, Vol:5(10),1127-1132