

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MORFOLOJİK GÖRÜNTÜ İŞLEME

139846

Matematik Müh. Arif DENİZ

-139846-

F.B.E Matematik Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan

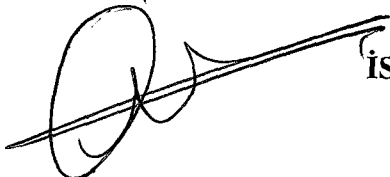
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. İbrahim Emiroğlu


İ.E.

Y. Doç. Dr. Fatih ZARFI

Y. DOÇ. DR. Servet E.



İSTANBUL, 2003


YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
ÖNSÖZ.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. MATEMATİKSEL MORFOLOJİ’NİN ALANI.....	3
2.1 İkilik Görüntüler.....	3
2.2 Yapı Elemanı.....	3
3. MORFOLOJİ’NİN MATEMATİKSEL YORUMU.....	5
3.1 Bazı Temel Tanımlar.....	5
4. GENİŞLEME.....	7
4.1 Tanım.....	7
4.2 Genişlemenin Matematiksel İfadesi.....	7
4.3 Çalışma Şekli.....	9
4.4 Kullanım Örnekleri.....	9
5. EROZYON.....	14
5.1 Tanım.....	14
5.2 Erozyonun Matematiksel İfadesi.....	14
5.3 Çalışma Şekli.....	16
5.4 Kullanım Örnekleri.....	16
6. AÇILMA.....	22
6.1 Tanım.....	22
6.2 Açılmanın Matematiksel İfadesi.....	22
6.3 Çalışma Şekli.....	23
6.4 Kullanım Örnekleri.....	23
7. KAPAMA.....	29
7.1 Tanım.....	29
7.2 Kapamanın Matematiksel İfadesi.....	29
7.3 Çalışma Şekli.....	30
7.4 Kullanım Örnekleri.....	30

8.	HIT ve MISS TRANSFORMU	35
8.1	Tanım.....	35
8.2	Hit ve Transformunun Matematiksel İfadesi.....	35
8.3	Çalışma Şekli.....	37
8.4	Kullanma Şekli	39
9.	SONUÇLAR	41
KAYNAKLAR.....		42
EKLER.....		43
Ek 1 Morfolojik işlemlerin C Programlama Dili ile hazırlanmış bilgisayar kodları.....		44
ÖZGEÇMİŞ		58



SİMGE LİSTESİ

Z^2	İki boyutlu Euclid uzayı
$(A)_x$	A kümesinin x ile translaşyonu
\hat{B}	B kümesinin yansıması
A^c	A kümesinin tümleyeni
$A - B$	A ve B küme farkı
$A \oplus B$	A'nın B ile genişletilmesi
$A \ominus B$	A'nın B ile erozyonu
$A \circ B$	A'nın B ile açılması
$A \bullet B$	A'nın B ile kapanması
$A \otimes B$	A'nın B ile hit ve miss transformu



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1 Matematiksel morfolojinin temel tanımlarında kullanılan küme ifadeleri.	6
Şekil 4.1 Genişlemenin genel gösterimi.....	7
Şekil 4.2 Genişlemenin kümeler üzerinde gösterimi.	8
Şekil 4.3 3x3'lük kare yapı elemanı.....	9
Şekil 4.4 3x3'lük kare yapı elemanı ile genişleme sonucu.	10
Şekil 4.5 Eşiklenmiş görüntü.	10
Şekil 4.6 Örnek görüntü.	10
Şekil 4.7 Örnek görüntüye genişlemenin temel etkisi.....	11
Şekil 4.8 Disk yapı elemanı kullanarak elde edilmiş gri düzey genişleme. Grafikler bir gri düzey görüntüye dikey uygulamayı gösterir.	11
Şekil 4.9 Gri düzey görüntü üzerinde genişlemenin temel etkisi.....	12
Şekil 4.10 Genişleme uygulanan örnek görüntü.	12
Şekil 4.11 Örnek görüntüye 5 defa genişleme uygulanmasıyla ortaya çıkan görüntü.	12
Şekil 4.12 İstenmeyen küçük delikler içeren örnek görüntü.	12
Şekil 4.13 Örnek görüntüye 3x3'lük kare yapı elemanı ile genişleme uygulanmış hali.....	13
Şekil 4.14 Örnek görüntü.	13
Şekil 4.15 Genişleme ile bulunan örnek görüntünün kenarları.	13
Şekil 5.1 Erozyonun genel gösterimi.	14
Şekil 5.2 Erozyonun kümeler üzerinde gösterimi.	15
Şekil 5.3 3x3 lük kare yapı elemanı.	16
Şekil 5.4 3x3'lük kare yapı elemanı ile elde edilen erozyon etkisi.....	17
Şekil 5.5 Örnek görüntüye disk yapı elemanı ile erozyon uygulanması sonucu ortaya çıkan görüntü.	17
Şekil 5.6 Örnek görüntü.	17
Şekil 5.7 Disk yapı elemanı kullanarak gri düzey erozyonun elde edilmesi. Grafikler, gri düzey bir görüntüye dikine uygulanmış erozyonu gösterir. [Vernon, 1991]....	18
Şekil 5.8 Örnek görüntüye 2 kere 3x3'lük kare yapı elemanı ile erozyon uygulanması sonucunda oluşan görüntü.	18
Şekil 5.9 Örnek görüntü.	19
Şekil 5.10 Örnek görüntüye 5 kez erozyon uygulanması sonucu ortaya çıkan görüntü.	19
Şekil 5.11 Birbirine temas halinde olan nesnelere oluşan örnek görüntü.	19
Şekil 5.12 Disk yapı elemanı ile erozyon sonucu oluşan görüntü.	20
Şekil 5.13 Örnek görüntüye 9x9'lük kare yapı elemanı ile uygulanan erozyon sonucu.....	20
Şekil 5.14 Parlak noktalar içeren örnek görüntü.	20
Şekil 5.15 Örnek resme 3x3'lük kare yapı elemanı uygulanması sonucu ortaya çıkan görüntü.	20
Şekil 6.1 Açılmanın genel gösterimi.	22
Şekil 6.2 Görüntü üzerinde dairesel yapı elemanı kullanımı sonucu elde edilen açılma.....	23
Şekil 6.3 3x3'lük kare yapı elemanı ile açılmanın etkisi.	24
Şekil 6.4 Örnek ikilik görüntü.....	24
Şekil 6.5 Örnek görüntüye dairesel yapı elemanı ile açılma uygulanması sonucunda ortaya çıkan görüntü.	24
Şekil 6.6 Örnek görüntü.	25
Şekil 6.7 Örnek görüntüye 3x9'lük yapı elemanı ile uygulanmış açılma sonucu.....	25
Şekil 6.8 Örnek görüntüye 9x3'lük yapı elemanı ile uygulanmış açılma sonucu.....	25
Şekil 6.9 Örnek resim.....	25
Şekil 6.10 Örnek resme 5x5'lik kare yapı elemanı ile uygulanan açılma sonucu.	26
Şekil 6.11 Gürültü içeren örnek görüntü.	26
Şekil 6.12 Örnek görüntüye 3x3'lük kare yapı elemanı ile uygulanan açılma sonucu.	26
Şekil 6.13 İki çeşit hücre içeren örnek görüntü.....	27

Şekil 6.14 Eşiklenmiş görüntü.	27
Şekil 6.15 Örnek görüntüye dairesel yapı elemanı ile uygulanan açılma sonucu.	27
Şekil 6.16 Örnek görüntüye 7 piksellik yapı elemanı ile uygulanan açılma sonucu.	28
Şekil 7.1 Kapamanın genel gösterimi.	29
Şekil 7.2 Görüntü üzerinde dairesel yapı elemanı kullanımı sonucu elde edilen kapama.	30
Şekil 7.3 3x3'lük kare yapı elemanı ile kapamanın etkisi.	31
Şekil 7.4 Büyük ve küçük delikler içeren örnek görüntü.	31
Şekil 7.5 Örnek görüntüye 22 piksellik dairesel yapı elemanı ile kapama uygulanması sonucu.	32
Şekil 7.6 İskeletin bulunmasının istenildiği örnek görüntü.	32
Şekil 7.7 Örnek görüntünün eşiklenmiş hali.	32
Şekil 7.8 Örnek görüntüye 20 piksellik dairesel yapı elemanı ile kapama uygulanması sonucu.	32
Şekil 7.9 Örnek görüntünün sadece eşiklenmiş hali.	33
Şekil 7.10 Örnek görüntünün önce eşiklenmiş sonra kapama uygulanmış hali.	33
Şekil 7.11 Örnek resim.	33
Şekil 7.12 Örnek resme kapama uygulanması sonucu.	34
Şekil 7.13 Örnek görüntü.	34
Şekil 7.14 Örnek görüntüye 3x3'lük kare yapı elemanı ile uygulanan kapama sonucu.	34
Şekil 8.1 Hit ve Miss transformunun genel gösterimi.	35
Şekil 8.2 Hit ve miss transformunun bazı uygulamalarının kümeler üzerinde gösterimi.	36
Şekil 8.3 Hit ve miss transformunda kullanılan yapı elemanına bir örnek.	38
Şekil 8.4 Hit ve miss transform kullanarak ikilik görüntüdeki köşe noktalarını bulmaya yarayan dört çeşit yapı elemanı. Bu dört eleman aynı yapıya sahip olup birbirlerinin çeşitli boyutlarda rotasyon edilmiş halleridir.	38
Şekil 8.5 Basit bir ikilik görüntünün dik açılı köşe taraması.	39
Şekil 8.6 Hit ve miss transformunda kullanılabilecek çeşitli yapı elemanları.	39
Şekil 8.7 Örnek görüntü.	39
Şekil 8.8 Örnek görüntünün iskeleti.	40
Şekil 8.9 İskelet görüntü üzerinde üç noktanın kesiştiği noktalar.	40
Şekil 8.10 İskelet görüntü üzerindeki uç noktalar.	40

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında desteğini esirgemeyen değerli danışmanım Yrd. Doç. Dr. İbrahim EMİROĞLU'na teşekkür ederim.

Ocak 2003

Arif DENİZ



ÖZET

Morfoloji kelimesini matematiksel morfoloji kavramı çerçevesinde, sınırlar ve iskeletler gibi bölge şekillerinin tanım ve gösteriminde kullanılan görüntü bileşenlerini genişletip açıklayabilecek bir araç olarak kullanacağız.

Matematiksel morfolojinin alanı, tamamı küme teorisi çerçevesinde tanımlanan çok geniş bir görüntü işleme operatörlerini kapsar. Bu haliyle morfoloji, çok sayıda görüntü işleme problemine çok kuvvetli yaklaşımlar ve çözümler sunar. Örneğin ikilik bir görüntüdeki bütün siyah pikseller kümesi görüntünün bütünüyle tanımı olabilir.

Matematiksel morfolojinin iki temel operatörü genişleme ve erozyondur. Her iki operatör de iki tür giriş verisini kullanır. Bunlar;

- genişletilmek ya da erozyona uğratılmak üzere bir ikilik görüntü ve
- bir yapı elemanıdır.

Giriş verilerinin her ikisi de aslında görüntünün koordinatlarından oluşan kümelerdir.

İkilik bir görüntü için genel olarak beyaz pikseller ön yüzey bölgeleri gösterirken siyah pikseller de arka yüzey piksellerini ifade eder. Böylece, bütün koordinatların pozitif olması amacıyla herhangi bir köşeden seçilen bir orijinle birlikte, görüntüye karşılık gelen koordinatlar kümesi basitçe o görüntünün bütün ön yüzey piksellerinin iki boyutlu Euclid koordinatları kümesidir.

Anahtar kelimeler: Morfoloji, ikilik görüntü, yapı elemanı, piksel.

ABSTRACT

We use the word morphology here in the context of mathematical morphology as a tool for extracting image components that are useful in the representation and description of region shape such as boundaries and skeletons.

The field of mathematical morphology contributes a wide range of operators to image processing, all based around mathematical concepts of set theory. As such, morphology offers a unified and powerful approach to numerous image processing problems. Sets in mathematical morphology represent the shapes of objects in an image. For example, the set of all black pixels in a binary image is a complete description of the image.

The two most basic operations in mathematical morphology are erosion and dilation. Both of these operators take two pieces of data as input:

- an image to be eroded or dilated and
- a structuring element.

The two pieces of input data are each treated as representing sets of coordinates in a way that is slightly different for binary and gray scale images.

For a binary image, white pixels are normally taken to represent foreground regions, while black pixels denote background. Then the set of coordinates corresponding to that image is simply the set of two-dimensional Euclidean coordinates of all the foreground pixels in the image, with an origin normally taken in one of the corners so that all coordinates have positive elements.

Key words: Morphology, binary image, structuring element, pixel.

1. GİRİŞ

Görsel bilgilerin sağladığı geniş anlatım ve belgeleme olanakları 1830'lu yıllarda ilk fotoğrafların ortaya çıkmasıyla birlikte, görüntüyü elde etme, saklama ve iletme konularında bir çok çalışma yapılmasına neden olmuştur. İlk elektriksel görüntü iletme sistemi, 1920'li yılların başında kullanıma giren Bartlane kablolu resim iletme sistemidir. Bu sistem sayesinde Atlantik Okyanusu'nun bir kıyısından diğer kıyısına üç saat içinde fotoğraf göndermek olanaklı hale gelmiştir. Bu yıllarda çözümü aranan problemler, parlaklık seviyelerinin dağılımı ve baskı kalitesi ile ilgili problemlerdir. Bartlane sistemi ile 5 farklı parlaklık seviyesinde kodlanmış resimler iletilebiliyordu. Bu kapasite 1930 yılında 15 farklı parlaklık seviyesine yükseldi. Takip eden 35 yıl boyunca iletim ve baskı metotarı sürekli olarak gelişti. Buna rağmen görüntü işleme uygulamalarının potansiyeli ancak dijital bilgisayarların uzay programlarında kullanımlarıyla gündeme geldi.

Modern anlamda ilk görüntü işleme uygulaması, 1964 yılında ABD California'da Jet Propulsion Laboratory'de, Ay'ın çevresinde dönen bir uydudan gönderilen görüntülerdeki bozulmaların ve elektronik gürültülerin ortaya çıkardığı lekelerin bilgisayar yoluyla ortadan kaldırılmasıdır. Bu teknikler daha sonra Ay'dan, Mars'tan ve bir çok uzay görevinden elde edilen görüntülerin işlenmesinde kullanılan tekniklerin temelini oluşturmuştur. Görüntü işleme yalnız uzay programı ile sınırlı kalmadı. Tıp alanında (röntgen filmlerinin daha ayrıntılı hale getirilmesi), arkeolojide (uzaydan ya da uçaktan çekilen görüntülerdeki silik detayların belirginleştirilmesi), fizik biliminde ve daha bir çok alanda kullanım örnekleri görülür.

Dijital görüntü işleme alanı bir görüntüyü dijital hale dönüştürme ve bu görüntü üzerinde bilgisayarla işleme yapma konularını kapsar. Dijital görüntü işleme yöntemlerinin iki temel amacı vardır. Bunlar:

1. insanın görüntüyü daha iyi yorumlayabilmesi için görüntünün iyileştirilmesi,
2. bilgisayarın görüntüyü yorumlayabilmesi için görüntünün analizi.

Görüntüyü iyileştirme tekniklerinin hedefi görüntüyü özel bir amaç için orijinal görüntüden daha uygun bir biçime getirmektir. Bir görüntü iyileştirme sisteminin hem girdisi hem de çıktısı dijital resimlerdir. Kullanılan teknikler genellikle probleme bağlıdır. Görüntü analizi ise görüntünün içeriğini tanıma ve tanımlandırma konularını kapsar. Burada girdi dijital bir resim, çıktı ise görüntünün içeriğini anlatmaya yarayan çeşitli semboller veya kodlardır.

Bu tez çalışması dijital görüntü işleme metotları arasında önemli bir yer işgal edinen morfolojik görüntü işleme teknikleri üzerinedir.

Morfoloji kelimesi aslında genel olarak biyolojinin hayvanların ve bitkilerin yapı ve oluşumlarıyla ilgilenen bir dalıdır. Ancak burada aynı kelime matematiksel morfoloji kapsamında dijital görüntülerin, bu görüntülerin sınırlarının ve iskeletlerinin tanım ve gösteriminde kullanılır. Çalışmanın amacı görüntü işlemede kullanılan temel morfolojik operatörleri tanıtmak ve daha ileri düzeydeki uygulamalara bir temel oluşturmaktır. Bu amaca dönük olarak öncelikle ikinci bölümde matematiksel morfolojinin alanı ve temel kavramları anlatılmıştır. Daha sonraki bölümlerde temel morfolojik operatörler, matematiksel temelleriyle birlikte uygulama örneklerini de içerecek şekilde anlatılmıştır.

Morfolojik görüntü işleme tekniklerinin bilgisayar uygulamalarında, hızlı ve verimli çalışma özellikleri göz önüne alınarak C programlama dili kullanılmıştır.



2. MATEMATİKSEL MORFOLOJİ'NİN ALANI

Matematiksel morfolojinin alanı, tamamı küme teorisinin matematiksel konseptleri üzerine inşa edilmiş görüntü işleminin çeşitli operatörlerine katkıda bulunur. Operatörler ikilik görüntülerin analizinde kullanışlıdır ve genel kullanımları sınır tarama, gürültü giderme, görüntü genişletme ve daraltma gibi işlemleri içerir.

Matematiksel morfolojinin iki temel işlemi erozyon ve genişlemedir. Her iki işlem de iki çeşit veriyi giriş olarak ele alır. Bu giriş verileri sırasıyla genişletilmek veya erozyona uğratılmak üzere mevcut bir görüntü ve bu işlem de kullanılacak olan bir yapı elemanından oluşur.

Bir ikilik görüntü için genel anlamda beyaz pikseller ön yüzey bölgelerini, siyah pikseller de arka yüzey bölgelerini temsil eder. Böylece basit bir ifadeyle, o görüntüye karşılık gelen koordinatlar kümesini, görüntüdeki bütün ön yüzey piksellerinin iki boyutlu Euclid koordinatları oluşturur. Bu durumda bütün koordinatların pozitif elemanlara sahip olması için köşelerden birisi orijin seçilir. [Gonzales ve Woods, 1992]

Erozyon ve genişletme, kullanılan yapı elemanını mevcut görüntü üzerindeki çeşitli noktalarda yer değiştirterek yapı elemanı ile görüntünün koordinatlarının kesişme noktalarını inceleme şeklinde çalışır. Hemen hemen bütün morfolojik işlemler de erozyon ve genişletmenin tanımlarından yola çıkarak ifade edilebilir. Morfolojinin ana temalarını oluşturan bu işlemlere geçmeden önce çalışma boyunca sıkça kullanılacak olan önemli birkaç ifadenin tanımı yapılacaktır.

2.1 İkilik Görüntüler

İkilik görüntüler, pikselleri sadece iki değer ihtimalli olan görüntülerdir. Genelde bu görüntüler siyah ve beyaz halinde ele alınır. Sayısal ifadede ise genel olarak siyah için 0, beyaz için 1 veya 255 kullanılır.

İkilik görüntüler genellikle bir gri düzey ya da renkli görüntüdeki bir objeyi arka yüzeyden ayırmak amacıyla, görüntüyü indirgeyerek elde edilir. Objenin rengi genellikle ön yüzey rengi, geriye kalan kısmı da arka yüzey rengini oluşturur. [Haralick ve Shapiro, 1992]

2.2 Yapı Elemanı

Matematik morfolojinin alanı; erozyon, genişletme, açılma ve kapamayı kapsayan önemli sayıda görüntü işleme operasyonunu içerir. Bütün bu morfolojik işlemler iki çeşit veriyi giriş

değer olarak ele alır. Birincisi ikilik bir giriş görüntüsü, diğeri ise yapı elemanıdır. Operatörlerin görüntü üzerindeki etkilerinin kesin detaylarını veren buradaki yapı elemanıdır.

Yapı elemanı; herhangi bir orijinle ilişkili bir takım ayrık noktaların yerlerini belirten koordinatlardan oluşur. Normal olarak kartezyen koordinatları kullanılır ve bu sebeple bir yapı elemanını gösterebilmenin en uygun yolu da dikdörtgen bir grid üzerinde küçük bir görüntüyü ele almaktır. Şekil 1 de çeşitli boyutlarda yapı elemanları gösterilmiştir. Her birinde orijin yuvarlak içine alınmıştır. Orijin merkezde olmak zorunda olmamakla birlikte genelde böyle seçilir. Şekilde de gösterildiği gibi genelde 3x3'lük bir gridin içine yerleştirilmiş ve orijini de merkezde olan yapı kullanılır. [Larsen, 2000]

1	1	1
1	①	1
1	1	1

		1	1	1		
	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	①	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	
		1	1	1		

1	1	
1	①	
1		0

	1	
1	①	1
	1	

1	1	1
1	①	1
1	1	1

Şekil 2.1 Bazı örnek yapı elemanları.

Yapı elemanındaki her noktanın bir değeri olduğuna dikkat edilmelidir. Erozyon gibi ikilik görüntülerde kullanılan işlemlerdeki basit yapı elemanlarında genellikle 1 olmak üzere tek değer kullanılır.

Belirtilmesi gereken önemli bir nokta da; yapı elemanın gösteriminde dikdörtgen bir grid kullanılsa da, bu gridin bütün bölümleri genelde yapı elemanın bir parçası olmayabilir. Zaten şekil 1 deki yapı elemanlarında da bazı boşluklar görülebilir. Bu konudaki bir çok yazıda bu boşluklar 0 ile ifade edilir, fakat bu bir karışıklığa yol açtığı için burada bu ifade kullanılmamıştır. Bir morfolojik işlem gerçekleştirilirken, yapı elemanının orijini görüntünün içerisindeki her piksel üzerinde yer değiştirilir ve yapı elemanının noktaları ile alttaki görüntünün piksel değerleri karşılaştırılır. Bu karşılaştırmanın detayları ve sonucun etkileri hangi morfolojik işlemin kullanıldığına göre değişir.

3. MORFOLOJİ’NİN MATEMATİKSEL YORUMU

Matematiksel morfolojinin dilini “küme teorisi” oluşturur. Bu şekilde morfoloji çok sayıda görüntü işleme problemine birleşik ve güçlü yaklaşımlarda bulunur. Matematiksel morfoloji de kümeler bir görüntü içerisindeki şekilleri temsil eder. Örneğin bir ikilik görüntüdeki bütün siyah piksellerin kümesi o görüntünün tam bir tanımını verir. [Serra, 1982]

Her bir morfolojik işlemin kendi matematiksel yorumlarını kendi konu başlığı altında inceleyeceğiz. Morfolojik işlemlerin tanımlarına geçmeden önce küme teorisi kapsamındaki bir takım temel tanımları belirtmekte fayda olacaktır.

3.1 Bazı Temel Tanımlar

A ve B bileşenleri sırasıyla $a = (a_1, a_2)$ ve $b = (b_1, b_2)$ olan Z^2 de iki küme olsun. A ’nın $x = (x_1, x_2)$ ile translasyonu;

$$(A)_x = \{c | c = a + x, a \in A\} \quad (3.1)$$

ile tanımlanır ve $(A)_x$ ile gösterilir.

B ’nin yansıması;

$$\hat{B} = \{x | x = -b, b \in B\} \quad (3.2)$$

ile tanımlanır ve \hat{B} ile gösterilir.

A ’nın tümleyeni;

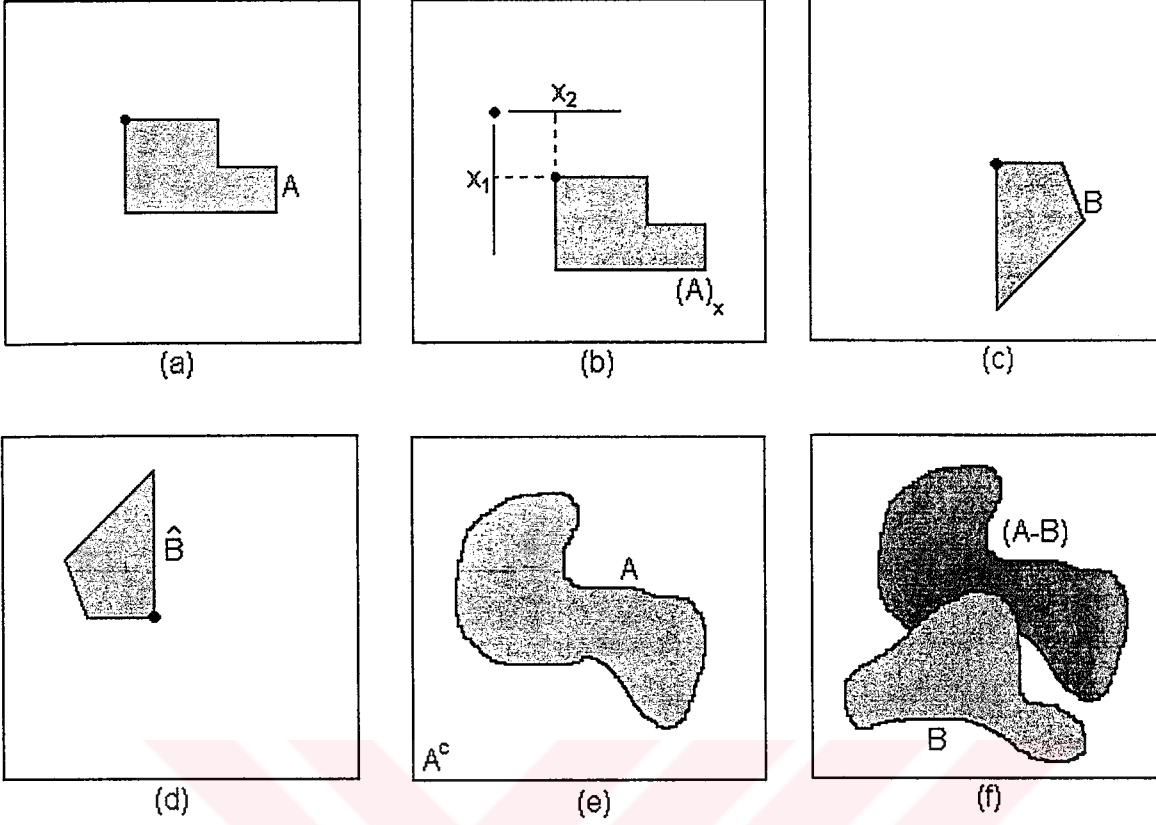
$$A^c = \{x | x \notin A\} \quad (3.3)$$

ile gösterilir ve A^c ile gösterilir.

Son olarak A ve B ’nin farkı;

$$A - B = \{x | x \in A, x \notin B\} = A \cap B^c \quad (3.4)$$

ile tanımlanır ve $A - B$ ile gösterilir. [Gonzales ve Woods,1992]



Şekil 3.1 Matematiksel morfolojinin temel tanımlarında kullanılan küme ifadeleri.

Şekil 3.1’de siyah noktalar ait oldukları kümelerin orijinlerini göstermek üzere yukarıdaki tanımlar resmedilmiştir. Şekil 3.1(a) bir A kümesini gösterir, şekil 3.1(b) A ’nın $x = (x_1, x_2)$ ile translasyonunu gösterir.(translasyonu A ’nın her elemanına (x_1, x_2) ekleyerek elde edilmiştir.) Şekil 3.1(c) bir B kümesini ve şekil 3.1(d) de onun orijine göre yansımısını gösterir. Son olarak şekil 3.1(e) bir A kümesini ve onun tümleyenini ve şekil 3.1(f) de şekil 3.1(e) deki A kümesi ile şekil 3.1(f) deki B kümesinin farkını gösterir.

4. GENİŞLEME



Şekil 4.1 Genişlemenin genel gösterimi.

4.1 Tanım

Genişleme, matematik morfolojinin iki temel operatöründen biridir. Genel olarak ikilik görüntülere uygulanır. Genişleme operatörünün ikilik bir görüntüye temel etkisi ön yüzey piksel bölgelerinin sınırlarını genişletmesidir. Böylece ön yüzey piksellerin alanı boyutça büyürken, bu bölgelerdeki delikler küçülür. [Andrews, 1976]

4.2 Genişlemenin Matematiksel İfadesi

A ve B Z^2 de iki küme ve \emptyset boş küme olmak üzere A 'nın B ile genişlemesi;

$$A \oplus B = \{x | (\hat{B})_x \cap A \neq \emptyset\} \quad (4.1)$$

ile tanımlanır ve $A \oplus B$ ile gösterilir.

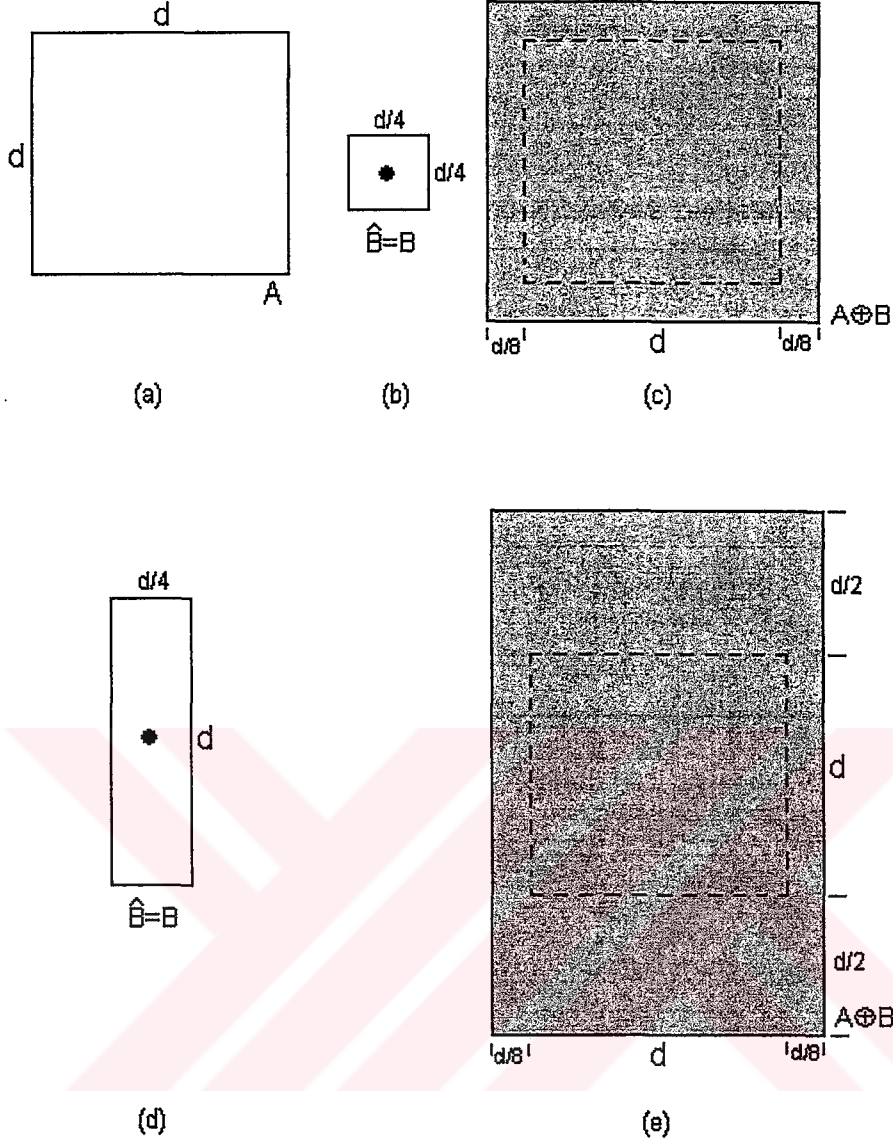
Böylece demek ki A 'nın B ile genişlemesi B 'nin yansıması ve bunun da x ile değiştirilmesini elde etmeyi gerektirmektedir.

O zaman A 'nın B ile genişlemesi \hat{B} ve A 'nın sıfırdan farklı en az bir eleman içerecek şekilde üst üste geleceği bütün x yer değiştirmelerinin kümesidir. 4.1 eşitliği;

$$A \oplus B = \{x | [(\hat{B})_x \cap A] \subseteq A\} \quad (4.2)$$

şeklinde yeniden yazılabilir. [Gonzales ve Woods, 1992]

Buradaki B kümesi diğer morfolojik işlemlerde olduğu gibi yapı elemanı olarak adlandırılır.



Şekil 4.2 Genişlemenin kümeler üzerinde gösterimi.

Şekil 4.2(a) basit bir kümeyi, 4.2(b) de bir yapı elemanını ve onun yansımasını gösterir. Buradaki durumda yapı elemanı ve yansıması birbirine eşittir, çünkü B orijinine göre simetriktir. 4.2(c) deki kesikli çizgi referans olan orijinal kümeyi, düz çizgi de \hat{B} ve A 'nın kesişiminin boş olmasına sebebiyet verecek \hat{B} 'nin x ile herhangi yer değiştirmesinin limitini gösterir. Böylece bu sınır içindeki bütün noktalar A 'nın B ile genişlemesini gösterir. Şekil 4.2(d) bir yapı elemanının dikey olarak yataya göre daha çok genişleme yapabileceğini gösterir. 4.2(e) de bu eleman ile yapılan genişlemeyi gösterir.

4.3 Çalışma Şekli

Genişleme operatörü giriş verisi olarak iki parçayı ele alır. Birincisi genişletilecek görüntü, diğeri de işlem boyunca kullanılacak yapı elemanı.

İkilik genişlemeye bir örnek olarak şekil 4.3 deki gibi orijini orta noktası olan 3x3'lük bir kare yapı elemanı seçelim. Burada ön yüzey pikselleri 1, arka yüzeyleri 0 olarak ele alacağız.

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Koordinat Noktaları Kümesi =
 $\{ (1, 1), (0, 1), (1, 1),$
 $(-1, 0), (0, 0), (1, 0),$
 $(-1, 1), (0, 1), (1, 1) \}$

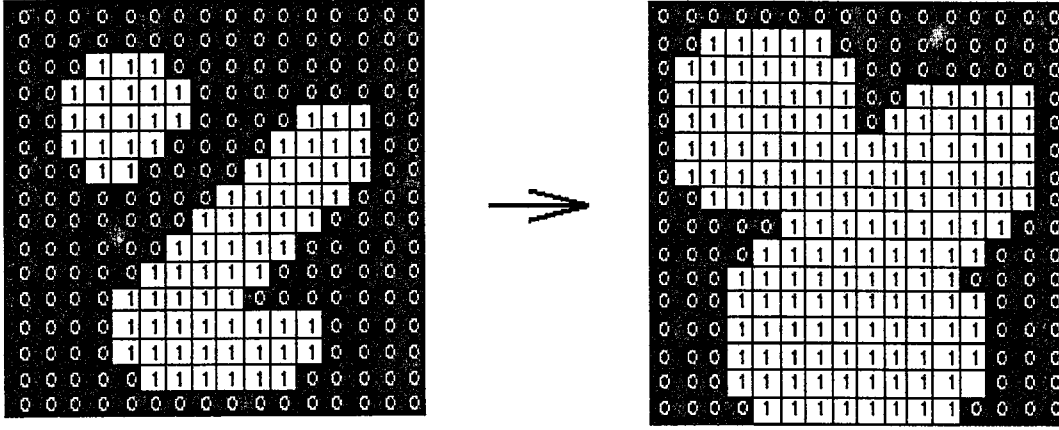
Şekil 4.3 3x3'lük kare yapı elemanı.

Bu yapı elemanı ile bir ikilik görüntünün genişlemesini hesaplamak için görüntünün içindeki her bir arka yüzey pikseli(giriş pikseli) için yapı elemanını giriş görüntüsünün üst tarafına uygularız ve yapı elemanının orijininin giriş pikseli ile çakışmasını kontrol ederiz. Eğer yapı elemanındaki en az bir piksel herhangi bir ön yüzey pikseli ile çakışırsa, o zaman giriş pikseli ön yüzey değerine döndürülür. Eğer zaten hepsi arka yüzey değerindeyse olduğu gibi bırakılır.

Genişleme erozyonun eşleneğidir. Ön yüzey pikselleri genişletmek arka yüzey pikselleri erozyona uğratmakla aynıdır. [Giardina ve Dougherty, 1988]

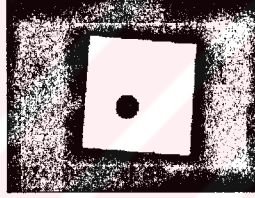
4.4 Kullanım Örnekleri

Yapı elemanı ya küçük bir ikilik görüntü ya da özel bir matris formatı olarak alınmalıdır. Bu durumda 3x3'lük bir kare yapı elemanı istediğimiz sonucu verecektir. Bu yapı elemanının kullanarak elde edilen genişletilmiş bir ikilik görüntü aşağıda verilmiştir.



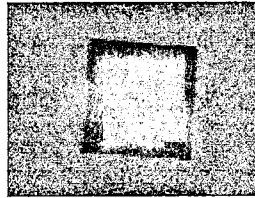
Şekil 4.4 3x3'lük kare yapı elemanı ile genişleme sonucu.

3x3'lük kare yapı elemanı genişleme için en çok kullanılan yapıdır, ancak başka çeşitlerde de olabilir. Daha büyük boyutlarda bir yapı elemanı ile daha büyük etkilerde genişleme gerçekleştirilebilirken küçük bir yapı elemanını tekrar tekrar genişlemede kullanarak aynı büyük etki elde edilebilir. Daha büyük yapı elemanı kullanılırken genelde kare yerine yuvarlak olanları tercih edilir.



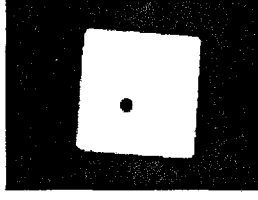
Şekil 4.5 Eşiklenmiş görüntü.

Şekil 4.5'teki görüntü, şekil 4.6'daki görüntünün eşik halini gösterir.



Şekil 4.6 Örnek görüntü.

Buradaki ikilik görüntüye genişlemenin temel etkisi şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7 Örnek görüntüye genişlemenin temel etkisi.

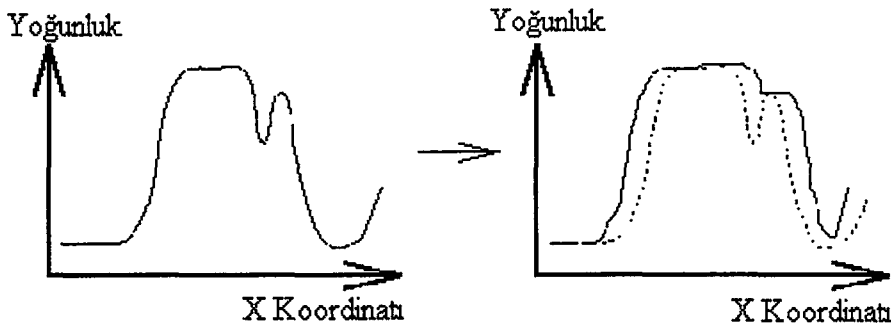
görüntüsü ile gösterilmiştir.

Bu görüntü yarıçapı 11 piksel olan dairesel bir yapı elemanının iki kere genişlemede kullanılmasıyla elde edilmiştir. Köşelerin yuvarlaklaştığı göze çarpmaktadır. Genel olarak disk şeklindeki yapı elemanları ile genişleme uygulandığında köşeler ve konveks sınırlar yuvarlaklaşır ve konkav sınırlar olduğu gibi kalır.

Genişleme tam simetrik olmayan yapı elemanları kullanılarak da gerçekleştirilir. Örneğin genişliği 10 piksel ve yüksekliği 1 piksel olan bir yapı elemanı ile yatay bir genişletme gerçekleştirilebilir. Benzer şekilde 3x3'lük yapı elemanında orijini orta nokta yerine üst tarafta alırsak, görüntünün alt kısmını üst kısma göre daha büyük oranda genişletmeye tabi tutar.

Düz, disk şeklindeki bir yapı elemanı ile yapılan gri düzey genişletme genel olarak görüntüyü aydınlatacaktır. Koyu bölgelerce çevrilmiş parlak bölgeler boyutça büyüyecek ve parlak bölgelerce çevrilmiş koyu bölgelerde küçülecektir. Küçük parlak noktalar da doldurularak yok olacaktır. Küçük parlak noktalar da daha büyük hale gelecektir.

Şekli 4.8'de bir gri düzey görüntüye disk şeklindeki yapı elemanı ile dikey uygulanmış genişleme ve etkileri görülmektedir. [Rosenfel ve Kak, 1982]

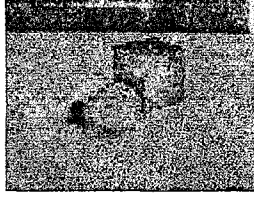


Şekil 4.8 Disk yapı elemanı kullanarak elde edilmiş gri düzey genişleme. Grafikler bir gri düzey görüntüye dikey uygulamayı gösterir.



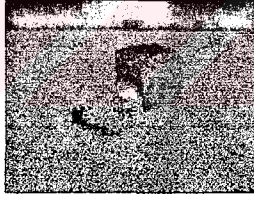
Şekil 4.9 Gri düzey görüntü üzerinde genişlemenin temel etkisi.

Şekil 4.9, şekil 4.10'daki görüntüye iki kere 3x3'lük düz kare yapı elemanı ile erozyon uygulanarak elde edilmiştir.



Şekil 4.10 Genişleme uygulanan örnek görüntü.

Ampulün üzerindeki parlaklıklar büyümüş ve kullanılan yapı elemanının etkisiyle de karesel hale gelmiştir. Küpün koyuluğu, kendisi etrafından daha koyu olduğu için azalmış ve daha da koyu olan üst kısmında daha çok açılma görülmüştür. Aynı görüntüye 5 defa daha genişleme işlemi uygulanırsa görüntü şekil 4.11'deki halini alır.



Şekil 4.11 Örnek görüntüye 5 defa genişleme uygulanmasıyla ortaya çıkan görüntü.

Genişleme için daha bir çok özel kullanım vardır. Örnek olarak görüntüdeki küçük delikleri doldurmak için kullanılabilir.



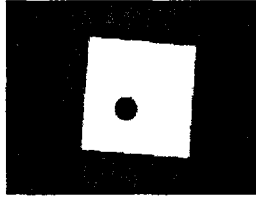
Şekil 4.12 İstenmeyen küçük delikler içeren örnek görüntü.

Şekil 4.12'de istenmeyen küçük delikler içeren bir görüntü verilmiştir. Bu görüntüye 3x3'lük kare yapı elemanı ile genişleme uygulandığında şekil 4.13'deki halini alır.



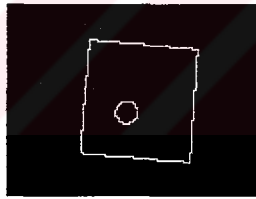
Şekil 4.13 Örnek görüntüye 3x3'lük kare yapı elemanı ile genişleme uygulanmış hali.

Genişleme ayrıca “kenar tarama” için de kullanılabilir. Kenar tarama için önce görüntünün genişlemesi alınır, ardından orijinal görüntüden çıkarılır. Böylece sadece görüntünün kenarları aydınlatılmış olur. [Serra, 1982]



Şekil 4.14 Örnek görüntü.

Örneğin yine şekil 4.14'deki örnek görüntü önce 3x3'lük kare yapı elemanı ile genişletilip ve sonra orijinal görüntüden çıkarılırsa şeklin sadece kenarlarını içeren şekil 4.15'deki görüntü elde edilir.



Şekil 4.15 Genişleme ile bulunan örnek görüntünün kenarları.

Son olarak genişleme genelde mantıksal operatörlerin yardımıyla diğer bir çok matematiksel morfoloji operatörünün temeli olarak da kullanılabilir.

5. EROZYON



Şekil 5.1 Erozyonun genel gösterimi.

5.1 Tanım

Erozyon matematiksel morfolojinin genişleme ile birlikte iki temel operatöründen birisidir. Tipik olarak ikilik görüntülere uygulanır. Görüntüye temel etkisi ön yüzey piksellerin bölge sınırlarını erozyona uğratmaktır. Böylece ön yüzey piksel alanları boyutça küçülür ve bu bölgelerdeki delikler büyür. [Andrews, 1976]

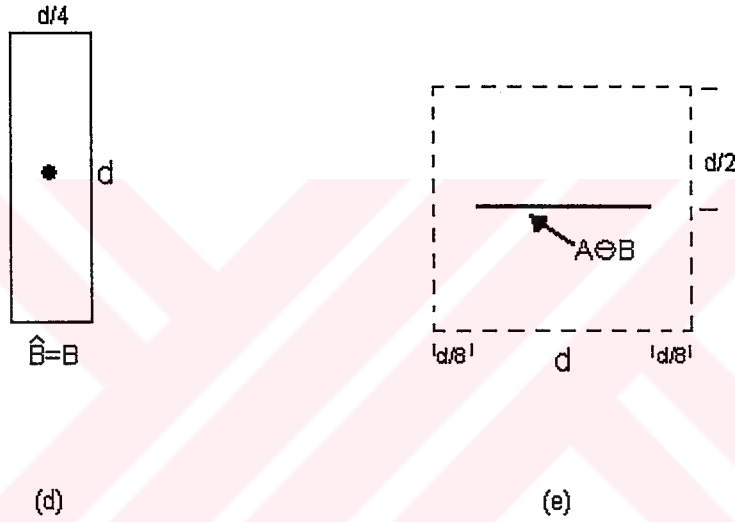
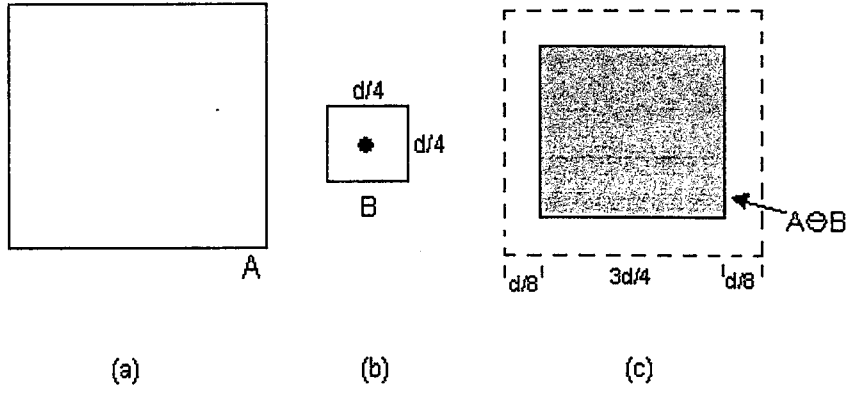
5.2 Erozyonun Matematiksel İfadesi

A ve B Z^2 de iki küme olmak üzere A 'nın B ile erozyonu;

$$A \ominus B = \{x | (B)_x \subseteq A\} \quad (5.1)$$

denklemleri ile ifade edilir ve $A \ominus B$ ile gösterilir.

Yani sözle ifade etmek gerekirse A 'nın B ile erozyonu; A 'daki B 'nin x ile translasyonundaki mevcut bütün x 'lerin kümesidir. [Gonzales ve Woods, 1992]



Şekil 5.2 Erozyonun kümeler üzerinde gösterimi.

Şekil 5.2, şekil 4.2'deki ile benzer bir işlemi gösterir. Önceki gibi A kümesi şekil 5.2(c) de kesikli çizgilerle referans olarak gösterilmiştir. Burada bu sınırlar içindeki noktaların yeri A 'nın B ile erozyonunu oluştururlar. Şekil 5.2(d) de uzatılmış bir yapı elemanı görülüyor. Şekil 5.2(e)'de de A 'nın bu eleman tarafından erozyonu gösteriliyor. Orijinal kümenin bir çizgi boyunca aşağı doğru erozyona uğradığı görülür.

Genişleme ve erozyon küme tümleyenine ve yansımasına göre birbirlerinin çiftidir, yani;

$$(A \ominus B)^c = A^c \oplus B^c \quad (5.2)$$

denkliği ile gösterilir. [Haralick ve Shapiro,1992]

5.3 Çalışma Şekli

Erozyon operatörü iki önemli tip giriş verisi kullanır. Birincisi erozyona uğratılmak istenen görüntü, diğeri de bu işlem boyunca kullanılacak olan yapı elemanı. Erozyonun görüntüye olan kesin etkisini verecek olan buradaki yapı elemanıdır.

İkilik erozyona bir örnek olarak Şekil 5.3'deki 3x3'lük orijini merkezinde olan bir kare yapı elemanını ele alalım. Burada ve daha sonraki şekillerde ön yüzey pikseller 1 ile, arka yüzey pikseller 0 ile gösterilir.

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Koordinat Noktaları Kümesi =

$$\{ (-1, -1), (0, -1), (1, -1), \\ (1, 0), (0, 0), (1, 0), \\ (-1, 1), (0, 1), (1, 1) \}$$

Şekil 5.3 3x3'lük kare yapı elemanı.

Bir ikilik görüntünün buradaki yapı elemanı ile erozyonunu hesaplamak için görüntüdeki her bir ön yüzey pikselini ele alırız. Her ön yüzey pikseli için yapı elemanını görüntünün üst kısmına uygularız ve yapı elemanının orijininin buradaki giriş pikseli ile çakışmasını inceleriz. Eğer yapı elemanındaki bütün pikseller altında kalan görüntünün ön yüzey pikselleri ile çakışıyorsa o zaman giriş pikseli aynen bırakılır. Eğer karşılık gelen piksellerden herhangi biri arka yüzey pikseli ise bu durumda giriş pikseli arka yüzey değerine döndürülür.

3x3'lük yapı elemanı kullandığımız bizim örneğimiz için bu operasyonun etkisi beyaz piksellerle tam olarak çevrelenmemiş ön yüzey piksellerini kaldırmaktır. Bu pikseller beyaz bölgelerin kenarlarında durmalıdır ve bunun sonucu olarak da ön yüzey bölgeler küçülmelidir.

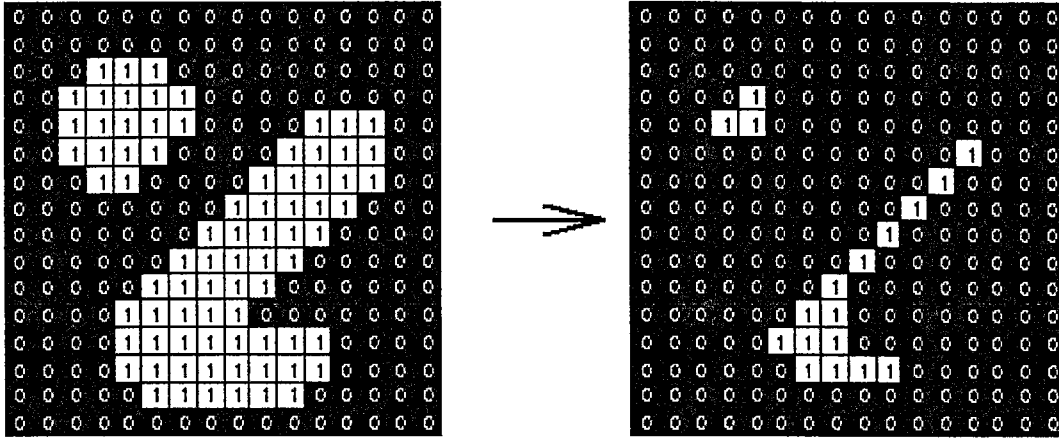
Erozyon genişlemenin eşlenegidir. Ön yüzey piksellerin erozyonu arka yüzey piksellerin genişlemesine eşittir. [Haralick ve Shapiro,1992]

5.4 Kullanım Örnekleri

Burada erozyonun ikilik görüntüler üzerindeki ifadesi ele alınır.

Yapı elemanı ya küçük bir ikilik görüntü ya da özel bir matris formatı olarak ele alınmalıdır. Genelde erozyonun ifadesini, etkisini gösterebilmek için 3x3'lük kare yapı elemanı kullanılır. Daha önce tanımlanan bu yapı elemanı ile elde edilen ikilik görüntü üzerindeki erozyon etkisi

aşağıda verilmiştir.



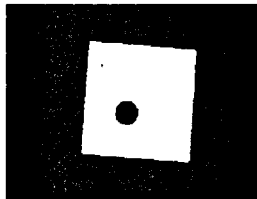
Şekil 5.4 3x3'lük kare yapı elemanı ile elde edilen erozyon etkisi.

3x3'lük kare yapı elemanı erozyon etkisini göstermede en çok tercih edilen yapı elemanı olmasına rağmen başka çeşit yapı elemanları da kullanılabilir. Daha büyük boyutlardaki bir yapı elemanı daha ciddi erozyon etkisi bırakabildiği gibi küçük bir yapı elemanını bir çok kez uygulayarak da aynı sonuç elde edilebilir. Büyük boyutlu yapı elemanları kullanılırken genelde disk şeklinde olanları tercih edilir.



Şekil 5.5 Örnek görüntüye disk yapı elemanı ile erozyon uygulanması sonucu ortaya çıkan görüntü.

Şekil 5.5'deki görüntü, şekil 5.6'daki görüntüye 11 piksel çapındaki disk şekilli bir yapı elemanı kullanarak 4 kez üst üste erozyon uygulanması ile elde edilmiştir.



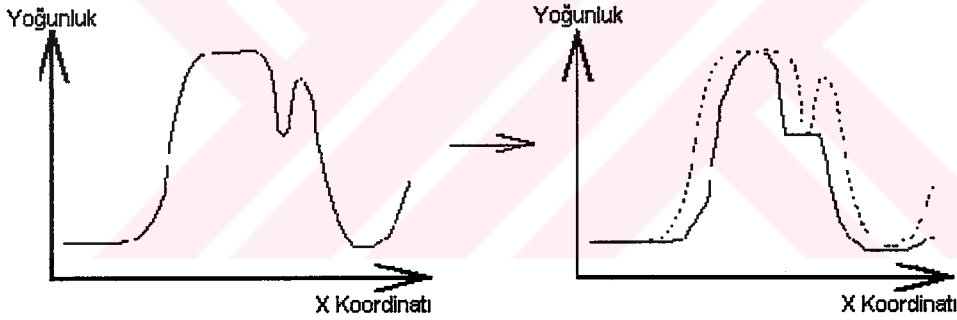
Şekil 5.6 Örnek görüntü.

Sınırlar daraldıkça görüntünün ortasındaki, delik boyutça büyür. Disk yapı elemanın kullanımına bağlı olarak görüntünün şekli de hemen hemen olduğu gibi korunmuştur. Genel

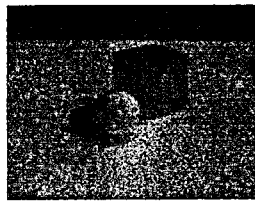
olarak disk yapı elemanı kullanılarak yapılan erozyon konkav sınırları yuvarlaklaştırırken konveks sınırların şeklini aynen korur. [Zheng, 2000]

Erozyonlar simetrikliği daha zayıf olan yapı elemanlarını kullanarak da yapılabilir. Örneğin; 10 piksel genişliği ve 1 piksel yüksekliği olan bir yapı elemanı sadece yatay yönde bir erozyon etkisi yapacaktır. Benzer şekilde merkezi üst sıranın ortası olan 3x3'lük kare yapı elemanı da şeklin alt kısmını üste oranla daha fazla miktarda erozyona uğratar.

Düz disk şeklindeki bir yapı elemanı ile oluşturulan erozyon etkisi bir gri düzey görüntüyü genel olarak koyulaştırır. Koyu bölgelerce çevrelenmiş parlak kısımlar boyutça daralır ve parlak bölgelerce çevrelenmiş koyu bölgelerde boyutça büyür. Görüntüdeki küçük parlak noktalar erozyona uğratarak kaybolur ve küçük siyah noktalar da daha büyük hale gelir. Erozyonun etkisi yoğunluğun hızlı bir şekilde değiştiği noktalarda daha net görünür. Şekil 5.7' de disk yapı elemanı kullanarak dikine uygulanmış bir gri düzey görüntü erozyonunun etkileri gösterilmiştir. Düz disk yapı elemanının küçük tepeler oluşturduğuna ve vadileri genişlettiği görülür.

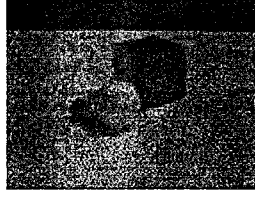


Şekil 5.7 Disk yapı elemanı kullanarak gri düzey erozyonun elde edilmesi. Grafikler, gri düzey bir görüntüye dikine uygulanmış erozyonu gösterir. [Vernon, 1991]



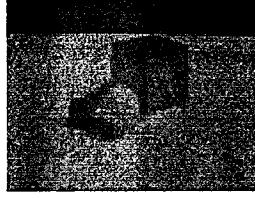
Şekil 5.8 Örnek görüntüye 2 kere 3x3'lük kare yapı elemanı ile erozyon uygulanması sonucunda oluşan görüntü.

Şekil 5.8'deki görüntü, şekil 5.9'daki görüntüye 3x3'lük düz kare yapı elemanının erozyon için iki kere uygulanmasıyla elde edilmiştir.



Şekil 5.9 Örnek görüntü.

Parlaklıkların yok olduğuna ve parlak noktaların yok olmasıyla ilgili olarak daha bütünleşik bir görüntü oluştuğunu görürüz. Küp, etrafından daha koyu olduğundan boyutları artmıştır. Aynı görüntüye 5 kez erozyon uygulanması sonucunda şekil 5.10'daki görüntü elde edilir:



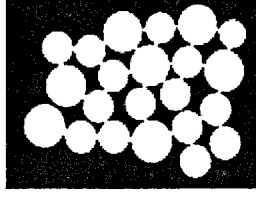
Şekil 5.10 Örnek görüntüye 5 kez erozyon uygulanması sonucu ortaya çıkan görüntü.

Erozyonun daha bir çok özel kullanımı vardır. Bunlardan en çok kullanılanlarından biri birbirine temas halinde olan nesnelere ayrıştırarak sayılabilirliklerini artırmaktır.



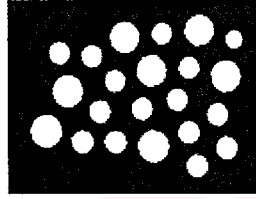
Şekil 5.11 Birbirine temas halinde olan nesnelere oluşan örnek görüntü.

Şekil 5.11'deki görüntüde parlak bir arka yüzey üzerinde çok sayıda, muhtemelen metal parçalardan oluşan, yuvarlak silüetler mevcuttur. Bu metal parçaların sayılması gerekmektedir. Fakat bu sayma işlemi parçalar birbirine temas halinde olduklarından herhangi bir sayma algoritması kullanarak neticeye varmak oldukça zordur. Bu sebeple öncelikle birbirlerinden ayrılmaları gerekmektedir. Bu durum en uygun şekilde erozyon işlemi ile gerçekleştirilebilir.



Şekil 5.12 Disk yapı elemanı ile erozyon sonucu oluşan görüntü.

Şekil 5.12'deki görüntü de, şekil 5.11'deki görüntüye çapı 11 olan disk yapı elemanı kullanarak iki kez erozyon işlemi sonucu elde edilir. Böylece bütün paralar net bir şekilde birbirinden ayrılmış olur. Artık herhangi bir sayma algoritması yardımıyla kaç adet oldukları bulunabilir.



Şekil 5.13 Örnek görüntüye 9x9'lük kare yapı elemanı ile uygulanan erozyon sonucu.

Şekil 5.13'deki görüntü de aynı giriş resmine disk yerine 9x9'lük kare yapı elemanı kullanarak elde edilmiştir. Metal paralar yine yeterince ayrık hale getirilmiştir, fakat kare yapı elemanı görüntüdeki şekillerin yapılarını kısmen bozmuştur.

Erozyon ayrıca görüntüdeki küçük parlak noktaları gidermek için de kullanılır.



Şekil 5.14 Parlak noktalar içeren örnek görüntü.

Şekil 5.14'deki görüntü parlak noktalar içerir.



Şekil 5.15 Örnek resme 3x3'lük kare yapı elemanı uygulanması sonucu ortaya çıkan görüntü.

Şekil 5.15'deki görüntü de şekil 5.14'deki resme 3x3'lük kare yapı elemanı kullanılarak

uygulanmış erozyonun sonucudur. Noktalar yok edilmesine rağmen görüntü genel anlamda netleşmiştir.

Erozyonu ayrıca kenar taraması için de kullanabiliriz. Erozyon ile kenar taraması yaparken görüntünün erozyonunu ele alırız ve sonra onu orijinal halinden çıkartırız, böylece sadece erozyonla çıkartılmış bölge kenarları oluşturur. [Zheng, 2000]



6. AÇILMA



Şekil 6.1 Açılmanın genel gösterimi.

6.1 Tanım

Açılma ve kapama matematiksel morfolojinin iki önemli operatörleridirler. Her ikisi de temel operatörler olan erozyon ve genişlemeden türetilmişlerdir. Diğerleri gibi açılma kapamayı da ikilik görüntüler üzerinde ele alacağız. Açılmanın da ana etkisi erozyondakine benzer şekilde ön yüzeyin kenar bölgelerindeki parlak pikselleri yok eder. Ancak erozyona göre daha az yıpratıcıdır. Diğer morfolojik operatörler gibi açılma da bir yapı elemanı kullanarak gerçekleştirilir. Açılma operatörünün esas neticesi alınan yapı elemanına benzer şekilde olan veya tamamen içinde olan ön yüzey bölgelerini alırken ön yüzeyin diğer bütün bölgelerini atan bir özelliği olmasıdır.

6.2 Açılmanın Matematiksel İfadesi

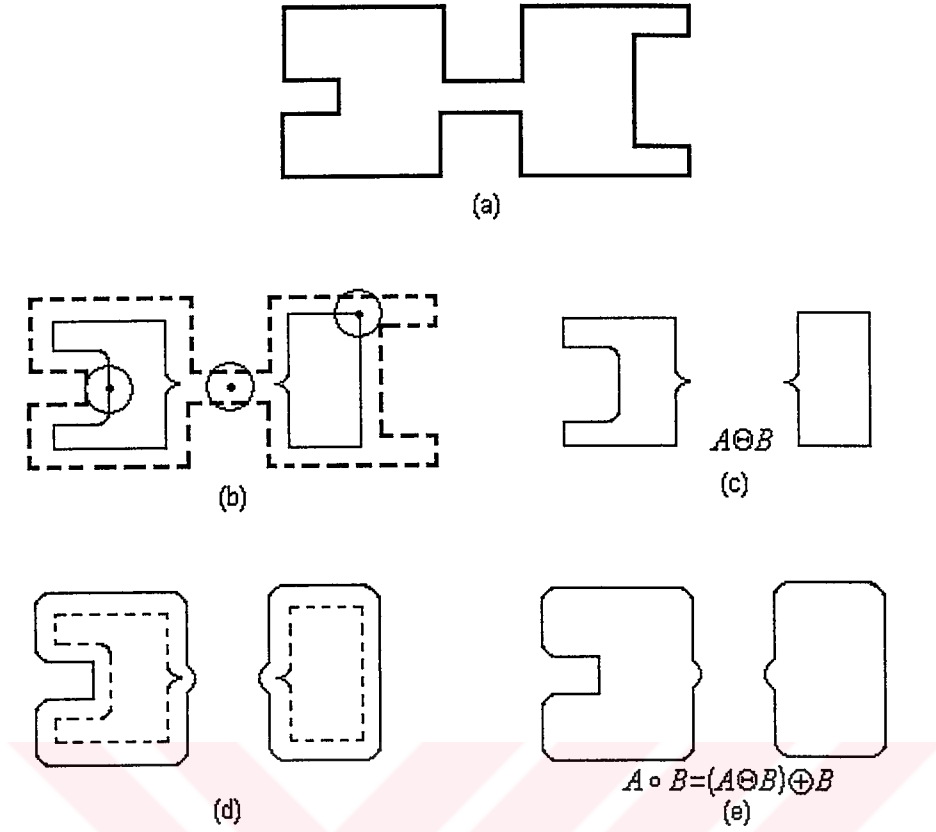
Açılma genel olarak bir görüntünün dış hatlarını düzgünleştirir, dar kıstakları kırar ve ince çıkıntıları giderir.

A ve B Z^2 de iki küme olmak üzere A 'nın B ile açılması;

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (6.1)$$

ile ifade edilir ve $A \circ B$ ile gösterilir. [Gonzales ve Woods, 1992]

Sözle ifade edilirse A 'nın B ile açılması A 'nın önce B ile erozyonu ve çıkan sonucun B ile genişletilmesidir.



Şekil 6.2 Görüntü üzerinde dairesel yapı elemanı kullanımı sonucu elde edilen açılma.

6.3 Çalışma Şekli

Çok basit bir ifadeyle bir görüntüdeki açılma, aynı yapı elemanını kullanarak uygulanan önce erozyon sonra genişleme işlemidir. Bu yüzden açılma operatörü de iki girdi gerektirir. Birisi operatörün uygulanacağı ikilik görüntü, diğeri de kullanılacak olan yapı elemanı.

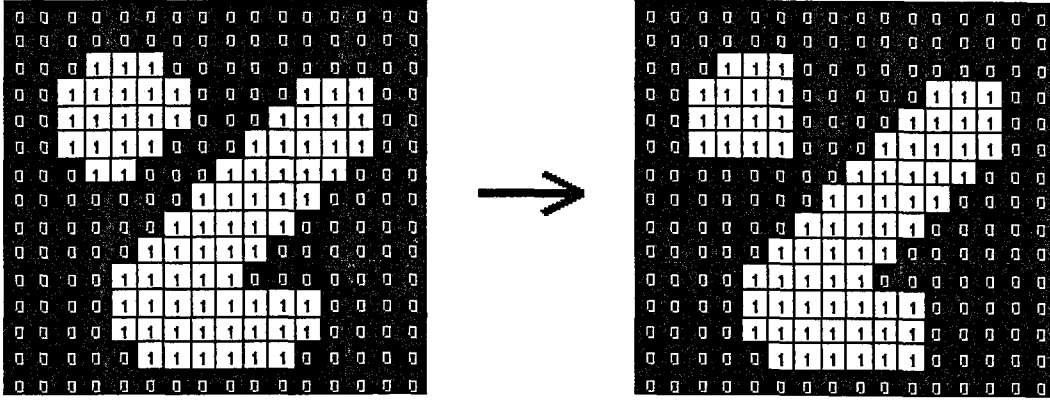
Açılma kapamanın eşleneğidir. Örneğin belirli bir yapı elemanı ile ön yüzey piksellere uygulanan açılma aynı yapı elemanı ile arka yüzey piksellerine uygulanan kapamaya denktir. [Giardina ve Dougherty, 1988]

6.4 Kullanım Örnekleri

Erozyon yardımıyla görüntü içerisindeki istenmeyen noktaların giderilmesi esnasındaki işlemin görüntünün bütün kısmını etkileme durumunu açılma operatöründe hem erozyon hem de genişleme kullanarak giderebiliriz. Açılmanın etkisi şu şekilde izlenebilir:

Kullanılan yapı elemanını şeklin iç kısmındaki ön yüzey bölgelerinin tamamında gezdirip yapı elemanını tamamıyla kapsayan bölgeler ele alınır.

Bir ikilik görüntü üzerindeki 3x3'lük yapı elemanı ile elde edilen açılma sonucu aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 6.3 3x3'lük kare yapı elemanı ile açılmanın etkisi.

Erozyon ve genişleme da 3x3'lük yapı elemanı kullanımı çok geneldir. Yukarıdaki örnek yapı elemanına uygun bir model olduğundan düzgün bir sonuç ortaya konabilmiştir.

Etkiyi artırmak için çok sayıda erozyon ve o kadar sayıda da genişleme uygulamamız gerekir ya da daha büyük bir yapı elemanı ile aynı etki verilebilir.

Daireler ve çizgilerden oluşan şekil 6.4'deki ikilik görüntüyü göz önüne alalım.



Şekil 6.4 Örnek ikilik görüntü.

Daireleri çizgilerden ayırmak istediğimizi düşünelim. 11 piksel çaplı dairesel bir yapı elemanı ile yapılan açılma sonucunda şekil 6.5'deki görüntü elde edilir.



Şekil 6.5 Örnek görüntüye dairesel yapı elemanı ile açılma uygulanması sonucunda ortaya çıkan görüntü.

Bazı daireler az miktarda yıpranmış da olsa çizgiler tamamıyla ortadan kalkmıştır ve daireler büyük oranda korunmuştur.



Şekil 6.6 Örnek görüntü.

Şekil 6.6'da başka bir örnek ikilik görüntü verilmiştir. Bu sefer yatay ve dikey çizgileri birbirinden tam olarak ayırmak istiyoruz. Dikine uygulanan 3×9 'luk bir yapı elemanı şekil 6.7'deki görüntüyü verir.



Şekil 6.7 Örnek görüntüye 3×9 'luk yapı elemanı ile uygulanmış açılma sonucu.

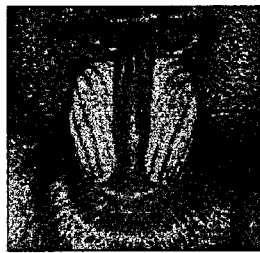


Şekil 6.8 Örnek görüntüye 9×3 'lük yapı elemanı ile uygulanmış açılma sonucu.

Şekil 6.8'deki görüntüde de aynı giriş görüntüsüne 9×3 'lük yapı elemanının yatay olarak uygulanması sonucu elde edilir. İkinci şekilde bir takım kırıntılar kalmıştır. Bunlar az daha uzun bir yapı elemanı kullanılarak rahatlıkla yok edilebilir. [Jain, 1986]

Erozyon ve genişlemeden farklı olarak açılmada yapı elemanının orijininin konumu hiç önemli değildir, sonucu etkilemez.

Gri düzey açılma da benzer şekilde belirli yoğunluk modellerini seçip korurken diğerlerini zayıflatır.



Şekil 6.9 Örnek resim.

Basit bir örnek olarak şekil 6.9'daki görüntüye 5×5 'lik kare yapı elemanı kullanarak uygulanan açılmayla şekil 6.10'daki yeni görüntü elde edilir.



Şekil 6.10 Örnek resme 5x5'lik kare yapı elemanı ile uygulanan açılma sonucu.

Burada dikkat edilmesi gereken önemli nokta, yapı elemanından küçük olan parlak kısımlar büyük oranda yoğunluğunu kaybederken daha büyük olan diğer kısımlar da yoğunlukça bir değişiklik görülmemesidir. Böylece hayvanın saçları ve bıyıkları yoğunluğunu büyük oranda kaybetmişken burun bölgesi hemen hemen olduğu gibi kalabilmiştir. Görüntünün içerisindeki küçük spekülariteler ve doku dalgalanmaları giderildiğinden daha mat bir hal aldığı görülmüş olur.

Benzer şekilde açılma, görüntüdeki gürültüleri gidermek için de kullanılır.



Şekil 6.11 Gürültü içeren örnek görüntü.

Şekil 6.11'deki görüntü gürültü içerir. Bu görüntüye 3x3'lük kare yapı elemanı ile uygulanan açılma sonucunda şekil 6.12'deki yeni görüntü elde edilebilir.



Şekil 6.12 Örnek görüntüye 3x3'lük kare yapı elemanı ile uygulanan açılma sonucu.

Görüldüğü gibi açılma belirli şekillerdeki nesnelere arka yüzeyden ayıklayabilmek adına çok kullanışlıdır. Ancak bu durum herhangi bir iki boyutlu görüntüde birebir aranan nesneyi bulmak konusunda zor olabilir. Örneğin bir görüntüdeki düz çubukları ayırmak için kullanılacak yapı elemanının bütün pozisyonlarda tek tek denenmesi gerekmektedir. Aksi takdirde sadece bir kısmını bulabilecek, diğerlerini gözde almayacaktır. [Zheng, 2000]

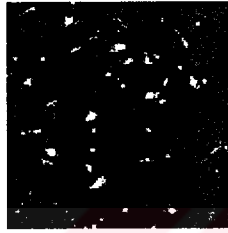
Örneğin bir kısmı küçük siyah ve bir kısmı da büyük gri olan iki çeşit hücre içeren şekil

6.13'deki görüntüyü ele alalım.



Şekil 6.13 İki çeşit hücre içeren örnek görüntü.

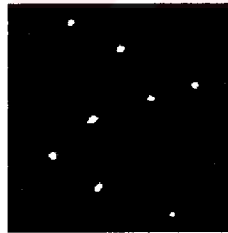
görüntüsünü düşünelim. Görüntüyü 210 değeriyle eşiklersek, iki çeşit hücrenin de arka yüzeyden ayıklandığı şekil 6.14'deki görüntüyü elde ederiz.



Şekil 6.14 Eşiklenmiş görüntü.

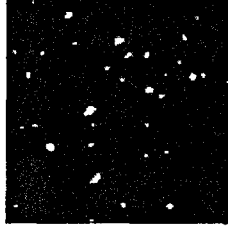
Görüntüdeki sadece büyük hücreleri korumak küçük olanları ise kaldırmak istiyoruz. Bu doğrusal açılma ile gerçekleştirilebilir.

11 piksellik dairesel yapı elemanı kullanarak şekil 6.15'deki görüntü elde edilir.



Şekil 6.15 Örnek görüntüye dairesel yapı elemanı ile uygulanan açılma sonucu.

görüntüsü elde edilebilir. İstenen hücrelerin büyük çoğunluğu görüntüde iken küçük siyah hücrelerin tamamı yok olmuştur. Ancak küçük siyahları ayıklayıp büyük grileri yok edecek bir yapı elemanına sahip olamayız. Küçük siyah hücrelerin görüntüde kalmasını sağlayacak hiç bir yapı elemanı büyük siyah hücreleri yok edemez. Bu durum 7 piksellik yapı elemanı ile şekil 6.16'da gösterilmiştir. [Jain, 1986]



Şekil 6.16 Örnek görüntüye 7 piksellik yapı elemanı ile uygulanan açılma sonucu.



7. KAPAMA



Şekil 7.1 Kapamanın genel gösterimi.

7.1 Tanım

Kapama matematiksel morfolojinin önemli operatörlerinden biridir. Eşleneği olan açılma gibi kapama da temel operatörler olan erozyon ve genişleme'den türetilir. Diğer operatörler gibi kapama da ikilik görüntülere uygulanır. Kapama aslında ön yüzey bölgelerin sınırlarını genişletme eğilimi ile genişlemeye benzer fakat genişlemeye göre orijinal şekli daha az değişikliğe uğratar. Diğer bütün operatörlerde olduğu gibi kapama işlemi de bir yapı elemanı kullanır. Kapama operatörünün etkisi yapı elemanı ile aynı şekle sahip arka yüzey bölgelerini muhafaza ederken diğer bütün arka yüzey piksellerin bölgelerini gidermesidir.

7.2 Kapamanın Matematiksel İfadesi

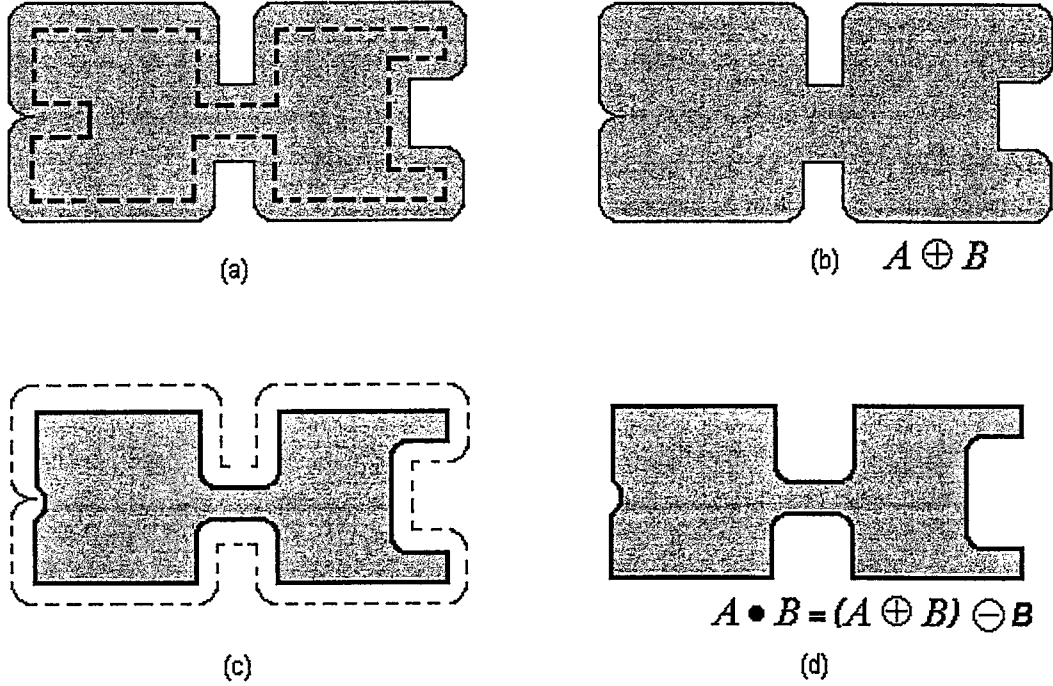
Kapama dış hatları düzgünleştirme eğilimindedir fakat açılmaya zıt olarak genelde dar kırıkları ve ince uzun girintileri kaynaştırır, küçük delikleri giderir ve yüzeydeki boşlukları doldurur.

A ve B Z^2 de iki küme olmak üzere A 'nın B ile kapanması;

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \quad (7.1)$$

ile ifade edilir ve $A \bullet B$ ile gösterilir. [Gonzales ve Woods, 1992]

Sözlü ifade ile A 'nın B ile kapanması A 'nın önce B ile genişletilmesi ve sonucun B ile erozyonudur.



Şekil 7.2 Görüntü üzerinde dairesel yapı elemanı kullanımı sonucu elde edilen kapama.

7.3 Çalışma Şekli

Kapama, tersten uygulanmış açılma. Her iki işlem için de aynı yapı elemanını kullanmak üzere önce bir genişleme ve ardından bir erozyon ile tanımlanır. Bu sebeple kapama operatörü iki çeşit girdi gerektirir; kapatılmak üzere bir görüntü ve bir yapı elemanı. [Giardina ve Dougherty, 1988]

Kapama, açılmanın çiftidir. Örneğin belirli bir yapı elemanı ile ön yüzey piksellerin kapaması aynı yapı elemanı ile arka yüzeylerin açılmasına denktir. [Haralick ve Shapiro, 1992]

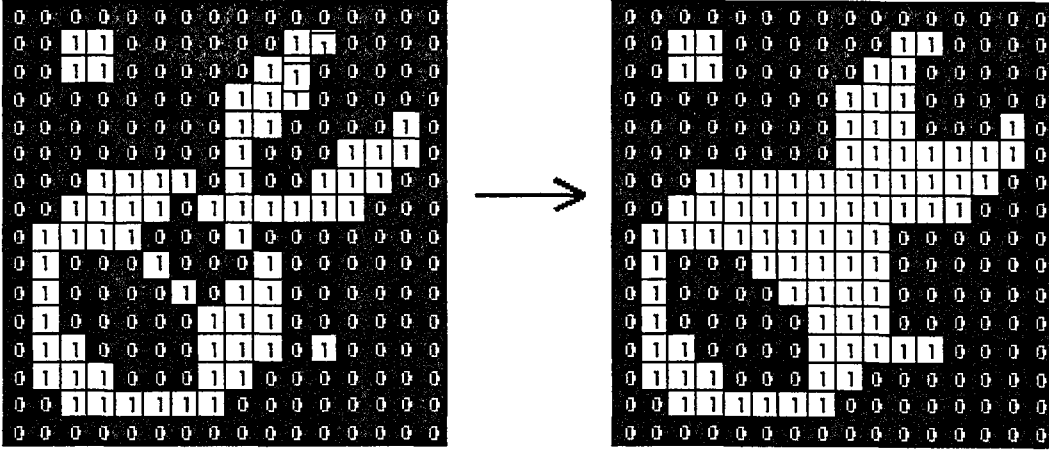
7.4 Kullanım Örnekleri

Genişlemenin kullanım şekillerinden biri görüntü içindeki arka yüzey rengindeki küçük delikleri doldurmaktır. Ancak buradaki bir problem genişlemenin piksellerin bütün bölgelerde tahriş edilmesine yol açmasıydı. Görüntüye genişlemenin ardından bir de erozyon uygulayarak ki bunun adı kapamadır, bu etkilerin bir kısmına engel olmuş oluruz. Kapamanın etkisi şu şekilde ifade edilebilir:

Bir yapı elemanını alalım ve her ön yüzey bölgenin dış çevresinde yer değiştirelim. Her arka yüzey sınır noktası için, eğer yapı elemanı hiçbir parçası ön yüzey bölgenin içine gelmeyecek şekilde o noktaya değerse o zaman o nokta arka yüzey renginde bırakılır. Eğer bu mümkün

değilse o zaman piksel ön yüzey rengine döndürülür.

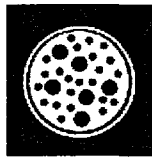
3x3'lük kare yapı elemanı kullanarak elde edilen kapama uygulaması şekil 7.3'de gösterilmiştir:



Şekil 7.3 3x3'lük kare yapı elemanı ile kapamanın etkisi.

Erozyon ve genişlemeyle birlikte burada da en çok kullanılan yapı elemanı 3x3'lük kare yapı elemanıdır ve bir çok yerde özel tanımlanmış bir yapı elemanına gerek duyulmaz. Daha büyük bir yapı elemanı ile elde edilecek kapama etkisi, aynı yapı elemanını çok sayıda genişleme ve o kadar sayıda erozyon uygulayarak elde edilebilir.

Kapama bazen bir görüntünün belirli arka yüzey bölgelerini seçerek doldurma için de kullanılır. Buradaki istenilen durumun verimi seçilen yapı elemanının bölgeye uygunluğuna bağlıdır.



Şekil 7.4 Büyük ve küçük delikler içeren örnek görüntü.

Şekil 7.4'deki görüntü büyük ve küçük delikler içerir. Eğer küçük delikleri yok etmek ve büyükleri tutmak istiyorsak basit bir şekilde küçük deliklerden büyük, büyük deliklerden de küçük olan bir yapı elemanı kullanarak bir kapama uygulayabiliriz. [Jain, 1986]



Şekil 7.5 Örnek görüntüye 22 piksellik dairesel yapı elemanı ile kapama uygulanması sonucu.

Şekil 7.4'deki görüntüye 22 piksel çapındaki dairesel yapı elemanı ile kapama uygulanması sonucu şekil 7.5'deki görüntü ortaya çıkar. Kapamanın bir sonucu olarak ince siyah halkanın da doldurulmuş olduğu görülebilir.

Gerçek hayat uygulamalarında kapama, örneğin eşikleme ile elde edilen ikilik görüntülerin genişletilmesinde kullanılabilir.



Şekil 7.6 İskeletin bulunmasının istenildiği örnek görüntü.

Şekil 7.6'daki görüntünün iskeletini bulmayı istediğimizi varsayalım. Bunu yapabilmek için öncelikle gri düzey görüntüyü ikilik görüntüye dönüştürebiliriz. Görüntüyü 100 değerinde eşiklersek şekil 7.7'deki yeni görüntüyü elde ederiz.



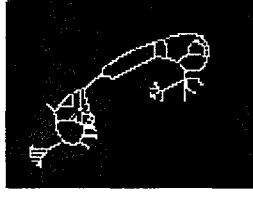
Şekil 7.7 Örnek görüntünün eşiklenmiş hali.

Bazı bölgeler arka yüzey renginde kalmıştır. Bu eşiklenmiş görüntüye 20'lik bir çembersel yapı elemanı ile kapama uygulayarak şekil 7.8'deki görüntüyü elde ederiz.



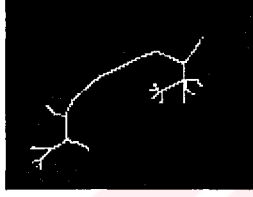
Şekil 7.8 Örnek görüntüye 20 piksellik dairesel yapı elemanı ile kapama uygulanması sonucu.

Kapama operatörünün değeri her iki ikilik görüntünün iskeletini karşılaştırdığımızda daha iyi anlaşılır.



Şekil 7.9 Örnek görüntünün sadece eşiklenmiş hali.

Şekil 7.9'daki görüntü sadece eşiklenmiş görüntünün iskeleti iken, şekil 7.10'daki görüntü ise önce eşiklenmiş sonra kapama uygulanmış görüntünün iskeletidir.



Şekil 7.10 Örnek görüntünün önce eşiklenmiş sonra kapama uygulanmış hali.

İkinci iskeletin çok daha az kompleks olduğunu ve gerçek şekli çok daha iyi temsil ettiğini görebiliriz. [Wezka, 1978]

Erozyon ve genişlemeden farklı olarak kapamada yapı elemanının orijininin konumu sonucu etkilemez. Sonuç bundan bağımsızdır.

Gri düzey kapama da benzer şekilde belirli yoğunluk modellerini seçip korurken diğerlerini zayıflatır.



Şekil 7.11 Örnek resim.

Şekil 7.11'deki örnek resim başlangıç noktamız olsun. 5x5'lik düz kare yapı elemanı ile yapılan gri düzey kapamanın sonucu şekil 7.12'de gösterilmiştir.



Şekil 7.12 Örnek resme kapama uygulanması sonucu.

Saçlardaki parlak noktalar arasındaki koyu benekler parlak noktaların renginde doldurulurken daha bütünleşik bir renkte olan burun kısmı genel olarak aynı yoğunlukta kalmıştır. Aynı şekilde beyaz bıyıklar arasındaki boşluklar da doldurulmuştur.

Kapama ayrıca görüntüdeki gürültüleri kaldırmada da kullanılır.



Şekil 7.13 Örnek görüntü.

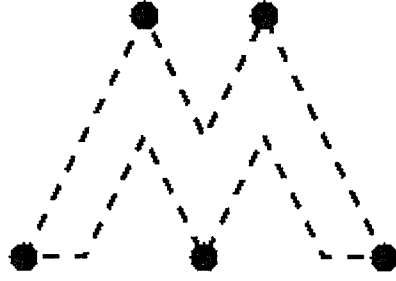
Şekil 7.13'deki görüntü gürültü içerir. Bu görüntüye 3x3'lük kare yapı elemanı ile uygulanan kapama sonucu şekil 7.14'deki görüntü elde edilir.



Şekil 7.14 Örnek görüntüye 3x3'lük kare yapı elemanı ile uygulanan kapama sonucu.

Görüntünün kalitesini bir miktar düşürerek gürültü tamamen yok edilir. [Zheng, 2000]

8. HIT ve MISS TRANSFORMU



Şekil 8.1 Hit ve Miss transformunun genel gösterimi.

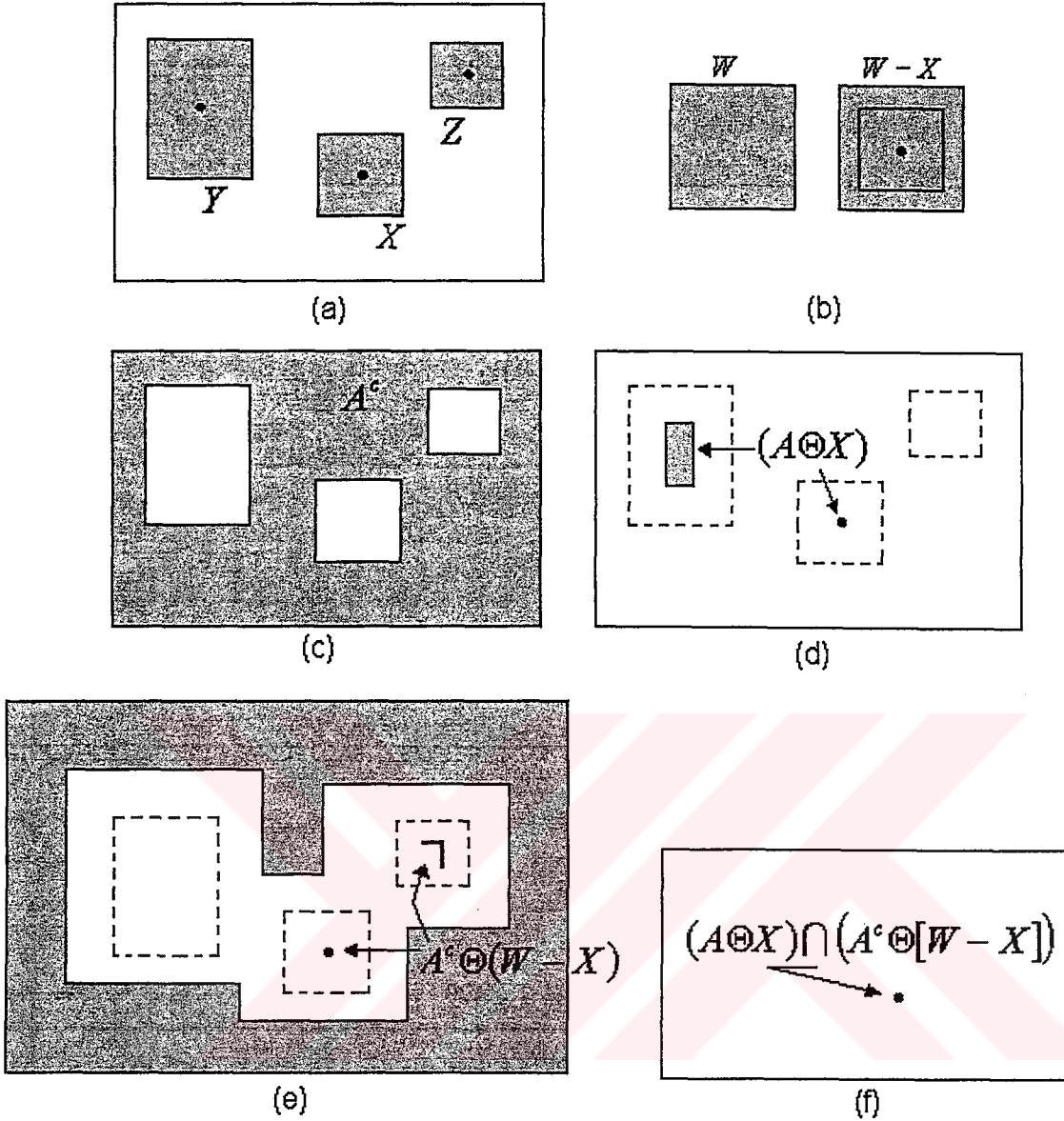
8.1 Tanım

Hit ve miss transformu bir görüntüdeki ön yüzey ve arka yüzey pikselleri üzerindeki belirli noktaları bulmak amacıyla kullanılan genel bir ikilik morfolojik işlemdir. Aslında ikilik morfolojinin temel işlemidir ve hemen hemen bütün diğer morfolojik işlemler de hit ve miss transformundan türetilir. Diğer tüm ikilik morfolojik operatörlerde olduğu gibi burada da giriş olarak bir ikilik görüntü ve bir yapı elemanı ele alınır ve çıktı olarak da başka bir ikilik görüntüyü verir. [Andrews, 1976]

8.2 Hit ve Transformunun Matematiksel İfadesi

Morfolojik hit ve miss transformu şekil bulma, görüntü içerisindeki herhangi bir şeklin konumunu tespit etme amacıyla kullanılan temel işlemdir. Ayrıca ikilik iskeletin uç noktalarının konumlandırılması için de kullanılabilir.

Hit ve miss transformunun kullanımını gösterebilmek amacıyla şekil 8.2'den istifade edilebilir.



Şekil 8.2 Hit ve miss transformunun bazı uygulamalarının kümeler üzerinde gösterimi.

Burada içerisinde X , Y ve Z ile gösterilen üç şeklin bulunduğu bir A kümesi söz konusudur. Şekil 8.2(a) ve (c)'deki taralı bölgeler orijinal kümeleri, (d) ve (e)'deki taralı bölgeler ise morfolojik işlemlerin sonucunu gösterir.

Amacımız görüntünün içindeki, örneğin X şeklinin lokasyonunu belirlemek olsun.

Her şeklin orijini kendi ağırlık merkezi olsun. Eğer X 'i W gibi küçük bir pencere ile çevrelersek, W 'ye göre X 'in lokal arka yüzeyi şekil 8.2(b)'de gösterilen $(W - X)$ küme farkıdır. Şekil 8.2(c) daha sonra gelecek olan A 'nın tümleyenini gösterir. Şekil 8.2(d), A 'nın X ile erozyonunu gösterir. X tamamen A 'nın içinde bulunduğundan, A 'nın X ile erozyonunu X 'in orijininin lokasyonlarının kümesinin gösterdiğini hatırlayalım. Şekil 8.2(e),

A 'nın tümleyeninin lokal arka yüzey $(W - X)$ ile erozyonunu gösterir. X , A 'nın tamamen içinde kalırken lokasyonların kümesi olan şekil 8.2(d) ve (e), şekil 8.2(f)'de gösterildiği gibi A 'nın X ile erozyonunu ve A^c 'in $(W - X)$ ile erozyonunun kesişiminden ibarettir. Bu kesişim kesin olarak aranan lokasyondur. Diğer bir deyişle eğer B kümesi X 'den ve onun arka yüzeyinden oluşan kümeyi gösteriyorsa B 'nin A 'daki karşılığı $A \otimes B$;

$$A \otimes B = (A \ominus X) \cap [A^c \ominus (W - X)] \quad (8.1)$$

şeklinde ifade edilir. [Gonzales ve Woods, 1992]

Bu notasyonu; B_1 , bir nesneyle ilişkili B 'nin elemanlarından oluşan küme ve B_2 de bu nesneye karşılık gelen arka yüzeye ilişkili B 'nin elemanlarından oluşan küme olmak üzere $B = (B_1, B_2)$ almak suretiyle genelleştirebiliriz. Yukarıdaki konudan hareketle $B_1 = X$ ve $B_2 = (W - X)$ olur. Böylece 8.1 denklemi;

$$A \otimes B = (A \ominus B_1) \cap (A^c \ominus B_2) \quad (8.2)$$

halini alır.

Küme farkları tanımını ve erozyon genişleme arasındaki ilişkiyi kullanarak, 8.2 denklemi de;

$$A \otimes B = (A \ominus B_1) - (A \ominus \hat{B}_2) \quad (8.3)$$

şeklinde tekrar yazabiliriz. [Haralick ve Shapiro, 1992]

8.3 Çalışma Şekli

Hit ve miss de kullanılan yapı elemanı da erozyon ve genişletmede kullanılan yapı elemanlarına büyük oranda benzerlik gösterir. Fakat hit ve miss'de ön yüzey ve arka yüzey pikselleri bir arada kullanılır. Aslında erozyon ve genişletmede kullanılan yapı elemanlarında da 1'ler ve 0'lar vardır, ancak bu sıfırların tamamı dikkate alınmaz şeklindedir. Burada ise herhangi bir karışıklığa meydan vermemek için dikkate alınmaz pikselleri boşluk ile gösterilir. Aşağıda bu tip bir yapı elemanı şekil 8.3'de verilmiştir. Her zaman olduğu gibi burada ön yüzeyler 1 arka yüzeyler de 0 ile gösterilir.

	1	
0	1	1
0	0	

Şekil 8.3 Hit ve miss transformunda kullanılan yapı elemanına bir örnek.

Bu örnekteki yapı elemanı aşağıdaki açıklamada olduğu gibi görüntünün köşe noktalarını bulmada kullanılır. Hit ve miss işlemi de büyük oranda diğer morfolojik operatörlerde olduğu gibi yapı elemanının orijinini görüntünün içindeki bütün noktalarda yer değiştirip görüntü ile yapı elemanının pikselleri arasında karşılaştırma yaparak gerçekleştirilir. Eğer yapı elemanının ön ve arka yüzey pikselleri görüntünün ön ve arka yüzey pikselleri ile tam olarak çakışıyorsa o zaman yapı elemanının orijininin altında kalan piksel arka yüzey rengine dönüştürülür.

Örnek olarak şekil 8.3'deki yapı elemanı görüntüdeki dik açılı konveks köşeleri bulmak üzere kullanılabilir. 3x3'lük yapı elemanının orijininin orta noktada olduğunu varsayalım. Bir ikilik görüntüdeki bütün köşeleri bulabilmek için, hit ve miss transformunu ikilik görüntüdeki dört çeşit dik açılı köşeyi temsil eden dört değişik yapı elemanı ile dört kez uygulamak gerekir.

	1	
0	1	1
0	0	

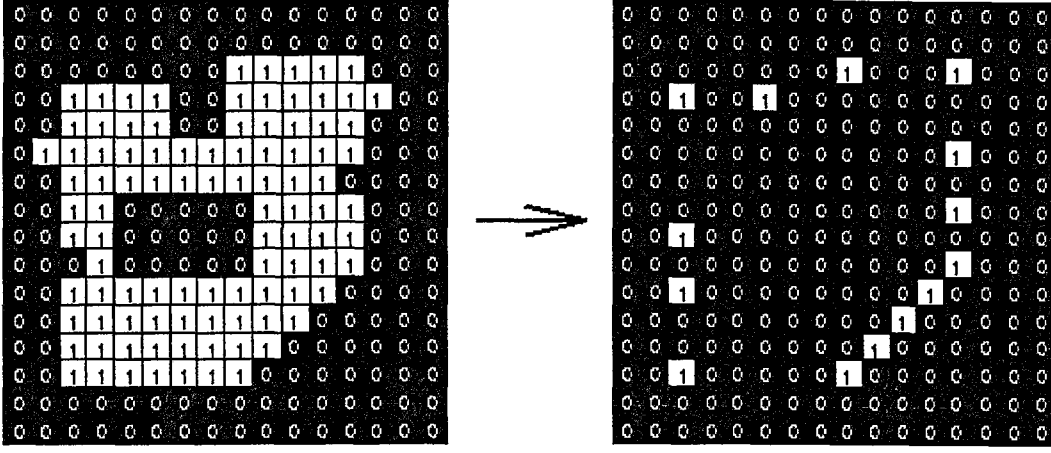
	1	
1	1	0
	0	0

	0	0
1	1	0
	1	

0	0	
0	1	1
	1	

Şekil 8.4 Hit ve miss transform kullanarak ikilik görüntüdeki köşe noktalarını bulmaya yarayan dört çeşit yapı elemanı. Bu dört eleman aynı yapıya sahip olup birbirlerinin çeşitli boyutlarda rotasyon edilmiş halleridir.

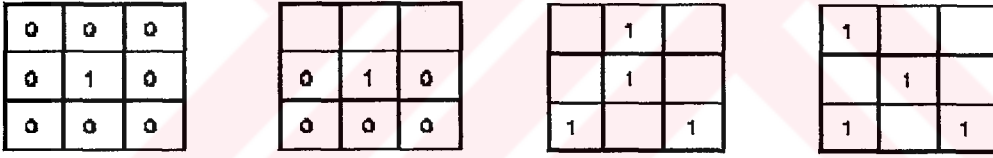
Her oryantasyonun ardından bütün köşeleri tespit edip bunların bileşkesini aldığımızda bütün konveks köşelerin yerini gösteren sonuç aşağıdaki gibi olur. Şekil 8.5'de buradaki ikilik görüntünün köşelerinin arama sonucu gösterilmiştir. [Haralick ve Shapiro,1992]



Şekil 8.5 Basit bir ikilik görüntünün dik açılı köşe taraması.

8.4 Kullanma Şekli

Hit ve miss transformu, karmaşık ikilik yapılarıdaki belirli noktaların ortaya çıkartılmasında kullanılır. Aranılan her tür nokta için değişik yapı elemanları kullanılır. Erozyon, genişleme, açılma ve kapama işlemlerinin basit küme operasyonları yardımıyla hit ve miss'den türetilir. Şekil 8.6'de çeşitli ikilik özelliklerin konumlandırılması için kullanılacak çeşitli yapı elemanları gösterilmiştir.



Şekil 8.6 Hit ve miss transformunda kullanılacak çeşitli yapı elemanları.

Her iki yapı elemanı da bütün oryantasyonlarıyla kullanılmalı yani sekiz ayrı hit ve miss transformu uygulanmalıdır. Bu uygulamalardan iki tanesini aşağıdaki görüntü iskeleti ile örneklendirebiliriz.



Şekil 8.7 Örnek görüntü.

Şekil 8.8'de, şekil 8.7'deki örnek görüntünün iskeleti olarak verilen görüntü ele alındığını varsayalım.



Şekil 8.8 Örnek görüntünün iskeleti.

Bu durumda şekil 8.9’da iskelet üzerinde üç noktanın kesiştiği kısımları gösterilir.



Şekil 8.9 İskelet görüntü üzerinde üç noktanın kesiştiği noktalar.

Yalnızca hit ve miss uygulayarak her üç nokta kesişimindeki tek bir ön yüzey pikseli ortaya çıkar. Bu örnekteki son görüntüyü elde edebilmek içinse artı şeklinde bir yapı elemanı kullanarak genişletme uygulanmalı ve daha sonra da orijinal iskelet ile birleştirilmelidir.



Şekil 8.10 İskelet görüntü üzerindeki uç noktalar.

Şekil 8.10’da örnek görüntünün iskeletinin uç noktaları gösterilmiştir. [Maragos ve Schafer, 1986]

Hit ve miss transformunun en verimli kullanımı için bulunması istenilen konumlandırmalara en uygun yapı elemanı tercih edilmelidir.

9. SONUÇLAR

Bilgisayar ortamı söz konusu olduğunda dijital görüntülerin çözümlenmesi ya da iyileştirilmesi için bir çok teknik kullanılmaktadır. Bu teknikler arasındaki önemli bir konu başlığını da morfolojik görüntü işleme oluşturur. Çalışma boyunca temel morfolojik operatörler incelenmiş ve ekteki yazılım ile de örnek görüntüler üzerindeki etkileri belirtilmeye çalışılmıştır.



KAYNAKLAR

- Andrews, H. C., (1976), "Monochrome digital image enhancement," *Applied Optics*, Vol. 15, No. 2, sayfa 495-503.
- Giardina, C. R. ve Dougherty, E.R., (1988), "Morphological Methods in Image and Signal Processing", Prentice-Hall, Englewood Clis, New Jersey.
- Gonzalez, R. ve Woods, R., (1992), "Digital Image Processing", Addison-Wesley Publishing Company, sayfa 518 - 519, 549.
- Haralick R., ve Shapiro, L., (1992), "Computer and Robot Vision", Vol. 1, Chap. 5, Addison-Wesley Publishing Company.
- Jain, A., (1986), "Fundamentals of Digital Image Processing", Prentice-Hall, sayfa 384.
- Larsen R., (2000), "Mathematical Morphology", IMM/DTU.
- Maragos, P. ve Schafer, R. W., (1986), "Morphological skeleton representation and coding of binary images," *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Process.*, vol. ASSP-34, No. 10, sayfa 1228-1244.
- Maragos, P. ve Schafer, R.W., (1990), "Morphological Systems for multidimensional signal processing," *Proc. IEEE*, vol. 78, No. 4, sayfa 690-710.
- Pratt, W. K., (1978), "Digital Image Processing", Wiley, New York.
- Rosenfeld, A. ve Kak, A.C., (1982), "Digital Image Processing", Vols. 1 and 2, Academic, New York.
- Serra, J., (1982), "Image Analysis and Mathematical Morphology", Academic Press, London.
- Serra, J., (1986), "Introduction to mathematical morphology," *Comp. Vision, Graph., Image Process.*, vol. 35, sayfa 283-305.
- Song, J. ve Delp, E. J., (1990), "A study of the generalized morphological filter," submitted to *Circuits, Systems, and Signal Processing*.
- Vernon D., (1991), "Machine Vision", Prentice-Hall, sayfa 63 - 66, 76 - 78.
- Weszka, J. S., (1978), "A survey of threshold selection techniques," *Comp. Graph. and Image Process.*, vol. 7, 259-265.
- Zheng, Q., (2000), "Language and Media Processing Lab Center for Automation Research", University of Maryland College Park.

EKLER

Ek 1 Morfolojik işlemlerin C Programlama Dili ile hazırlanmış bilgisayar kodları.



Ek 1 Morfolojik işlemlerin C Programlama Dili ile hazırlanmış bilgisayar kodları.

```
#include <stdio.h>

#include <iostream.h>

#include <fstream.h>

#include <string.h>

#include <math.h>

class morphology

{

public:

void getfile();

void makestrelement();

void outputfile();

void erosion();

void dilation();

void opening();

void closing();

private:

int orgarray[256][256],temparray[256][256],finalarray[256][256],strelement[32][32];

int recrow,reccol,sqrdim,radius,centerx,centery,streledimrow,streledimcol;

char name[25],outname[25];

};

void morphology::getfile()

{

char c;
```

```
int i=0,j=0,count1 = 0;

cout << "Enter the first file you want to be processed: ";

cin >> name;

ifstream infile(name,ios::in);

if(!infile)

cout << "Can't open first file";

while(count1 != 4)

{

infile.get(c);

if (c == '\n')

++count1;

}

while (!infile.eof())

{

if (j == 256)

{

j = 0;

++i;

}

infile >> orgarray[i][j];

++j;

}

for ( i = 0; i < 256; ++i)

for (int j = 0; j < 256; ++j)
```

```

{
finalarray[i][j] = 0;
temparray[i][j] = 0;
}
}

void morphology::makestrelement()
{
int choice = 0,deltax = 0,deltay = 0;

double distfromcenter = 0;

recrow = reccol = sqrdim = radius = centerx = centery = streledimrow = streledimcol =0;

cout << "Please enter which type of structuring element you wish to use:\n1. Rectangular\n2.
Square\n3. Circular\nPl
ease enter a 1,2, or 3: ";

cin >> choice;

if (choice == 1)
{
cout << "Please enter the size of the rectangle you wish to use:\nEnter row size: ";

cin >> recrow;

cout << "Enter the column size: ";

cin >> reccol;

for (int i = 0; i < recrow; ++i)
for (int j = 0; j < reccol; ++j)
{
strelement[i][j] = 255;

```

```
}  
  
for (i = 0; i < recrow; ++i)  
  
{  
  
for (int j = 0; j < reccol; ++j)  
  
{  
  
cout << strelement[i][j] << " ";  
  
}  
  
cout << "\n";  
  
}  
  
streledimrow = recrow;  
streledimcol = reccol;  
  
}  
  
if (choice == 2)  
  
{  
  
cout << "Please enter the size of the square you wish to use:\nEnter row and column size: ";  
  
cin >> sqrdim;  
  
for (int i = 0; i < sqrdim; ++i)  
  
for (int j = 0; j < sqrdim; ++j)  
  
{  
  
strelement[i][j] = 255;  
  
}  
  
for ( i = 0; i < sqrdim; ++i)  
  
{  
  
for (int j = 0; j < sqrdim; ++j)
```



```
{  
cout << strelement[i][j] << " ";  
}  
cout << "\n";  
}  
streledimrow = sqrdim;  
streledimcol = sqrdim;  
}  
if (choice == 3)  
{  
cout << "Please enter the radius of the circular element you wish use: ";  
cin >> radius;  
centerx = (2*radius + 1)/2;  
centery = (2*radius + 1)/2;  
for (int i = 0; i < 2*radius + 1; ++i)  
for (int j = 0; j < 2*radius + 1; ++j)  
{  
deltax = abs(centerx - i);  
deltay = abs(centery - j);  
distfromcenter = sqrt((deltax * deltax) + (deltay * deltax));  
if (distfromcenter <= radius)  
{  
strelement[i][j] = 255;  
}  
}
```

```

else
strelement[i][j] = 0;
}
for (i = 0; i < 2*radius + 1; ++i)
{
for (int j = 0; j < 2*radius + 1; ++j)
{
cout << strelement[i][j] << " ";
}
cout << "\n";
}
streledimrow = 2*radius + 1;
streledimcol = 2*radius + 1;
}
cout << "Structuring element is: " << streledimrow << " by " << streledimcol << "\n";
}

void morphology::opening()
{
bool remove = false;

int i,j,x,y,s,t;

for ( i = 0; i < 256; ++i)

for (int j = 0; j < 256; ++j)

{

temparray[i][j] = orgarray[i][j];

```

```
}  
for (i = 0; i <= 255; i++) {  
  for (j = 0; j <= 255; j++) {  
    if (orgarray[i][j] == 255) {  
      s = i - (streledimrow/2);  
      t = j - (streledimcol/2);  
      for (x=0; x < streledimrow; x++) {  
        for (y=0; y < streledimcol; y++) {  
          if ((strelement[x][y] != orgarray[s][t]) &&  
              (strelement[x][y] != 0) && (s>=0) && (s<=255)  
              && (t>=0) && (t<=255)) {  
            remove = true;  
          }  
          t++;  
        }  
        s++;  
        t = j - (streledimrow/2);  
      }  
      if (remove)  
      {  
        temparray[i][j] = 0;  
      }  
      remove = false;  
    }  
  }  
}
```

```

}}
for (i = 0; i <= 255; i++) {
for (j = 0; j <= 255; j++) {
if (temparray[i][j] == 255) {
s = i - (streledimrow/2);
t = j - (streledimcol/2);
for (x=0; x < streledimrow; x++) {
for (y=0; y < streledimcol; y++) {
if ((strelement[x][y] != 0) && (s>=0) && (s<=255)
&& (t>=0) && (t<=255)) {
finalarray[s][t] = strelement[x][y];
}
t++;
}
s++;
t = j - (streledimrow/2);
}}}}
}
void morphology::closing()
{
int i,j,x,y,s,t;
for (i = 0; i <= 255; i++) {
for (j = 0; j <= 255; j++) {
if (orgarray[i][j] == 255) {

```

```

s = i - (streledimrow/2);

t = j - (streledimcol/2);

for (x=0; x < streledimrow; x++) {
for (y=0; y < streledimcol; y++) {
if ((strelement[x][y] != 0) && (s>=0) && (s<=255)
&& (t>=0) && (t<=255)) {
temparray[s][t] = strelement[x][y];
}
t++;
}
s++;
t = j - (streledimrow/2);
}}}
}

bool remove = false;

for ( i = 0; i < 256; ++i)
for (int j = 0; j < 256; ++j)
{
finalarray[i][j] = temparray[i][j];
}

for (i = 0; i <= 255; i++) {
for (j = 0; j <= 255; j++) {
if (temparray[i][j] == 255) {
s = i - (streledimrow/2);

```

```

t = j - (streledimcol/2);

for (x=0; x < streledimrow; x++) {
for (y=0; y < streledimcol; y++) {
if ((strelement[x][y] != temparray[s][t]) &&
(strelement[x][y] != 0) && (s>=0) && (s<=255)
&& (t>=0) && (t<=255)) {
remove = true;
}
t++;
}
s++;
t = j - (streledimrow/2);
}
if (remove)
{
finalarray[i][j] = 0;
}
remove = false;
}}
}

void morphology::erosion()
{bool remove = false;
int i,j,x,y,s,t;
for ( i = 0; i < 256; ++i)

```

```
for (int j = 0; j < 256; ++j)
{
finalarray[i][j] = orgarray[i][j];
}

for (i = 0; i <= 255; i++) {
for (j = 0; j <= 255; j++) {
if (orgarray[i][j] == 255) {
s = i - (streledimrow/2);
t = j - (streledimcol/2);

for (x=0; x < streledimrow; x++) {
for (y=0; y < streledimcol; y++) {
if ((strelement[x][y] != orgarray[s][t]) &&
(strelement[x][y] != 0) && (s>=0) && (s<=255)
&& (t>=0) && (t<=255)) {
remove = true;
}
t++;
}
s++;
t = j - (streledimrow/2);
}
if (remove)
{
finalarray[i][j] = 0;
```

```

}
remove = false;
}}}
}
void morphology::dilation()
{
int i,j,x,y,s,t;
for (i = 0; i <= 255; i++) {
for (j = 0; j <= 255; j++) {
if (orgarray[i][j] == 255) {
s = i - (streledimrow/2);
t = j - (streledimcol/2);
for (x=0; x < streledimrow; x++) {
for (y=0; y < streledimcol; y++) {
if ((strelement[x][y] != 0) && (s>=0) && (s<=255)
&& (t>=0) && (t<=255)) {
finalarray[s][t] = strelement[x][y];
}
t++;
}
s++;
t = j - (streledimrow/2);
}}}}
}


```



```
void morphology::outputfile()
{
cout << "Enter an output file name: ";
cin >> outname;
ofstream outfile(outname, ios::out);
outfile << "P2\n";
outfile << "# Created in CSE 485\n";
outfile << "256 256\n";
outfile << "255\n";
for (int i = 0; i < 256; ++i)
{
for (int j = 0; j < 256; ++j)
{
outfile << finalarray[i][j] << " ";
}
outfile << "\n";
}
}

int main()
{int readIn;
morphology pic;
pic.getfile();
pic.makestrelement();
cout << "Enter 1 for dilation...2 for erosion...3 for opening...4 for closing" << endl;
```

```
cin >> readIn;  
if (readIn==1)  
pic.dilation();  
else if (readIn==2)  
pic.erosion();  
else if (readIn==3)  
pic.opening();  
else if (readIn==4)  
pic.closing();  
pic.outputfile();  
return(0);}
```



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	26.09.1977	
Doğum yeri	İzmit	
Lise	1992-1995	Özel Darüşşafaka Lisesi
Lisans	1996-2000	Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya-Metalurji Fak. Matematik Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2000-2002	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik Müh. Anabilim Dalı

Çalıştığı kurum(lar)

2000-Devam ediyor. YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Araştırma Görevlisi

