

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÜRÜN YÜZEY HATALARININ
YAYINIM TABANLI GÖRÜNTÜ İŞLEME
ALGORİTMALARI İLE TESPİTİ**

Elektrik Mühendisi İsmail Macit ZEKİ

**FBE Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı Kontrol ve Otomasyon Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Abdullah BAL (YTÜ)

İSTANBUL, 2011

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ	1
2. GÖRÜNTÜ İŞLEME TABANLI HATA TESPİTİ	3
2.1 Görüntü Ön İşleme ve Eşikleme	3
2.1.1 Temel Kavramlar	3
2.1.1.1 Renk	3
2.1.1.2 Piksel	4
2.1.1.3 Nokta ve Nokta Aralığı	5
2.1.1.4 Çözünürlük	5
2.1.1.4.1 İnç Başına Nokta Sayısı	5
2.1.1.4.2 İnç Başına Piksel Sayısı	5
2.1.1.5 Görüntü Formatları	6
2.1.1.5.1 TIFF (Etiketlenmiş Görüntü Dosya Formatı)	6
2.1.1.5.2 JPEG (Birleşik Fotoğraf Uzmanları Grubu)	6
2.1.1.5.3 BMP	6
2.1.1.5.4 GIF	7
2.1.1.5.5 PNG (Taşınabilir Ağ grafikleri)	7
2.1.1.5.6 DICOM	7
2.1.1.6 Renk Modelleri	7
2.1.1.6.1 RGB Renk Modeli	7
2.1.1.6.2 CMYK Renk Modeli	9
2.1.1.7 RGB - Gri Seviye Dönüşümü	9
2.1.2 Görüntü Filtreleme	11
2.1.2.1 Ortalama Filtresi	11
2.1.2.2 Ortanca Filtresi	13
2.1.3 Görüntü İyileştirmede Kullanılan Bazı Gri Seviye Dönüşümleri	14
2.1.3.1 Görüntü Negatifi	14
2.1.3.2 Logaritmik Dönüşüm Fonksiyonu	14
2.1.4 Kontrast Germe	16
2.1.5 Kenar Bulma Yöntemleri	18
2.1.5.1 Gradyent Tabanlı Kenar Bulma	18
2.1.5.1.1 Sobel Kenar Dedektörü	19

2.1.5.1.2	Laplasyen Tabanlı Kenar Bulma	20
2.1.6	Eşikleme Yöntemleri	21
2.1.6.1	OTSU Eşiklemesi	21
2.1.6.2	3-Sigma Kontrol Limit Eşiklemesi	22
2.1.6.3	Uyarlanabilir Eşikleme	22
2.2	Karşılaşılan Hata Türleri.....	22
3.	GÖRÜNTÜ YAYINIM ALGORİTMALARI.....	25
3.1	Antigeometrik Yayınım	25
3.1.1	AGY ile Kenar Çıkarımı.....	26
3.1.2	Türevlerin Hesaplanması	27
3.1.3	Eşikleme Yüzeyinin Hesaplanması	28
3.2	Anizotropik Yayınım	29
4.	GÖRÜNTÜ YAYINIM ALGORİTMALARI İLE HATA TESPİT ANALİZİ	32
4.1	Perona-Malik Anizotropik Yayınım Yaklaşımı.....	32
4.2	Charbonnier Anizotropik Yayınım Yaklaşımı.....	33
4.3	Chao-Tsai Yayınım Yaklaşımı	34
4.4	Uyarlanabilir Kenar Güçlendirme Katsayısı Yaklaşımları.....	36
4.4.1	FAB Yayınım Yaklaşımı	36
4.4.2	Sabit ve Değişken Katsayılı Yaklaşım	39
4.4.3	Uyarlanabilir Sabit ve Değişken Katsayılı Yaklaşım	44
5.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	49
	KAYNAKLAR.....	52
	ÖZGEÇMİŞ.....	55

SİMGE LİSTESİ

∇f	Gradyent vektörü
G_x	x yönünde türev
G_y	y yönünde türev
$*$	Çarpma işlemi gösterimi
$.*$	Konvolüsyon işlemi
Ψ	Gradyent yönü
Φ	Kenar yönü
$\alpha(x,y)$	Gradyent açısı
σ_w^2	Sınıflar içi varyans
σ_b^2	Sınıflar arası varyans
ξ	Seviye eğrisindeki noktanın teğetsel yönü
η	Seviye eğrisindeki noktanın normal yönü
$I(i,j)$	AGY’de orijinal görüntü
$I_x(i,j)$	Görüntünün yatay ekseninde (x) birinci türevi
$I_{xx}(i,j)$	Görüntünün yatay ekseninde (x) ikinci türevi
$I_y(i,j)$	Görüntünün dikey ekseninde (y) birinci türevi
$I_{yy}(i,j)$	Görüntünün dikey ekseninde (y) ikinci türevi
$I_{xy}(i,j)$	Görüntünün x ve y yönündeki türevi
$I_{\eta\eta}$	AGY’de eşikleme yüzeyi
Δt	Kararlılık koşulu
Δx	X yönündeki türev adımı
Δy	Y yönündeki türev adımı
div	Divergence (ıraksama) operatörü
$\nabla I_t(x,y)$	Görüntünün gradyenti
$c_t(x,y)$	Yayınım katsayı fonksiyonu gösterimi
$g(\nabla I)$	Yayınım katsayı fonksiyonu gösterimi
$\nabla I_t^1(x,y)$	Görüntü ile görüntünün kuzey yönü arasındaki fark
$\nabla I_t^2(x,y)$	Görüntü ile görüntünün güney yönü arasındaki fark
$\nabla I_t^3(x,y)$	Görüntü ile görüntünün doğu yönü arasındaki fark
$\nabla I_t^4(x,y)$	Görüntü ile görüntünün batı yönü arasındaki fark
$v(\nabla I)$	Keskinleştirme katsayı fonksiyonu
λ	Yayınım hızını belirleyen parametre
$I(t+1)$	Görüntünün $t+1$ anındaki, bir sonraki değeri
$\Phi(\nabla I)$	Akış fonksiyonu
$kappa(k)$	Kenar güçlendirme eşiği (yumuşatmayı belirleyen katsayı)
$alfa(a)$	Keskinleştirme katsayı fonksiyonu ağırlığı
μ	Görüntünün ortalaması
σ	Görüntünün standart sapması

KISALTMA LİSTESİ

IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
MATLAB	Matrix Laboratory
RGB	Red Green Blue
Pixel	Picture Element
LCD	Liquid Crystal Display
RGBA	Red Green Blue Alpha
Exp	Exponential
PM	Perona ve Malik
PM-1	Perona ve Malik 1. Yayınım fonksiyonu
PM-2	Perona ve Malik 2. Yayınım fonksiyonu
AGY	Antigeometrik Yayınım
FAB	Forward and Backward

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Renk tayfı, beyaz ışığı oluşturan renkler	3
Şekil 2.2 Elektromanyetik tayf, görünür ışık ve diğer dalga boyları	4
Şekil 2.3 RGB renk küpü	8
Şekil 2.4 Ana renkler ve bunlardan elde edilen ara renkler	8
Şekil 2.5 Beyaz ve Siyah arası gri değerler	9
Şekil 2.6 Matlab ile gri seviyeye çevrilmiş renkli görüntü	10
Şekil 2.7 Renkli-gri seviye görüntü dönüşümü	10
Şekil 2.8 Red, Green, Blue kanalları 255 yapılmış görüntüler	11
Şekil 2.9 Ortalama filtre gösterimi.....	11
Şekil 2.10 Ortalama filtre uygulaması	12
Şekil 2.11 Ortanca filtresi uygulanmış kağıt görüntüleri.....	13
Şekil 2.12 Bir görüntünün negatifi.....	14
Şekil 2.13 Logaritmik dönüşüm grafiği	15
Şekil 2.14 Üssel dönüşüm grafiği	16
Şekil 2.15 Kontrast germe ve eşikleme grafikleri	17
Şekil 2.16 Kontrast germe işlemi.....	17
Şekil 2.17 Gradyent yönü ve kenar yönü.....	19
Şekil 2.18 Sobel maske sonucunun negatif görüntüleri	20
Şekil 2.19 Laplas maskeleri	21
Şekil 2.20 Otsu eşiklemesi.....	21
Şekil 2.21 3 sigma kontrol bölgesi.....	22
Şekil 2.22 Klasik eşikleme yöntemleri ile ayırt edilmesi güç hatalar.....	24
Şekil 2.23 Kumaş hataları	24
Şekil 3.1 Seviye eğrisindeki noktanın normal ve teğetsel yönleri	26
Şekil 3.2 AGY fonksiyonu sonucu	29
Şekil 3.3 Koordinat düzleminde dört yakın komşuluğun gösterimi	30
Şekil 4.1 PM-2 yayınıcı	32
Şekil 4.2 PM-1 yayınıcı	33
Şekil 4.3 Çeşitli yayınıcı fonksiyonları sonuçları.....	33
Şekil 4.4 Chao-Tsai akış fonksiyon grafiği	35
Şekil 4.5 Yayınıcı ve keskinleştirme işlemi	35
Şekil 4.6 Chao-Tsai yayınıcı yaklaşımı	36
Şekil 4.7 PM-1, PM-2, Charbonnier, FAB yayınıcı yaklaşımı sonuçları	38
Şekil 4.8 Değişken katsayılı yaklaşım	40
Şekil 4.9 Değişken katsayılı Charbonnier yaklaşımı	40
Şekil 4.10 Parke üzerinde PM-2 fonksiyonu sonucu	41
Şekil 4.11 PM-1 ve FAB yayınıcı sonuçları.....	41
Şekil 4.12 AGY uygulanmış parke görüntüsü	42
Şekil 4.13 AGY uygulanmış parke görüntüsü 2	42
Şekil 4.14 Yayınıcı yaklaşımları sonuçları.....	43
Şekil 4.15 Sabit katsayılı PM-2 ve FAB yaklaşımı sonucu	44
Şekil 4.16 Standart sapma-Yayınıcı hızı grafiği.....	45
Şekil 4.17 Uyarlamalı değişken katsayılı yaklaşım	46
Şekil 4.18 Değişken katsayılı yaklaşım	47
Şekil 4.19 Değişken katsayılı PM-1 yaklaşım sonucu.....	47
Şekil 4.20 Parke yüzeyindeki çizik hatası.....	48

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Renklerin emilmesi ve yansıması	9
Çizelge 2.2 Ortanca filtre için örnek görüntü değeri.....	13
Çizelge 2.3 Sobel kenar dedektörü.....	19

ÖNSÖZ

Görüntüleme teknolojilerindeki gelişme, otomasyon sistemlerinde üretilen ürünlerin kalitesinin kontrolünün, makine görmesi ve görüntü işleme tabanlı olarak yapılmasını kolaylaştırmaktadır.

Ürün yüzey hatalarının tespitinde en önemli öncelik ortamın düzgün bir şekilde aydınlatılarak, uygun parlaklık koşullarının sağlanmasıdır. Bunun yanı sıra, tespit edilmeye çalışılan hataya uygun görüntü işleme algoritmasının seçilmesi de büyük önem arz etmektedir. Aşikârdır ki, bir yöntemin birçok farklı ürün yüzeyinde (elma, kumaş, cam, plastik şişe kapak çapakları) aynı performansta ve etkinlikte çalışması beklenemez. Bu çalışmada farklı yüzey hatalarının tespiti için kullanılan yöntemlerin analizi yapılmıştır.

Tez çalışmalarım ve araştırmalarımda bana her zaman yol gösteren, desteğini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Abdullah BAL 'a öncelikle teşekkür ederim.

Maddi ve manevi olarak bana destek olan aileme de sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mart, 2011

ÖZET

Bu tez çalışmasında ürün yüzey hatalarının, Antigeometrik yayılım, Anizotropik yayılım ve Anizotropik yayılım için geliştirilen uyarlanabilir sabit ve değişken katsayılı yayılım yaklaşımları ile tespiti amaçlanmıştır. Anizotropik yayılım yaklaşımlarında, PM-1, PM-2, Charbonnier, Chao ve Tsai, FAB fonksiyonları kullanılmıştır. Yayılımın başlangıç yumuşatma ve keskinleştirme parametreleri, ilk olarak kullanıcı tarafından belirlenmiş, daha sonra istatistiksel yöntemlere bağlı olarak ayarlanmıştır. Ayrıca, başlangıç parametreleri görüntüdeki piksellerin ortalaması ve standart sapmasına bağlı olarak iterasyon boyunca görüntüye uyarlanabilir olarak değiştirilmiştir. İterasyon sayısı, farklı ürün yüzeylerine göre kullanıcı tarafından seçilmiştir.

Çalışmamızda, özellikle belirgin olmayan ürün yüzey hataları üzerinde çalışılmıştır. Bunun için veri olarak, daha önce literatürde kullanılan yüzey hataları temel alınmıştır. Daha sonra uyarlanabilir sabit ve değişken katsayılı yayılım yaklaşımları ve yaklaşımlar için, yetersiz aydınlatma altında alınan parke yüzey görüntüleri üzerinde uygulamalar yapılmıştır.

Çıkan sonuçlar analiz edilmiştir. Fonksiyonların birbirlerine göre üstünlükleri ve eksiklikleri kıyaslanmıştır. Parke yüzeylerinde, uyarlanabilir değişken katsayılı yaklaşımı için PM' in 2. fonksiyonu seçilmiştir. Başlangıç parametrelerinin görüntüye uyarlanabilir olarak seçilmesiyle, zaman kaybının önüne geçilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hata tespiti, Antigeometrik yayılım, Anizotropik yayılım, uyarlanabilir sabit ve değişken katsayılı Anizotropik yayılım yaklaşımı.

ABSTRACT

In this thesis study, it was aimed to detect surface defects of products using Antigeometric diffusion, Anisotropic diffusion and diffusion approaches which have constant and variable coefficients developed for Anisotropic diffusion. In the Anisotropic diffusion approaches PM-1, PM-2, Charbonnier, Chao-Tsai, FAB functions were used. The initial smoothing and sharpening parameters of diffusion approaches were firstly determined by the user and then those are adjusted based on the statistical methods. Furthermore, the initial parameters were changed as adaptive according to the mean and standard deviation of the pixels in the original image during the iteration. The number of iterations was selected according to different product surface by the user.

In our study, especially it was studied to determine subtle defects on the product surface. For this, surface defects which previously used in the literature were taken as data. Then the applications are performed on parquet surface images taken under poor lighting for the adaptive constant and variable coefficients diffusion approaches.

The results have been analyzed. Advantages and shortcomings of methods are compared to each other's. On parquet surface, PM 's second function is selected for the adaptive variable coefficient-based approach. It was seen that this method gave similar results to the results of function classic diffusion approaches. With selecting the initial parameters as adaptive to the image, it was prevented losing of time.

Keywords: Defect detection, Antigeometric diffusion, Anisotropic diffusion, adaptive constant and variable coefficient based Anisotropic diffusion approach.

1. GİRİŞ

Tekstil, cam, yapı vb. birçok endüstri ve sanayi kolunda, üretim bantlarından çıkan ürünlerin çoğunun kalite kontrolü insanlar aracılığı ile yapılmaktadır. Üretilen ürünlerde zaman zaman makinelerden kaynaklı yüzey hataları meydana gelmektedir. Bu hataların, insan tarafından kontrol edilmesi ve hatasız olan diğer ürünlerden ayrılması gerekir. Burada, üretim tesisinde kontrolör olarak çalışan bir kişinin iş tecrübesi, o anki fiziksel ve ruhsal durumu ön plana çıkmaktadır. Ayrıca, kalite kontrolü için gereken zaman artmakta ve kontrol objektif bir şekilde yapılamayabilmektedir. Büyük çapta üretim yapan otomasyon sistemlerinde görüntü işleme tabanlı kalite kontrolü bir gereklilik haline gelmiştir. Bilgisayar yazılım ve donanımlarındaki teknolojik gelişmeye bağlı olarak görüntü işlemeye dayalı uygulamalar yaygınlaşmıştır.

Görüntü işlemede (image processing) amaç, gerçek ortamdan alınan dijital görüntülerin, görüntünün en küçük parçası olan piksel değerlerinin, çeşitli algoritmalar vasıtasıyla istenilen şekle getirilmesidir.

Görüntü işleme yöntemleri, tıp (medical image processing) ve askeri (hedef takibi vb.) alanda, yüz-ses tanıma, parmak izi tanıma ve retina görüntüleri ile kimlik tespiti, ürün kalite kontrolü, görüntü sıkıştırma ve güvenlik alanlarında, son yıllarda önemli şekilde ve artarak kullanılmaya başlanmıştır. Gerek hızlı olması, gerekse zamandan bağımsız ve yorulmaksızın çalışabilmesi, otomasyon sistemleriyle üretilen ürünlerdeki hataların tespitinde, görüntü işleyen sistemleri kilit bir pozisyona getirmiştir.

Bu çalışmada, görüntü yayılım algoritmalarından Antigeometrik ve Anizotropik yayılımının çeşitli yüzeyler üzerindeki uygulamalarının karşılaştırılması, en çok bilinen Anizotropik yayılım yaklaşımlarının karakteristiklerinin incelenmesi ve ürün yüzeylerindeki belirgin olmayan hataların tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Sayısal ortama çevrilen görüntüler her zaman sağlıklı şekilde işlenebilecek halde olmayabilmektedir. Bunun sebepleri arasında, çalışılacak görüntünün alındığı ortamdaki ışık yetersizliği, fazla parlaklık, görüntünün net olmaması, gürültüler veya sayısal ortama aktarılırken oluşan etkenler sayılabilir. Bu sebeple bu tip görüntüler işlenmeden önce bazı ön işlemlerden geçirilmektedirler.

Çalışmanın ikinci bölümünde, görüntü ön işleme ve eşikleme hakkında gerekli temel bilgiler verilmiştir. Uygulamalarda sıkça kullanılan işlemlerden bahsedilmiştir. Bunlar, renkli

görüntüyü griye çevirme, gri seviyede görüntü dönüşümü (log dönüşümü, üssel dönüşüm), kontrast germe, ortalama ve ortanca filtre uygulamalarıdır.

Çalışmanın ikinci bölümde ayrıca, literatürde bulunan hata tespit yöntemlerinden örnekler ve çalışmada kullanılacak bazı hatalı yüzey görüntüleri verilmiştir.

Üçüncü bölümde Antigeometrik ve Anizotropik yayılım genel prensiplerinden bahsedilmiş ve matematiksel altyapısı anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde çeşitli Anizotropik yayılım yaklaşımları ve Antigeometrik yayılım ile farklı yüzey görüntüleri üzerinde uygulamalar yapılmıştır. Yayılım katsayı fonksiyonu olarak PM-1, PM-2, Charbonnier, FAB, uyarlanabilir değişken katsayılı yaklaşım kullanılmıştır. Yayınımında kullanılan parametreler öncelikle kullanıcı tarafından belirlenmiştir. Parametrelerin otomatik olarak ayarlanmasına yönelik istatistiksel metotlardan yararlanılmıştır. Bu yaklaşımlar, yararlanılan kaynaklardaki hatalı yüzey görüntüleri üzerinde denenmiş ve çeşitli parke yüzeylerine uygulanmıştır. Ayrıca yayılım katsayı fonksiyonları arasındaki farklar ortaya konulmuştur.

Son bölümde, kullanılan yöntemler ile ilgili sonuçlara ve önerilere yer verilmiştir.

2. GÖRÜNTÜ İŞLEME TABANLI ÜRÜN HATA TESPİTİ

2.1 Görüntü Ön İşleme ve Eşikleme

Ön işleme, işlenmek istenen görüntünün alındığı esnada görüntüde oluşan parlaklık farkları, bulanıklık, gürültü ve malzemenin üretim bandına düzgün yerleştirilmemesi vb. birçok sorunun, kullanılacak görüntü işleme yöntemine hazır hale getirilmesidir. Bu şekilde görüntüdeki istenmeyen gürültüler ve kısımlar çıkarılmaktadır.

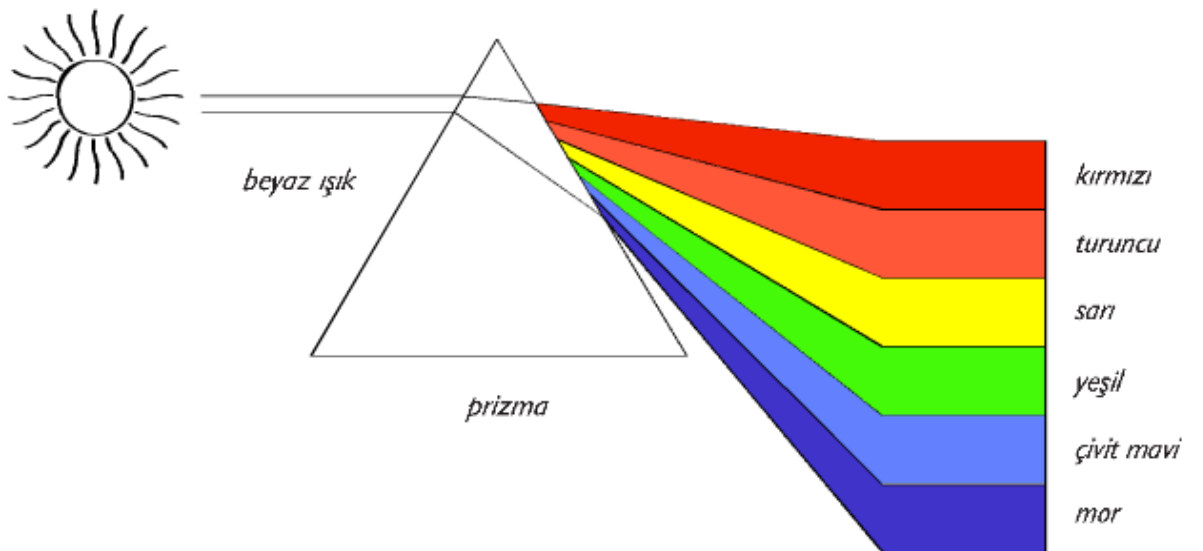
Eşikleme, görüntünün, belli bir piksel değer aralığındaki bölge ya da bölümünün, diğer kısımlarından ayrıştırılması olarak tanımlanabilir.

2.1.1 Temel Kavramlar

Bu kısımda bu çalışmada yararlanılan, görüntü işlemede sıkça kullanılan terimler ve uygulamalar hakkında bilgi ve örnekler verilmiştir.

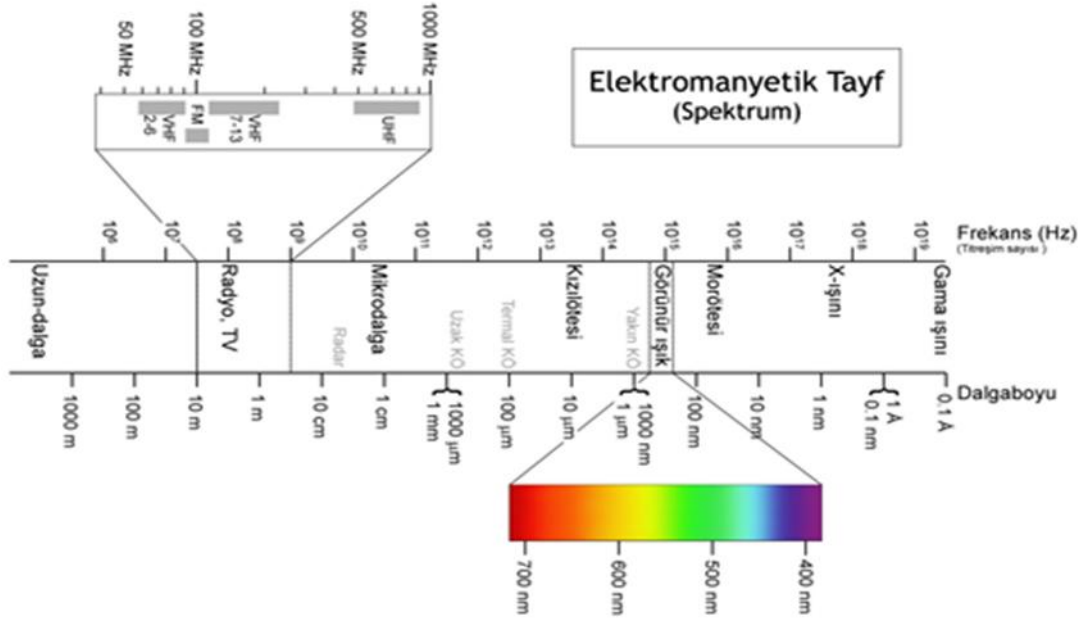
2.1.1 1 Renk

Renk, herhangi bir cisimden yansıyan ışığın göze ulaşması ile ortaya çıkan algılama olarak tanımlanmaktadır. Işık, doğrusal dalgalar halinde yayılan elektromanyetik dalgalardır. Yayılan elektromanyetik dalgaların dalga boyu ışığın niteliğini ortaya çıkarır. Dalga boyunun ölçü birimi nanometre (nm)'dir. Sir Isaac Newton (1642-1727) rengin gerçek kaynağının ışık olduğunu ortaya koymuştur. Newton güneş ışığını belli bir açıdan cam prizmadan geçirerek renk tayfını ortaya çıkarmıştır (Kılıç, 2009).



Şekil 2.1 Renk Tayfı, beyaz ışığı oluşturan renkler (Kılıç, 2009)

Beyaz ışık elektromanyetik tayfta 400 nm (mor) ile 700 nm (kırmızı) arasındaki bölümdür. Elektromanyetik tayfta, gamma, X, morötesi, kızılötesi gibi insan gözü ile görülemeyen farklı dalga boylarında ışıklar da vardır (Kılıç, 2009).



Şekil 2.2 Elektromanyetik tayf, görünür ışık ve diğer dalga boyları [4]

Elektromanyetik spektrum (Şekil 2.2), elektromanyetik dalgaların frekansa ve dalga boyuna göre sınıflandırılmasıdır (Çağlar, 2010).

2.1.1.2 Piksel (Picture element)

Görüntüler, noktalardan oluşur. Bu noktaların kare şeklinde olduğu görüntünün herhangi bir bölgesine yakınlaştırma yapıldığında fark edilebilmektedir. Görüntüde, kontrol edilebilen ve değeri değiştirilebilen en küçük noktalara piksel denilmektedir. Görüntünün temel bileşeni pikseldir ve görüntüler binlerce piksellerden oluşmaktadır. Piksellerin her biri bir renk tonunu saklamakta ve bu renk tonları görüntüyü oluşturmaktadır [1].

Bilgisayar ortamında görsel olarak, resim ve çizim tabanlı dosyalar bulunmakta ve bunların içindeki veriler iki şekilde düzenlenebilmektedir. Bunlar; “Bitmap - Piksel Tabanlı” ve “Vektör Tabanlı” resim veya görsellerdir (Tonguç, 2007). Bu iki tür görsellerin özellikleri ve kullanıldığı yerler birbirinden farklıdır.

Görüntü, bilgisayar ortamında, görüntünün boyutuna bağlı olarak değişen, satır*sütun boyutlu bir matris olarak düşünülebilir. Piksel tabanlı görüntüler, görüntüyü oluşturan piksellerin satır ve sütunlardan oluşan bir matriste gerçek görüntüye uygun olarak bir araya getirilmesi ile oluşur (Tonguç, 2007).

Bitmap (piksel tabanlı) resim programları, ölçü birimi olarak piksel kullanırlar. Görüntüde kullanılan piksel yoğunluğu arttırılırsa görüntü netleşir. Piksel yoğunluğu çok fazla arttırıldığında görüntünün kapladığı boyut da artmaktadır [1].

Vektör tabanlı görseller, çizgi, eğri, daire ve farklı şekillerin ve verilerin bir araya gelmesiyle oluşurlar. Bu veriler matematiksel tanımlamalarla ifade edilmektedir. Piksel tabanlı görsellere göre bellekte daha az yer kaplamaktadırlar fakat uygulamalarda yüksek işlemci gücüne ihtiyaç duyarlar. Yakınlaştırma (zoom) yapıldıkça, çözünürlük problemi yaşamazlar. Kesinlik gerektiren çizimlerde tercih edilirler (Tonguç, 2007). Örnek olarak Autocad programı verilebilir.

2.1.1.3 Nokta ve Nokta Aralığı (Dot ve Dot Pitch)

Pikselli oluşturan kırmızı, mavi veya yeşil renklerinden her birine nokta (dot) denir. Bir pikseldeki renklerin birbirine olan mesafesine ise nokta aralığı (dot pitch) denilmektedir [1]. Nokta aralığı azaldıkça görüntü netleşmektedir.

2.1.1.4 Çözünürlük

Ekranda bir seferde görüntülenebilen maksimum piksel sayısına çözünürlük denilmektedir. Dizüstü bilgisayar ve CRT monitör ekranlarında 1024 X 768 çözünürlük denildiğinde, 1024 sütun ve 768 satır kullanıldığı gösterir. Bunların çarpımı olan 786.432 toplam piksel sayısını verir. Çözünürlük artarsa görüntü kalitesi ve boyutu artmaktadır [1].

2.1.1.4.1 İnç Başına Nokta Sayısı (DPI – Dot Per Inch)

Yazıcı ve tarayıcılarda, 1 inç'te (2.54 cm x 2.54 cm) noktalan (yani basılan) ya da pozlanan piksel sayısına DPI adı verilir. Yazıcıların baskı kalitesi DPI' nin artmasıyla artar (300-600 DPI vb.) [1].

2.1.1.4.2 İnç Başına Piksel Sayısı (PPI – Pixel Per Inch)

Bir resmin piksel yoğunluğu yani PPI (Pixel Per Inches) 1 inç karede (1 inç = 2.54 cm) bulunan piksel sayısıdır [1, 3].

24 bitlik renk bilgisine sahip görüntüde, 8 bit kırmızı, 8 bit yeşil ve 8 bit mavi renk içindir. 24 bit = 3 byte ' tır. $2^8=256$ 'dır ve (0-255) aralığında değerler oluşmaktadır. Burada (255, 255, 255) beyaz, (0, 0, 0) siyah, (0, 255, 0) yeşil renge karşılık gelmektedir.

Çözünürlük piksel sayısı ve dosya boyutunu arttırır. 1600 * 1200 çözünürlüğünde çekilmiş bir görüntünün:

$1600 * 1200 = 1920000$ pikseli bulunur. Toplam renk bilgisi, R-G-B için 3 ile çarpılır. Bu da bellekte $1920000 * 3 = 5760000$ byte = 5625 KB = 5,5 MB yer kaplar.

2.1.1.5 Görüntü Formatları

2.1.1.5.1 TIFF (Tagged Image File Format; .tif)

Etiketlenmiş Görüntü Dosya Formatı anlamına gelen TIFF formatı, bilgisayarlar arası ortak bir dosya formatıdır [1]. Yüksek düzeyde görüntü kalitesine ihtiyaç duyulan uygulamalarda, görüntü “tiff” formatında kaydedilir ve görüntülerde kayıp olmaz. Çok sayıda renk derinliğini desteklemektedir [9]. Dosya boyutu JPEG’e oranla oldukça yüksektir.

2.1.1.5.2 JPEG (Joint Photographic Experts Group; jpg, jpeg)

JPEG (Birleşik fotoğraf uzmanları grubu) formatı, büyük boyutlardaki görüntülerin sıkıştırılarak disk üzerine kayıt edilebileceği bir formattır. JPEG sıkıştırma yöntemi, görüntünün algılanması için zorunlu olmayan detayları bulup atmakta ve dosyayı bu şekilde sıkıştırmaktadır [1]. Kayıplı bir türdür. Kaybolan ayrıntılar ve sıkıştırma oranı arasında ilişki vardır. Fazla sıkıştırma fazla detay kaybı anlamına gelmektedir [11]. JPEG'den ne kadar sıkıştırma istendiği 0-100 arası bir faktör seçilmesiyle gerçekleştirilmektedir [1]. Sıkıştırma oranının yüksek seçilmesi halinde görüntü kalitesi çok düşük olabilmekte ve görüntüdeki istenilen detaylar kaybolabilmektedir.

2.1.1.5.3 BMP

BMP, Windows ve Microsoft'un PCX formatını değiştirerek geliştirdiği bir formattır. Paint programı görüntüleri bu formatta işlemektedir. BMP formatı 1-24 bit arasında değişen bir piksel derinliğini içerebilir. BMP, herhangi bir sıkıştırma yapmadan resmin özelliklerini tutan bir resim dosyası biçimidir. Sıkıştırma yapmadığı için PNG, JPEG gibi dosya biçimlerine göre çok daha fazla yer kaplamaktadır [1].

Bu formatta, görüntü içindeki pikseller değil görüntünün boyutları önemlidir. 24 bitlik 300*300 lük bir görüntü, 270000 byte yer kaplar. Görüntünün boş ya da dolu olması sonucu değiştirmemektedir.

2.1.1.5.4 GIF (Graphic İnterchange Format; .gif)

Grafik değiştirme formatı (GIF) dosyaları internet üzerinde oldukça yaygın kullanılan bir formattır. 256 renge kadarki (1 ila 8 bitlik) görüntülerde oldukça iyi sıkıştırma sağlamaktadır. Animasyonlarda zamanlama ve farklı boyutlardaki resimleri bir arada tutma desteği, saydam renk tanımlanması vardır. GIF dosyaları Bitmap, gri skala ve indekslenmiş renk sisteminde olabilmektedir. Gerçek renk desteği yoktur. GIF resimleri sıralı (interlaced) veya sırasız kaydedilebilmektedir [1]. Hareketli (animated) GIF'ler bir dosya içine birden çok GIF görüntüsü konularak oluşturulmaktadır. Bu şekilde çeşitli animasyonlar oluşturulabilmektedir.

2.1.1.5.5 PNG (Portable Network Graphics; .png)

Taşınabilir ağ grafikleri anlamına gelir. PNG kayıpsız Wave Table sıkıştırma yöntemini kullanır. PNG dosyalarındaki saydamlık bilgileri alfa kanalı içerisinde saklanmaktadır. Fazladan bir alpha kanalıyla orijinal dosyanın katman özelliklerini de saklar (böyle kaydedildiğinde RGB yerine RGBA resmi olur [1, 2, 3]. Gri seviye ve alfa kanalı bilgilerini içeren görüntüler de vardır. Çizim veya grafik içeren resimlerde iyi sonuçlar vermektedir [4].

2.1.1.5.6 DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine; .dcm)

Tıbbi görüntüleme cihazlarından alınan verilerin saklanması standart bir formattır. Sıkıştırılmamış görüntü ve hastaya ait çeşitli bilgileri içerebilir. Yüksek piksel derinliği (16 bit=65.000) vardır. "DICOM" evirici ek yazılıma ihtiyaç duyar [9].

2.1.1.6 RENK MODELLERİ

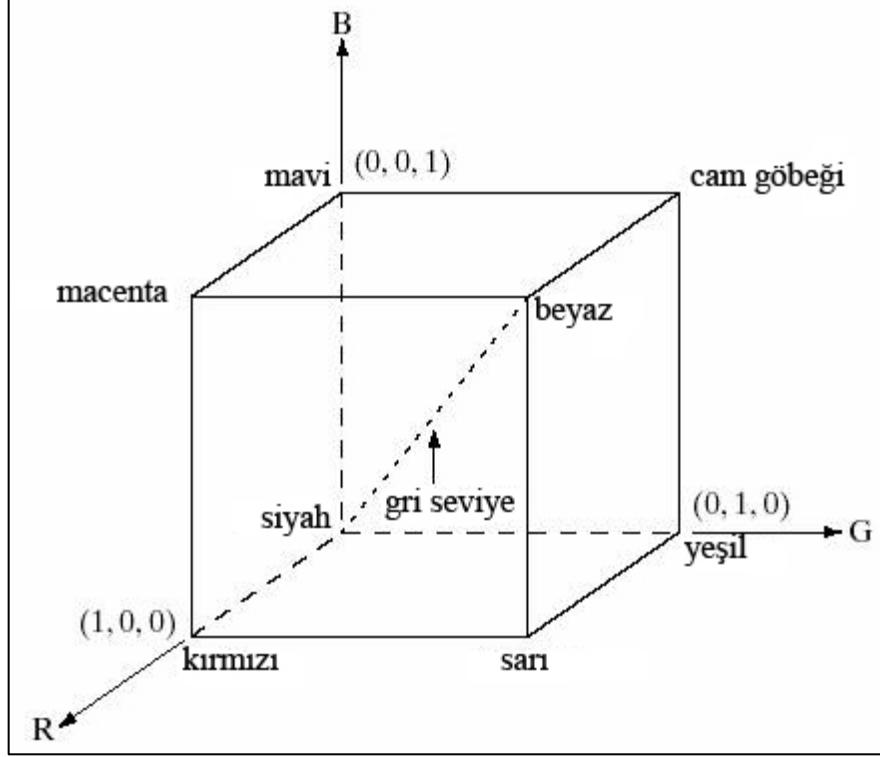
Bu alışmada, RGB renk modeli ve JPEG uzantılı görüntüler ile çalışılmıştır.

2.1.1.6.1 RGB Renk Modeli

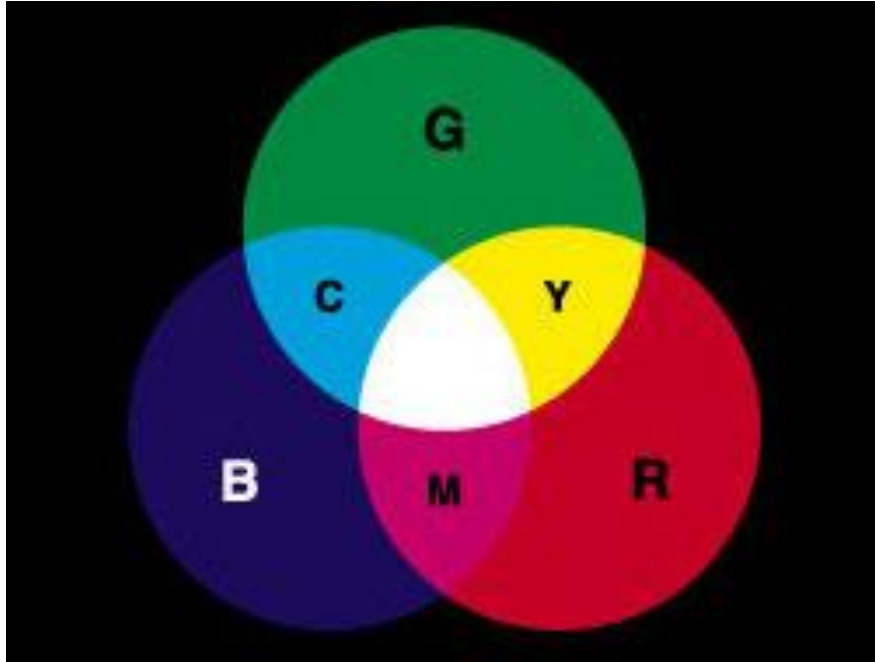
Bu model ismini, ingilizcedeki 'Red' 'Green' 'Blue' ('Kırmızı' 'Yeşil' 'Mavi') kelimelerinin baş harflerinden almaktadır. Görüntü işlemede en sık kullanılan renk modellerinden biridir. Tüm renklerin kodları kırmızı, yeşil ve mavi renkler baz alınarak belirtilmektedir. Bu üç renk %100 oranında karıştırıldığında (255,255,255) beyaz ve %0 oranında karıştırıldığında (0,0,0) siyah renk elde edilir (Tonguç, 2007). Diğer renkler bu ana renklerin karışımından elde edildiği için bu renk modeli toplamsal renk modeli olarak da ifade edilir (Peker, 2009).

RGB modelinde her renk, kendi kırmızı, yeşil ve mavisinin ana spektrumsal bileşeni olarak görünür. Bu model bir kartezyen koordinat sistemi üzerine kuruludur. Bahsedilen renk alt boşluğu şekil 2.3'te gösterilen küptür. Burada RGB değeri üç köşededir; camgöbeği (cyan),

macenta(eflatun) ve sarı diğer üç köşede; siyah orijinde ve beyaz orijinden en uzak köşededir. Bu modelde gri yelpaze (eşit RGB değerleri noktaları) siyahtan beyaza kadar, bu iki noktayı birleştiren çizgi boyunca uzanır. Renk küpü modelinde farklı renkler, küpün üstünde veya içindeki noktalardır ve orijinden çıkan vektörlerin toplamalarıyla tanımlanırlar (Bal, 2006).



Şekil 2.3 RGB Renk küpü (Bal, 2006)



Şekil 2.4 Ana renkler ve bunlardan elde edilen ara renkler (RGB Modeli)

Şekil 2.3'te sarı rengin yeşil(G) ve kırmızı(R)' nin vektörel olarak birleşiminden oluştuğu görülebilmektedir. Diğer renkler de bu şekilde ifade edilebilir.

2.1.1.6.2 CMYK Renk Modeli

CMYK, renk modelinde (Cyan (Camgöbeği, siyan), Magenta (Eflatun, macenta), Yellow (Sarı), Black (Siyah)) ana renkler olarak kullanılır (Peker, 2009).

Bu renk modelinde CMYK dışındaki renkleri elde etmek için bir çıkarma işlemi uygulanır. Bu sebeple CMYK renk modeli eksiltici (subtractive) renk modeli olarak da ifade edilir. Diğer renklerin elde edilmesinde, hangi renk için hangi ana renklerin emilmesi veya yansıtılması gerektiği Çizelge 2.1 de verilmiştir. Bu işlem için renklere yansıtıcı olmayan bazı pigmentler eklenerek o rengin görülmemesi sağlanır. Bu renk modeli genellikle yazıcılarda, matbaalarda ve yüksek seviyeli baskı gerektiren alanlarda kullanılmaktadır (Peker, 2009).

Çizelge 2.1 Renklerin Emilmesi ve Yansıtması (Peker, 2009)

Ana Renk	Emilme	Yansıtma
Turkuaz	Kırmızı	Mavi ve Yeşil
Eflatun	Yeşil	Mavi ve Kırmızı
Sarı	Mavi	Kırmızı ve Yeşil
Siyah	Hepsi	Hiçbiri

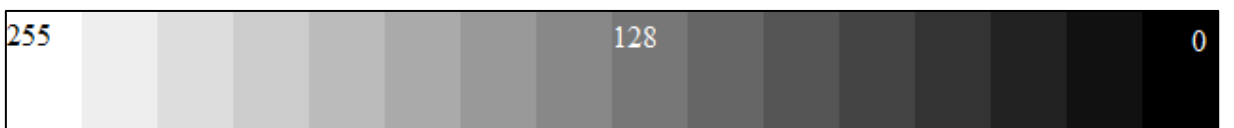
$R (\text{kırmızı}) + G (\text{yeşil}) = Y (\text{sarı})$

$R (\text{kırmızı}) + B (\text{mavi}) = M (\text{macenta})$

$G (\text{yeşil}) + B (\text{mavi}) = C (\text{camgöbeği})$, CMY ile RGB arasındaki ilişkiyi göstermektedir (Tonguç, 2007). Yeşil renk, camgöbeği ve sarının; kırmızı renk, sarı ve eflatunun üst üste basılmasıyla oluşmaktadır.

2.1.1.7 RGB-Gri Seviye Dönüşümü

Gri seviyeli görüntüdeki her bir piksel 0 – 255 arası bir parlaklığa sahiptir. Burada 0 siyah rengi 255 ise beyaz rengi gösterir. Bu değerler arasındaki kısımlar ise gri tonları oluşturur. Bir gri tonlu görüntüde 256 tane farklı gri değer bulunur ve 256 gri değer bir byte olarak tanımlanır (1 Byte=8 Bit ve $2^8=256$) (Peker, 2009).

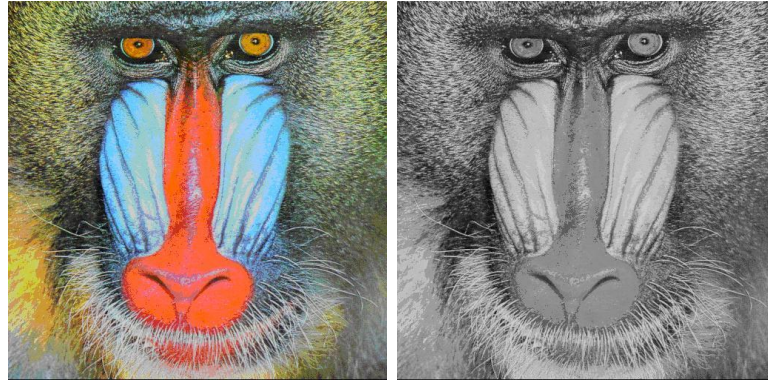


Şekil 2.5 Beyaz (255) ve Siyah (0) arası gri değerler



Şekil 2.6 Matlab ile gri seviyeye çevrilmiş renkli görüntü

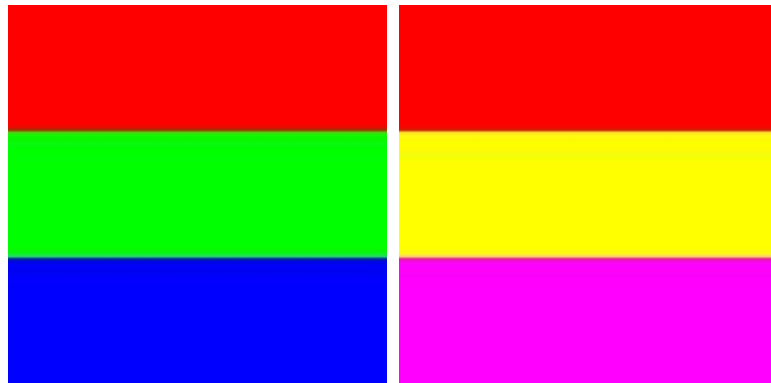
Şekil 2.6 da Matlab programı ile renkli görüntü gri seviyeye çevrilmiştir. Şekil 2.7 de görüntü işlemede sıkça kullanılan “baboon” görüntüsü gri seviyeye çevrilmiş, JPEG olarak kaydedilmiştir. Şekil 2.8 de RGB renkleri ile bu renklerin bir kanalının baskınlaştırılmasıyla elde edilen görüntüler yer almaktadır.



(a)

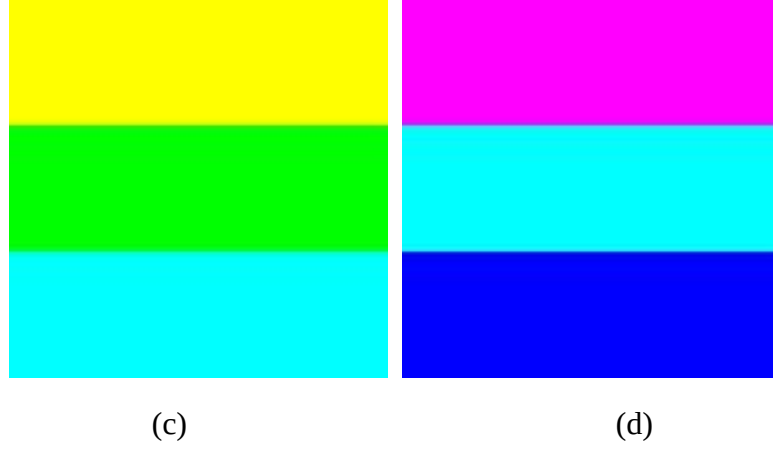
(b)

Şekil 2.7 Renkli-gri seviye görüntü dönüşümü (a) orijinal renkli görüntü(baboon.tiff), (b) gri seviye görüntü



(a)

(b)



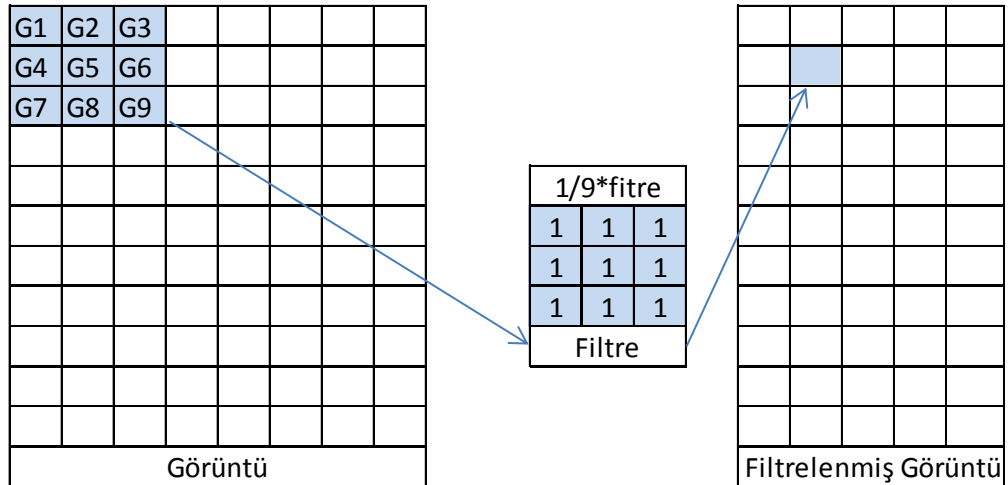
Şekil 2.8 Red, Green, Blue kanalları 255 yapılmış görüntüler. (a) orijinal görüntü RGB, (b) kırmızı kanalı, (c) yeşil kanalı, (d) mavi kanalı 255 yapılmış görüntüler.

2.1.2 Görüntü Filtreleme

Görüntü içinde istenilen bölge ya da bilgilerin farklı olan diğer kısımlardan ayrıştırılması şeklinde düşünülebilir (alçak-yüksek geçiren filtre). Ayrıca, gürültü olarak adlandırılan piksellerin tespit edilip görüntüden çıkarılmasına yönelik çeşitli filtreler bulunmaktadır. Bu bölümde görüntü işlemede sıkça kullanılan ortalama ve ortanca filtrelerine değinilmiştir.

2.1.2.1 Ortalama Filtresi (Mean Filter)

Ortalama filtresi görüntü işlemede sıkça kullanılan bulanıklaştırma ve yumuşatma yöntemlerinden biridir. Ortalama filtre ile komşu pikseller arasındaki büyük piksel değer farkları aritmetik, geometrik veya harmonik ortalama kullanılarak azaltılmakta ve görüntü üzerindeki gürültüler ortadan kaldırılabilir (Şevik vd.). Ortalama filtresinde görüntüde $n \times n$ lik bir maske dolaştırılır ve $n \times n$ lik kısmın toplam değeri bulunur. Daha sonra bu değer ortalama alınarak Şekil 2.9’da filtrelenen görüntüde, maskenin orta kısmına yerleştirilir.

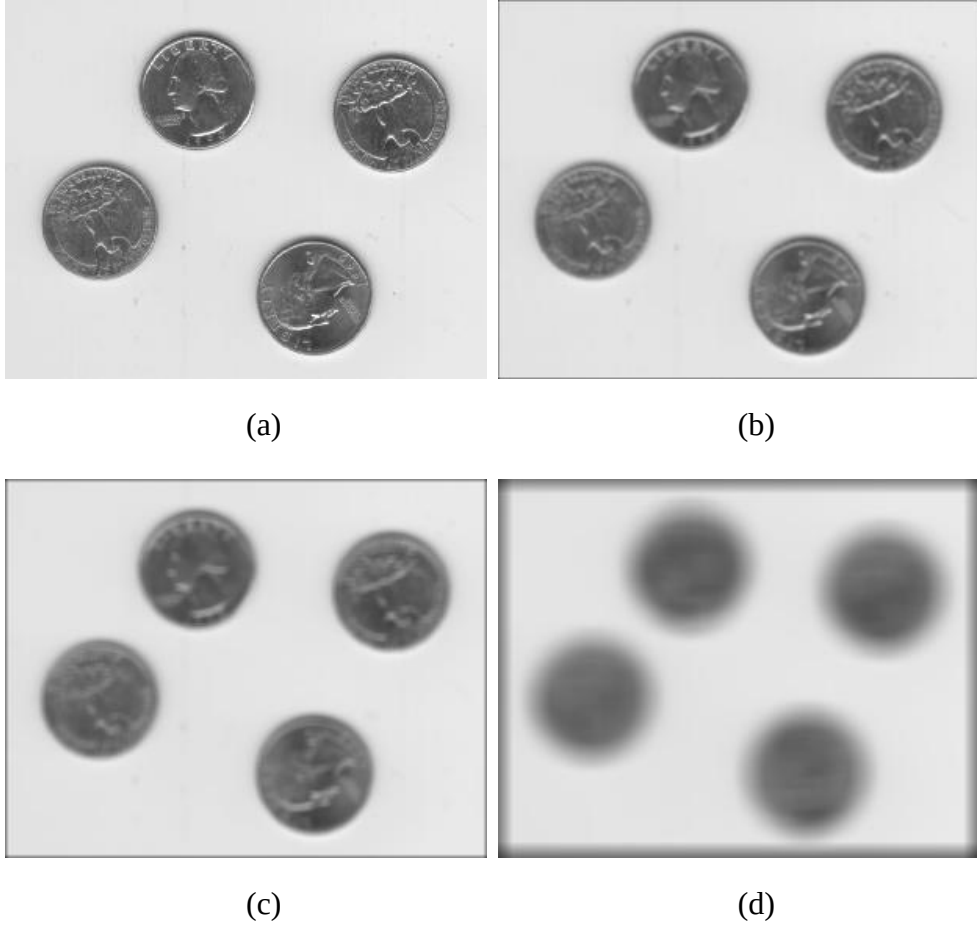


Şekil 2.9 Ortalama filtre gösterimi

Görüntüde rastgele dağılmış gürültüler gri seviye görüntülerdeki keskin farklar şeklindedir ve ortalama filtre uygulanarak bu gürültülerin seviyesi düşürülür. Ancak, görüntü içerisinde kenarlar daha bulanık görünür, yani keskin geçişler azaltılmış ve kenar bilgileri kaybedilmiş olur. Ortalama filtresi bir katlama filtresi (convolution filtresi) olarak düşünülebilir. Katlama filtreleri genellikle $n*n$ biçiminde çekirdek bir kare matris kullanılarak bütün görüntüye uygulanır (Bal, 2006).

$$maske = 1/9 \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Eşitlik 2.1' de $3*3$ lük ortalama filtre maskesi görülmektedir. $n*n$ ortalama filtrede n büyüdükçe görüntü daha belirsiz ve bulanık bir hale gelir.



Şekil 2.10 Ortalama Filtre Uygulaması (a) orijinal görüntü, (b) $3*3$, (c) $5*5$, (d) $20*20$ lik ortalama filtre ile bulanıklaştırılmış görüntü

Şekil 2.10 (a) Matlab kütüphanesinde bulunan görüntüden alınmıştır. Şekil 2.12 (b) de $3*3$ lük ortalama filtre maskesi uygulanmış görüntü, (c) $5*5$, d) $20*20$ lik ortalama filtre maskesi

uygulanmış görüntü bulunmaktadır. Görüntü bulanıklaştırılırken, kenar ve para üzerindeki detay gibi birçok özellik kaybolmaktadır.

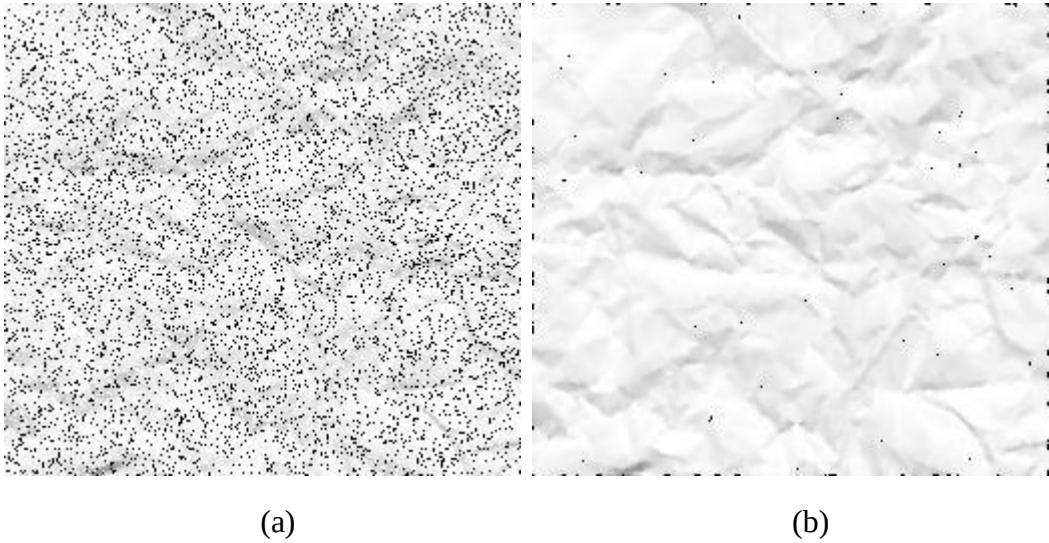
2.1.2.2 Ortanca Filtresi (Medyan Filtresi)

Ortanca (Medyan) filtre adından da anlaşıldığı gibi filtrelenmiş görüntüde, filtre merkezindeki piksele komşu piksellerdeki değerlerin ortancasını atamaktadır. Ortanca filtresi gürültü azaltma uygulamalarında kullanılan bir filtredir. Literatürde tuz biber (salt-pepper) görüntüsü olarak bilinen gürültüye karşı etkinliği Şekil 2.11' de verilmiştir. Bir görüntü bölümü içindeki noktaya ortanca filtre uygulamak için öncelikle komşu piksellerdeki gri seviye değerleri küçükten büyüğe sıraya sokulur ve 3*3'lük komşulukta beşinci değer, 5*5'lik komşulukta onüçüncü değer vb. ortanca değeri olarak elde edilir.

Çizelge 2.2 Ortanca filtre için örnek görüntü değeri

10	10	30
10	20	30
10	30	30

Çizelge 2.2 deki 3*3 lük resim bölümünde değerler sıraya sokulursa 10, 10, 10, 10, 20, 30, 30, 30, 30 olduğu görülür. Buradaki medyan 20'dir. Buradaki 20 değeri ile merkez piksele, ortanca gri seviye değeri atanmış olur. Ortanca filtre, sıra istatistiği filtresi içinde en kullanışlı olanıdır (Bal, 2006). Uygulamalarda Max (maksimum) filtre veya Min (minimum) filtre olarak kullanılabilir. Bu filtreleme sonucunda, sadece yüksek veya düşük değerler gösterilecek şekilde işlem uygulanmaktadır.



Şekil 2.11 Ortanca filtresi uygulanmış kağıt görüntüleri, (a) 0.2 yoğunlukta tuz biber gürültüsü uygulanmış buruşuk kağıt görüntüsü, (b) medyan filtre uygulanmış kağıt görüntüsü

2.1.3 Görüntü İyileştirmede Kullanılan Bazı Gri Seviye Dönüşümleri

Görüntü iyileştirme, frekans ve uzaysal alanda incelenebilir. Aşağıda görüntü iyileştirmede sıkça kullanılan bazı gri seviye dönüşüm fonksiyonları belirtilmiştir.

1. Görüntü negatifi alma, kontrast artırma
2. Logaritmik dönüşümler (Log ve ters Log dönüşümleri)
3. Üssel dönüşümler (Power law transformation)

2.1.3.1 Görüntü Negatifi

Bir görüntünün negatifi, o görüntüyü oluşturan piksel değerlerinin gri seviyede maksimum değer olan 255'ten çıkarılmasıyla bulunur. Şekil 2.12' de buruşuk kağıt görüntüsünün negatifi verilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 2.12 Bir görüntünün negatifi (a) orijinal buruşuk kağıt, (b) buruşuk kağıt görüntüsünün negatifi

Görüntü gri düzeyleri $[0, L-1]$ aralığında değişir. Negatif görüntünün her noktası; $s = L-1-r$ ile hesaplanır. Burada r pikselin şimdiki değeri (0-255) ve s ise ilgili pikselin negatif değeridir. Görüntünün negatifi piksel değerleri siyaha yakın karanlık görüntülerde, ayrıntıları belirgin hale getirmek için kullanılabilir.

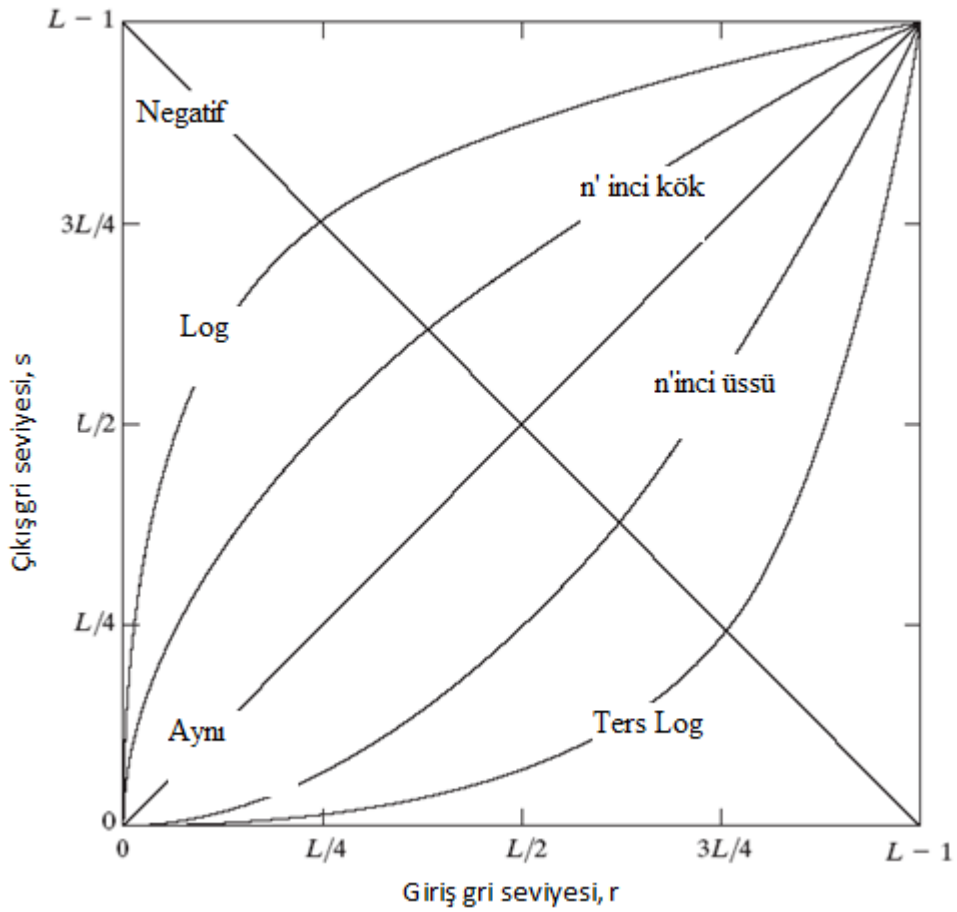
2.1.3.2 Logaritmik Dönüşüm Fonksiyonu

Logaritmik dönüşüm fonksiyonu Eşitlik 2.2 de verilmiştir. Bu dönüşümle girişte küçük bir aralıkta değişen gri seviye değeri çıkışta büyük aralığa dönüştürülür veya tersi yapılır (Bal, 2006).

$$s = c * \text{Log}(1+r) \quad (2.2)$$

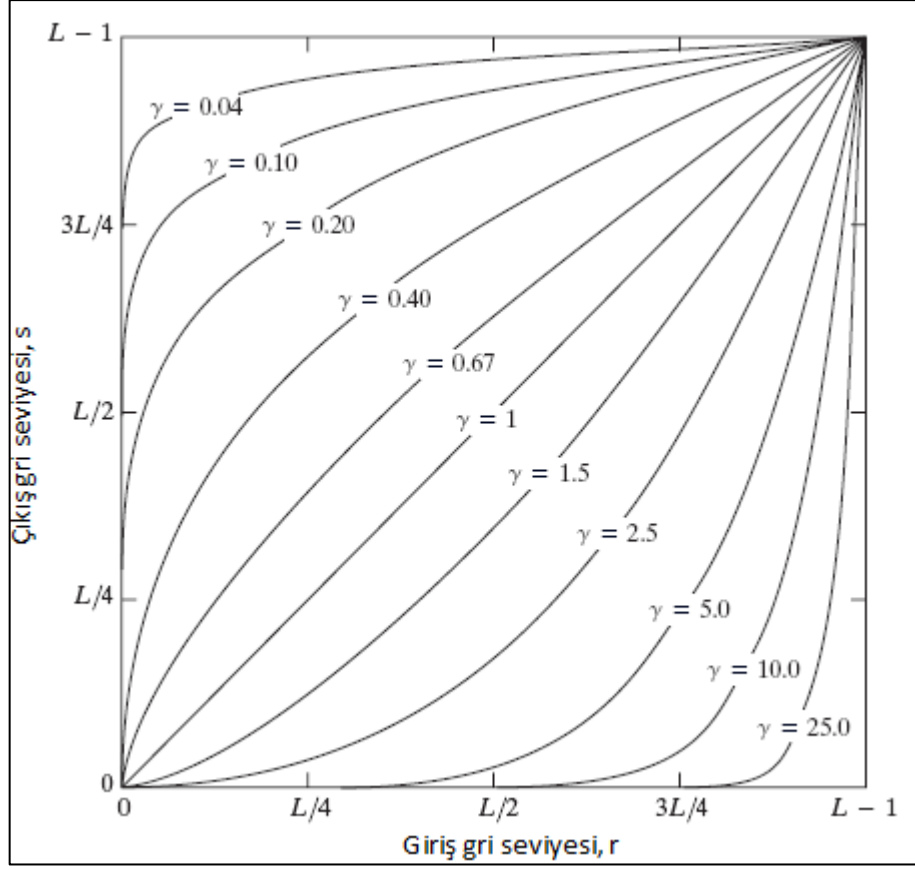
Burada c herhangi bir sabittir ve $r \geq 0$ dır. s ise çıkış görüntü değerlerinin ifade etmektedir. Bir nevi kontrast germe işlemi gibi çalışmaktadır. Düşük kontrastlı görüntülerde, görüntünün diğer kısımlarına oranla koyu olan kısım (hatalı bölge) koyulaşırken, diğer kısımların rengi kontrast germede olduğu şekilde açılmaktadır. Koyu görüntülerde renk açma işlemi şeklinde çalışmaktadır. Görüntünün düşük gri seviyeleri için genişletme yapmaktadır.

Fourier dönüşümü uygulanmış bir görüntüye uygulandığı takdirde, görüntüde daha etkili sonuçlar vermektedir.



Şekil 2.13 Logaritmik dönüşüm grafiği (Gonzalez ve Woods, 2002)

Şekil 2.14 üssel dönüşüm grafiğini göstermektedir. Gama düzeltmesi(gamma correction) olarak da bilinmektedir. Genel formülasyonu $s = c r^\gamma$ şeklindedir. Burada γ değeri ile görüntü karanlıklaştırılması ve aydınlatılması sağlanmaktadır. s çıkış görüntüsünü ifade eder.



Şekil 2.14 Üssel dönüşüm grafiği (Gonzalez ve Woods, 2002)

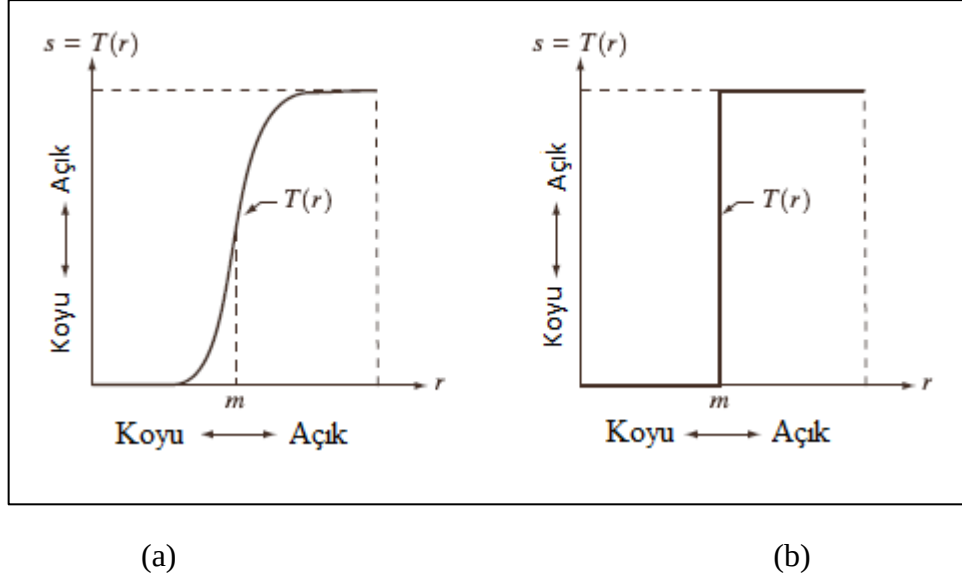
2.1.4 Kontrast (Karşıtlık) Germe

Kontrast germe işlemi, giriş görüntüsünün daha önceden belirlenen bir aralıkta (genellikle 0-255 (8bit) gri seviye değerleri arasında) gri seviye değerlerinin yayılmasıdır. Çeşitli kontrast germe fonksiyonları ve eşiklemeleri vardır. Germe işleminde, giriş görüntüsündeki belli bir değer altındaki değerleri, çıkışta daha dar bir aralıkta gösterilir. Aynı şekilde bu değer üstündeki değerler de bir aralığa sıkıştırılmış olur (Bal, 2006).

$$G(\text{çıkış}) = (G(\text{giriş}) - c) \left(\frac{b-a}{d-c} \right) + a \quad (2.3)$$

Eşitlik 2.3'te örnek bir kontrast germe fonksiyonu verilmiştir. Burada $G(\text{çıkış})$ çıkış görüntüsünün değerlerini, a ve b gerilecek olan sınırın alt ve üst değerlerini (0 – 255 vb.), c ve d ise görüntünün minimum ve maksimum değerlerini belirtmektedir.

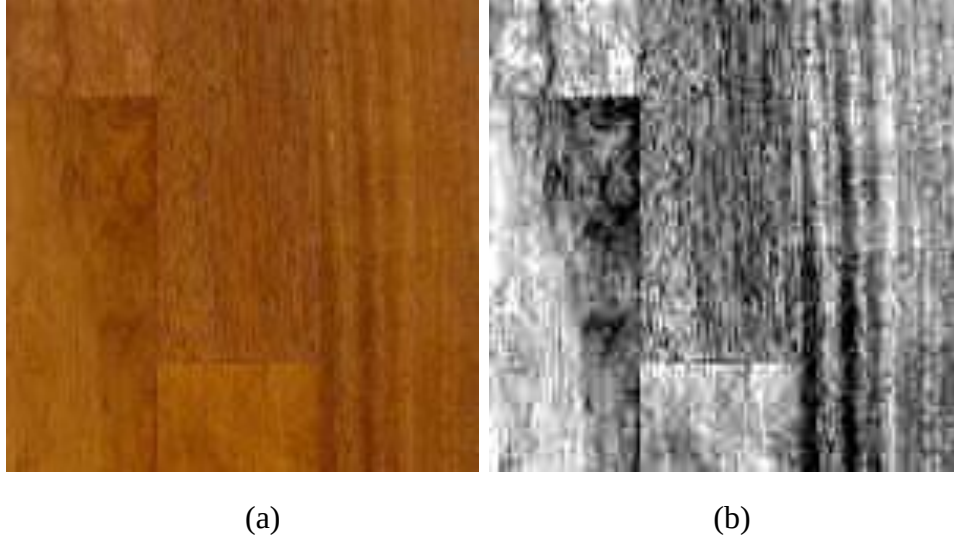
Şekil 2.15'te m eşiği, r ve s sırasıyla giriş ve çıkış görüntü piksellerini göstermektedir. Şekil 2.15 (a)'da m ile belirtilen eşiğin altında kalan kısım koyu, diğer kısım açık bölgeye doğru gerilirler.



Şekil 2.15 Kontrast germe ve eşikleme grafikleri (Gonzalez ve Woods 2002, Bal 2006)

Şekil 2.15’te kontrast germe fonksiyonunun grafiği görülmektedir. Şekil 2.15 (b)’de m noktasında eğimin sonsuz olduğu görülmektedir. Bu durumda Eşitlik, “eşikleme” fonksiyonuna dönüşmüş olur (Bal, 2006). Önceden belirlenen m değerinin altında ve üstünde kalan kısım siyah veya beyaz olarak gösterilir.

Kontrast germe tekniğinde, görüntüdeki herhangi bir parlaklık bölgesindeki değerler başlangıçta belirtilen sınırlara göre daha geniş ya da dar bir aralığa gerilebilirler [6].



Şekil 2.16 Kontrast germe işlemi (a) Renkli parke görüntüsü, (b) kontrast germe işlemi uygulanmış parke görüntüsü

Şekil 2.16 (a)’da, parke görüntüsündeki koyu olan kısımların kontrast germe işlemi sonrasında daha koyu, (a)’da açık renkli olan kısımların ise (b)’de beyaza daha yakın olduğu görülmektedir.

2.1.5 Kenar Bulma (Edge Detection) Yöntemleri

Kenar bulma algoritmaları, görüntü bölütleme (segmentation) ve sınırı çıkarımı, yüzey hataları tespitinde kullanılmaktadır. Kenar bulmanın amacı görüntü içindeki istenilen detayların bulunarak belirgin hale getirilmesidir.

İyi bir kenar bulma dedektörü;

1. Kenarları bilgilerini hızlı bir şekilde ortaya çıkarabilmelidir;
2. Kenarları doğru konum ve doğrultuda belirleyebilmelidir;
3. Görüntüdeki gürültüler vd. etkileri kenar olarak algılamamalı, yapay kenarlar üretmemelidir [10].

2.1.5.1 Gradyent Tabanlı Kenar Bulma

Gradyent(eğim) tabanlı kenar bulma işlemleri pikseller arası farkların hesaplanmasına dayalı bir yöntemdir. Görüntülerdeki kenar bölgelerinin eğimleri, kenar bilgilerinin bulunmadığı görüntünün diğer bölgelerine oranla daha yüksek olmaktadır (Kınalı, 2009). Görüntü işlemede ilk türevler gradyent genliği kullanılarak gerçekleştirilir ve eğim iki boyutlu sütun vektörü ile tanımlanır (Gonzalez ve Woods, 2002).

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

Gradyent vektörü Eşitlik 2.4'teki gibi tanımlanır.

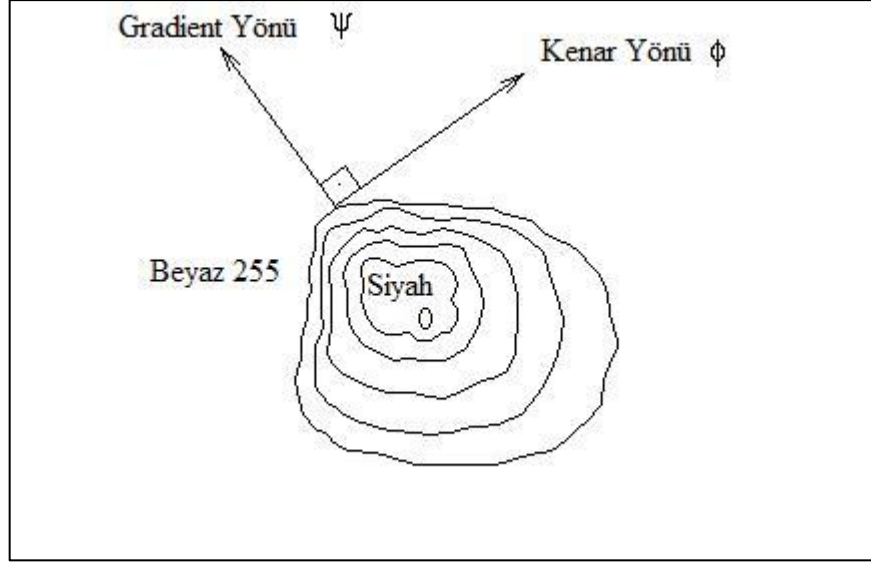
$$\nabla f = \text{mag}(\nabla f) = [G_x^2 + G_y^2]^{1/2} \quad (2.5)$$

Gradyent vektörünün genliği Eşitlik 2.5' te verildiği gibi hesaplanır.

Kenar bilgileri yönü gradyent yönüne diktir (Şekil 2.17) [16,17]. Gradyent vektör, f 'in (x,y) noktasındaki maksimum oranda değişimin olduğu yöndedir. Burada bir açı meydana gelir.

$$\alpha(x, y) = \tan^{-1} \left(\frac{G_x}{G_y} \right) \quad (2.6)$$

α vektörün doğrultu açısıdır.



Şekil 2.17 Gradyent yönü ve kenar yönü [16]

Gradyent tabanlı kenar bulma yöntemleri genel olarak yönlü ve yönsüz kenar operatörleri ile ifade edilirler. İstenilen yönlerdeki gradyentler çeşitli operatörlere bağlı olarak elde edilebilmektedir. Bunlar yatay, köşegen ve dikey (0-45-90) olarak kenar bilgilerine cevap veren yönlü operatörlerdir. Örnek olarak, $\partial I(x, y) / \partial y$ şeklindeki kısmi türev fonksiyonu kullanan bir sistem yatay doğrultudaki kenarlar bilgilerini ortaya çıkarırken dikey doğrultudaki kenar bilgilerinin kaybolmasına yol açar ([10], Kınalı 2009). Yönsüz kenar bulma operatörlerine örnek olarak Sobel, Prewitt verilebilir [10].

2.1.5.1.1 Sobel Kenar Dedektörü

Çizelge 2.3 Sobel Kenar Dedektörleri (a) görüntüden alınan 3*3'lük kısım, (b) G_x değerini hesaplayan maske, (c) G_y değerini hesaplayan maske (Gonzalez ve Woods, 2002)

Z1	Z2	Z3
Z4	Z5	Z6
Z7	Z8	Z9

(a)

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

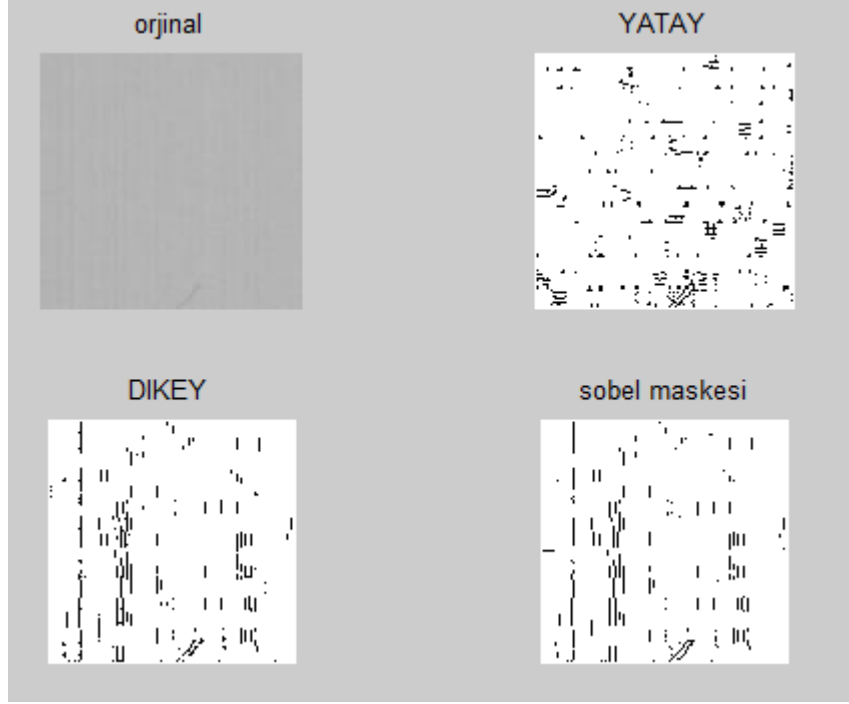
(b)

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

(c)

X yönündeki türev ile dikey doğrultudaki kenarlar bulunur. Y yönündeki türev ile yatay doğrultudaki kenar bilgilerine ulaşılır.

Çizelge 2.3 (a) Görüntüden alınan 3*3 lük bir bölge (b) 3*3lük bölgenin merkez pikselindeki değerin G_x değerini hesaplayan maske (c) 3*3lük bölgenin merkez pikselindeki değerin G_y değerini hesaplayan maske. Bu maskeler toplamı sobel operatörü olarak bilinmektedir (Kınalı, 2009). Şekil 2.18'de orijinal görüntü olarak (Tsai ve Chao, 2007) kullanılmıştır.



Şekil 2.18 Sobel maske sonucunun negatif görüntüleri, yatay, dikey gradyent ve orijinal görüntüsü(Tsai ve Chao, 2007)

2.1.5.1.2 Laplasyen Tabanlı Kenar Bulma

İki boyutlu bir fonksiyonun Laplas'ı, ikini dereceden türevdir ve;

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

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y) \quad (2.8)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y) \quad (2.9)$$

Eşitlik 2.7 ile hesaplanır. İkinci türevler Eşitlik 2.8 ve 2.9 da ifade edilmiştir. Bu eşitlikler doğrultusunda, 3*3 lük bir bölge için en çok kullanılan metot Çizelge 2.3 ve Şekil 2.19'da kullanılan veriler göz önüne alındığında, $\nabla f^2 = 4 * Z5 - (z2 + z4 + z6 + z8)$ dir (Gonzalez ve Woods, 2002).

Laplas operatöründe merkez pikselin ağırlığı pozitif olmalıdır. Laplas filtresi kenar sınır çıkarımında kullanılır. Bu sınırlar görüntüye eklenerek kenar belirginleştirilir. Yumuşatma filtresi ile kullanıldığında daha iyi çalışmaktadır. Dört yakın komşuluk için Laplas operatörü Şekil 2.19' da gösterilmiştir.

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

(a)

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

(b)

Şekil 2.19 Laplas maskeleri (a) dört yakın komşuluk, (b) sekiz yakın komşuluk

2.1.6 Eşikleme Yöntemleri

Görüntüler işlendikten sonra, istenilen kısmın ortaya çıkmasını sağlamak için eşikleme uygulanır. Temel mantık, görüntü piksellerinin 0-255 arasında değişen değerlerinin olduğu kabul edilirse, $0 \leq T \leq 255$ arasında belirlenen bir T değerinin altında kalan kısım ile üstünde kalan kısım birbirinden ayrılır. Bir eşikleme uygulanmış olur, ihtiyaç olan bölge ile işlemler yapılmaya devam edilir.

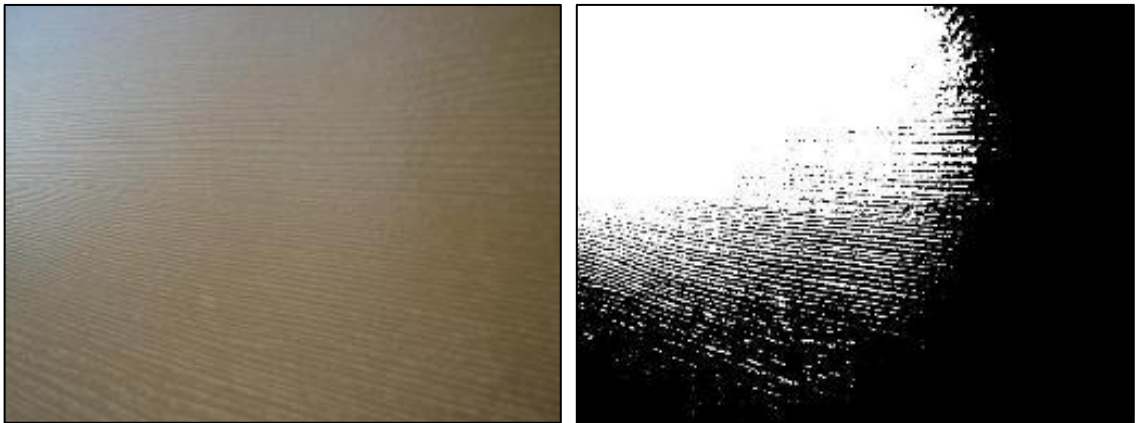
2.1.6.1 OTSU Eşiklemesi

Otsu algoritması görüntüdeki piksel değerlerine göre ön ve arka plan olmak üzere iki sınıf oluşturur. Sınıflar arası varyans değerini maksimize eden eşik seviyesini bulma amaçlanır. Bunun için sınıflar arası varyans değeri minimize olmalıdır. Çıkan eşikleme seviyesine göre görüntü siyah beyaz formata çevrilir.

Sınıflar içi varyans Eşitlik 2.10'daki gibi hesaplanır.

$$\sigma_w^2 = W1\sigma_1^2 + W2\sigma_2^2 \quad (2.10)$$

Eşitlik 2.10'da $W1$ ve $W2$ ağırlıklar olarak adlandırılabilir ve ön ve arka planı temsil ederler. σ_1^2 birinci kümelenmiş bölgenin varyansıdır.



(a)

(b)

Şekil 2.20 Otsu eşiklemesi (a) orijinal görüntü, (b) siyah-beyaz, global eşikleme yapılmış görüntü

Sınıflar arası varyans Eşitlik 2.11'deki gibi hesaplanır.

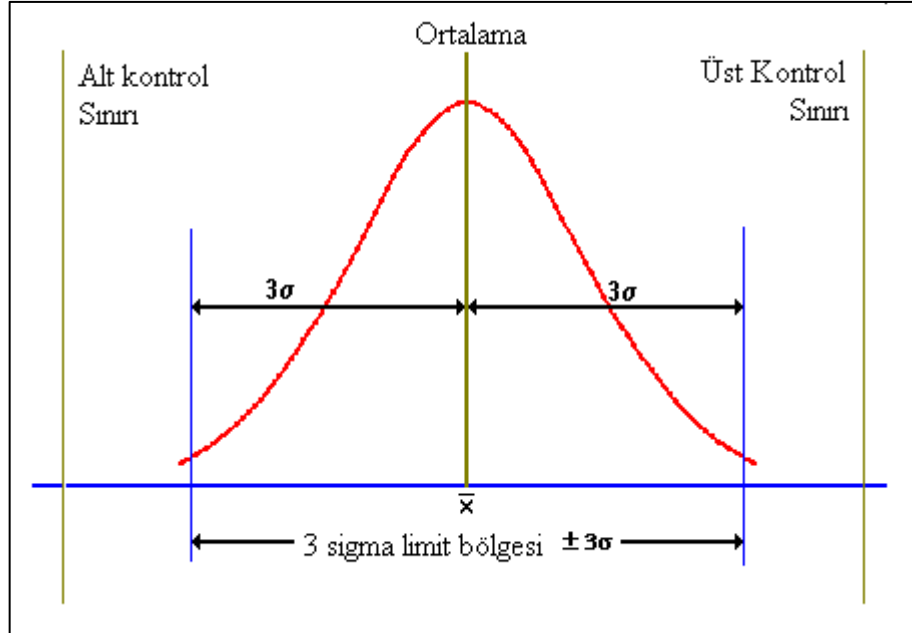
$$\sigma_b^2 = W1 + W2[\mu1 - \mu2]^2 \quad (2.11)$$

Şekil 2.20' de Otsu algoritması uygulanmış görüntü bulunmaktadır. Global bir eşikleme yöntemi olduğu için (b)'de bazı bölgeler karanlıkta kalmaktadır.

Eşitlik 2.11'de $\mu1$ ve $\mu2$ değerleri ilgili bölgenin ortalamasını göstermektedir.

2.1.6.2 3-Sigma Kontrol Limit Eşiklemesi

Genel formülasyonu $\mu = k * \sigma$ dır. Burada μ ortalamadır. σ standart sapmayı ifade eder, k ise 3 alınır. Ancak çeşitli görüntülere göre k yerine değişik eşikleme parametreleri de getirilebilir.



Şekil 2.21 3 sigma kontrol bölgesi

3.1.6.3 Uyarlanabilir Eşikleme

Piksel içeriği ile komşu piksellerin ortalama değeri arasındaki fark bu komşu piksellerin standart sapmalarından iki kat fazla ise filtre işlemi gerçekleştirilir [7].

2.2 Karşılaşılan Hata Türleri

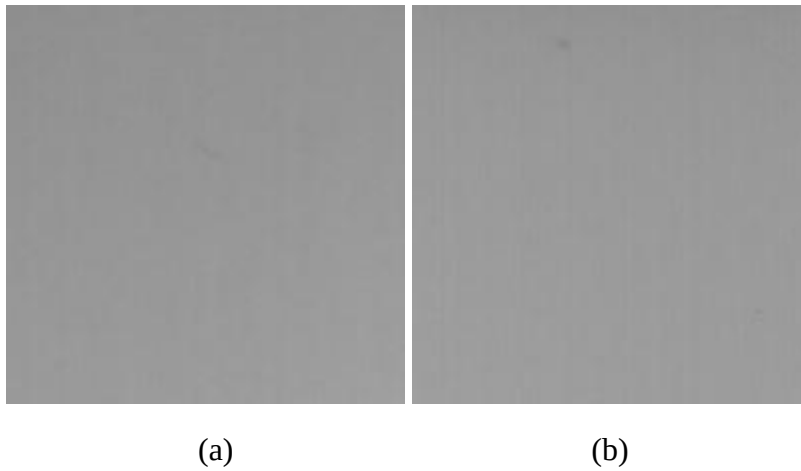
Genel olarak ürün yüzeylerinde çizik, çapaklanma, ezik, delik, baloncuk, çatlak, dokuma bozukluğu ve renk farklılığı gibi hatalarla karşılaşılmaktadır.

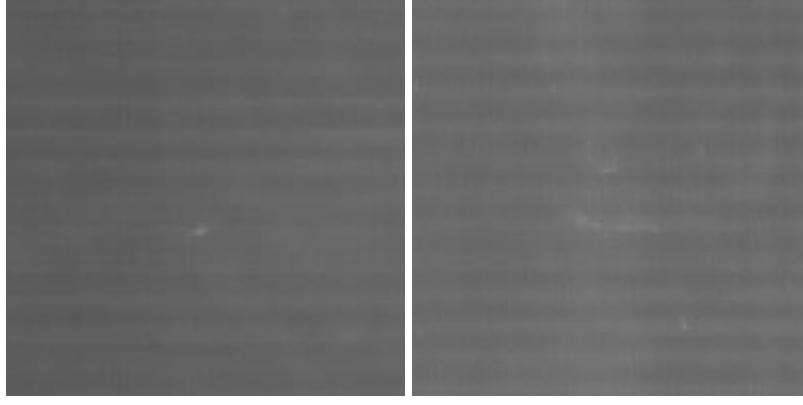
Bu bölümde literatürdeki görüntü işleme ile çalışmalardan örnekler verilmiştir.

Elbehery vd. (2005) görüntü işleme ve morfolojik operatörleri kullanarak seramik fayanslar yüzeyleri üzerindeki hataları tespit etmeye çalışmıştır. Ertüzün vd. (2004) bağımsız bileşenler analizini dokuma hatalarının tespiti için kullanmışlardır. Xu (2010) eğri uydurma tekniğini kumaş hata tespitinde kullanmıştır. Bal ve Dinç ürün yüzey hatalarını öğrenebilen dönüşüm filtreleri ile tespit etmişlerdir. Putera ve İbrahim (2010) matematiksel morfoloji ve Matlab programını kullanarak PCB' ler üzerindeki hataları tespit etmişlerdir. Babalık ve Botsalı (2010) yapay sinir ağı ve görüntü işleme teknikleri kullanarak durum buğdayının camsılığının belirlenmesiyle uğraşmışlardır. Branca vd. (1995) yapay sinir ağları kullanarak yüzeylerdeki doku analizi üzerinde çalışmışlardır.

İnce (2006), medikal görüntülerde morfolojik operatörleri kullanarak kenar bulma algoritmaları üzerine çalışmıştır. Unay ve Gosselin (2005), yapay sinir ağları tabanlı bölütleme uygulaması ile elma sınıflandırması yapmışlardır. Platzer ve Denzler, kablo borularının yüzeylerindeki hataları tespit için model tabanlı, normal geometrik yapısından sapmaları kontrol eden bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Kınalı (2009), Antigeometrik yayınımları ile ürün yüzey hatalarının tespiti için kullanmışlardır. Tsai ve Chao (2007), Anizotropik yayılım fonksiyonunu geliştirerek, bunu düşük kontrasta sahip LCD arka panelleri ve cam yüzeyleri görüntülerinde ürün hatalarını tespit etmede kullanmışlardır.

Bu çalışma TFT-LCD ekranlarda ve dokuma kumaşlarında ürün hataları konu alınarak hazırlanmıştır. Düşük kontrasta sahip ve düzensiz aydınlık seviyesine sahip görüntülerde, yüzey hatalarının bulunduğu yer arka plandan kolayca ayırt edilemez. Bu tip hataların belirgin kenarları yoktur. Yararlanılan kaynaklarda bulunan, ayırt edilmesi güç hatalara ilişkin birkaç örnek verilmiştir.





(c)

(d)

Şekil 2.22 Klasik eşikleme yöntemleri ile ayırt edilmesi güç hatalar. (a) ve (b) LCD lerde kullanılan arka panel yüzeyleri. (c) ve (d) LCD cam yüzeylerindeki hatalar (Tsai-Chao, 2007).

Şekil 2.22’de Tsai ve Chao (2007)’ nun çalışmasında kullanılan yüzey hataları bulunmaktadır. Klasik eşikleme yöntemleriyle ayırt edilmesi güç hatalardır. Arka planın yumuşatılırken, hatalı olan kısımların belirginleştirilmesi gerekir.



(a)

(b)

(c)

Şekil 2.23 Kumaş hataları (a) ve (b) ZHU vd. 2007, (c) Alimohamadi vd. 2009

Şekil 2.23’ te çeşitli kumaş hataları görülmektedir. Şekil 2.23 (c) Hata tespiti diğerlerine göre daha güç olduğu birbirini tekrar eden dokulardan oluşmuştur.

3. GÖRÜNTÜ YAYINIM ALGORİTMALARI

Yayınım algoritmalarında görüntünün yumuşatılması-düzleştirilmesi (smoothing) ve gürültülerin azaltılması amaçlanmaktadır. Yumuşatma işlemi yapan ve görüntü işlemede kullanılan filtreler de vardır. Bunlardan ikisi ortanca ve ortalama filtreleridir. Ortalama filtresi, görüntü yumuşatma işlemi yaparken, kenar bilgilerini de yumuşatmakta ve kalınlaştırmaktadır. Ortanca filtresi keskin kenar geçiş geçişlerinde, gürültülerin azaltılmasında kullanılır. Bu sebeplerle, hata tespitinde ve hatalı bölgenin güçlendirilmesinde kullanımları uygun olmamaktadır. Ürün yüzey hatalarının tespit edilmesi amacıyla birçok yayınım yaklaşımları geliştirilmiştir. Bu bölümde Antigeometrik ve Anizotropik yayınım yaklaşımlarının temellerinden bahsedilmiştir.

3.1 Antigeometrik Yayınım

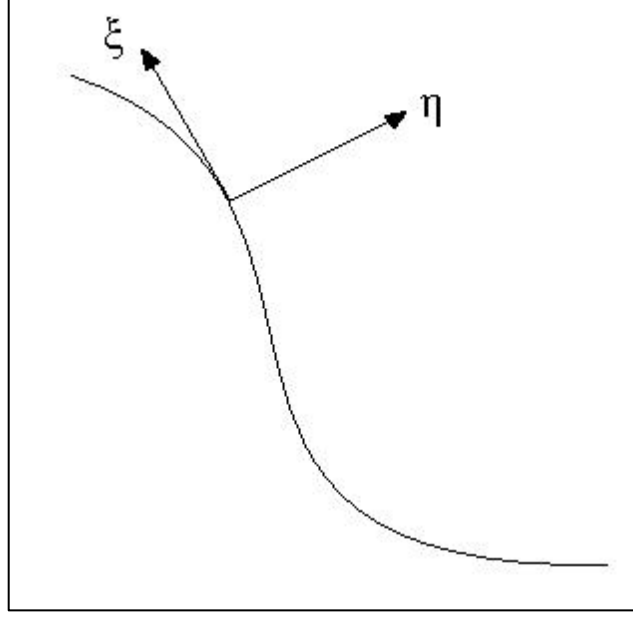
Antigeometrik yayınım, uyarlanabilir eşikleme ve hızlı bölütleme yöntemi olarak MRI ve CT görüntülerinde Manay ve Yezzi (2003) tarafından kullanılmıştır. Bu yöntemi görüntüyü küçük bölgelere ayırmak için ön işlem olarak kullanmışlardır. Daha sonra görüntüdeki pikseller, yayınım davranışlarına göre yayınım esnasında sınıflandırılmışlardır. Enerji tabanlı bölge birleştirme yöntemi ile birlikte istenilen sayıda bölge oluşumunu sağlamışlardır.

Antigeometrik yayınım her iterasyonda 2 adımdan oluşmaktadır (Manay ve Yezzi, 2003). İlk olarak görüntüdeki değerler, yayınım algoritmasıyla yayılmış görüntü değerlerine dönüştürülürler. İkinci olarak sınıflandırma kriteri ile karşılaşan pikseller, yayınım davranışına göre yayınım esnasında sınıflandırılırlar (Manay ve Yezzi, 2003). Algoritma, bir durdurma koşulu ile karşılaşana kadar iterasyona devam eder. Durdurma kriteri, kullanıcı tarafından belirlenmektedir (Kınalı, 2009).

Antigeometrik yayınım algoritmasında, birinci ve ikinci türevlerden yararlanılarak eşikleme yüzeyine doğru yayınım gerçekleştirilir. Belirlenen iterasyon sayısı eşik yüzeyine doğru bir yaklaşma olur (Kınalı, 2009). Kınalı (2009) AGY' yi yüzey hata tespitinde kullanmıştır.

Eşitlik 3.11'te belirtilen eşikleme yüzeyinin hesaplanmasında türev adım aralıklarının değişiminin ve Eşitlik 3.15'te eşikleme yüzeyi ile çarpılan kararlılık koşulunun, oluşan yeni görüntüde büyük etkisi olmaktadır.

Kenar yönleri görüntüdeki eğim seviyelerinin tanjantları olarak adlandırılır. Şekil 3.1'de, η normal yönü (gradyent yönü) tanımlar. ξ ise tanjant (teğetsel) yönü tanımlamaktadır (Kınalı, 2009).



Şekil 3.1 Seviye eğrisindeki noktanın normal ve teğetsel yönleri (Manay ve Yezzi, 2003)

$$\eta = \frac{(Ix, Iy)}{\sqrt{Ix^2 + Iy^2}} \quad (3.1)$$

$$\xi = \frac{(-Iy, Ix)}{\sqrt{Ix^2 + Iy^2}} \quad (3.2)$$

Normal ve teğetsel yönler Eşitlik 3.1 ve 3.2 de görülen görüntünün ilk türevleri ile tanımlanır.

Kenar doğrultuları seviye eğrisinin tanjantları ile ilişkilidir, teğetsel yayılım ihmal edilir ve normal yayılım korunur ise Eşitlik (3.3)'teki normal yayılım ortaya çıkar.

$$\frac{\partial I}{\partial t} = \frac{I^2 x I_{xx} + 2IxIyI_{xy} + I^2 y I_{yy}}{I^2 x + I^2 y} \quad (3.3)$$

3.1.1 AGY ile Kenar Çıkarımı

AGY işlemi piksel farklılıklarından kaynaklanan kenar bilgilerini ortaya çıkarmada oldukça hızlıdır. Bu hız özelliğinden dolayı Antigeometrik yayılım görüntüyü küçük bölgelere ayırmada ön işlem olarak kullanılmaktadır. Kenar ve gürültü bilgilerinin karışmaması için hesaplanan türevlerde, farkların pozitif veya negatif olması önem arz etmektedir. Kenar bilgilerini güçlendirirken, mutlak değerli türevler uygulandığında gürültü bilgileri de güçlenmektedir. AGY görüntüye ihtiyaca göre yumuşatma ya da keskinleştirme uygulanabilmektedir. Yumuşatma özelliği sayesinde gradyent tabanlı kenar bulma algoritmalarına göre daha iyi sonuçlar verebilmektedir. Görüntü işlenmeden önce görüntüye ortalama filtre uygulanması sonucunda gürültülerden kaynaklanan bazı yanlış kenarlar

bertaraf edilebilir (Kınalı, 2009). Ancak, renk farklılığının fazla olduğu görüntülerdeki gürültülerden kaynaklanan farklar bunların dışında kalmaktadır. AGY kenar bulma algoritması, bölütleme için birleştirilmesi gereken kenar piksellerini diğer kenar bulma algoritmalarına oranla daha iyi tespit ettiği için algoritma sonrasında morfolojik operatörlerin kullanımına gerek kalmamaktadır. AGY ile elde edilen çıkış görüntülerinde, kenar bilgisinden daha çok görüntü içindeki farklılıkların öne çıktığını görülmektedir (Kınalı, 2009).

Yumuşatma ön işlemi uygulanmadan görüntüye AGY uygulanarak, kenar bulma işlemi gerçekleştirilecek olursa, gürültüler de kenar olarak tespit edilmektedir.

3.1.2 Türevlerin Hesaplanması:

AGY görüntünün X(yatay) ve Y(dikey) yönünde birinci ve ikinci türevleriyle gerçekleştirilmektedir. Türevlerin hesaplanması Eşitlik 3.4 - 3.8 arasında gösterilmiştir.

Eşitlik 3.4 görüntünün dikey eksenindeki kenarlarını ortaya çıkaran bir rol oynamaktadır.

$$I_x(i, j) = (I(i + 1, j) - I(i - 1, j)) / 2\Delta x \quad (3.4)$$

Eşitlik 3.5 ise yatay eksen kenar bilgilerini ortaya çıkarmaktadır.

$$I_y(i, j) = (I(i, j + 1) - I(i, j - 1)) / 2\Delta y \quad (3.5)$$

Eşitlik 3.6 görüntünün dikey eksenindeki kenarlarını belirginleştiren, X yönünde 2. türevdir.

$$I_{xx}(i, j) = (I(i + 1, j) - 2I(i, j) + I(i - 1, j)) / (\Delta x)^2 \quad (3.6)$$

$$I_{yy}(i, j) = (I(i, j + 1) - 2I(i, j) + I(i, j - 1)) / (\Delta y)^2 \quad (3.7)$$

$$I_{xy}(i, j) = (A - B) / 4\Delta x\Delta y \quad (3.8)$$

$$A = I(i + 1, j + 1) - I(i - 1, j - 1) \quad (3.9)$$

$$B = I(i + 1, j - 1) - I(i - 1, j + 1) \quad (3.10)$$

Bu eşitliklerde türevler,

$I(i, j)$: Orijinal görüntü

$I_x(i, j)$: Görüntünün x yönündeki(yatay eksen) ilk türevi

$I_{xx}(i, j)$: Görüntünün x yönündeki(yatay eksen) ikinci türevi

$I_y(i, j)$: Görüntünün y yönündeki(dikey eksen) ilk türevi

$I_{yy}(i, j)$: Görüntünün y yönündeki(dikey eksen) ikinci türevi

$I_{xy}(i, j)$: Görüntünün x ve y yönündeki türevi

şeklinde ifade edilmektedir.

3.1.3 Eşikleme Yüzeyinin Hesaplanması

Eşikleme yüzeyi $I_{\eta\eta}$ Eşitlik 3.11 deki şekilde hesaplanır.

$$I_{\eta\eta} = [A + 2B + C] / [I^2x(i, j) + I^2y(i, j)] \quad (3.11)$$

$$A = I^2x(i, j) I_{xx}(i, j) \quad (3.12)$$

$$B = Ix(i, j) Iy(i, j) I_{xy}(i, j) \quad (3.13)$$

$$C = I^2y(i, j) I_{yy}(i, j) \quad (3.14)$$

Elde edilen bu eşikleme yüzeyi ile kararlılık koşulu çarpılır. Bu çarpım daha sonra orijinal görüntüye eklenerek görüntüde keskinleştirme ya da yumuşatma yapılması sağlanır.

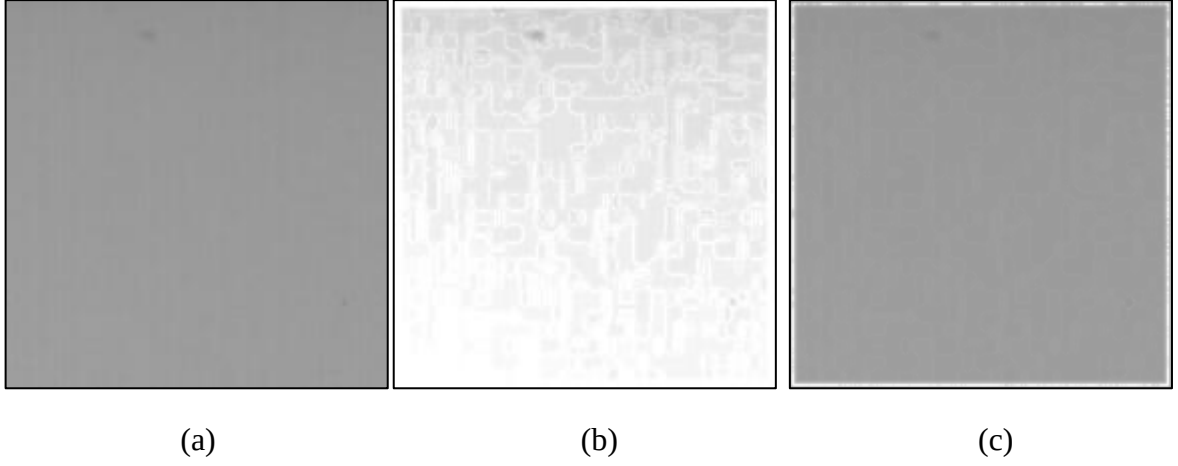
$$I(x, y) = I(i, j) + \Delta t I_{\eta\eta} \quad (3.15)$$

Burada, Δt kararlılık koşuludur. Çeşitli uygulamalara göre değişir. Kararlılık için geometrik ısı denklemindeki gibi $\Delta t < 0.5(\Delta x)^2$ seçilir (Manay ve Yezzi, 2003).

Antigeometrik yayılım denklemi, ürün yüzey hatalarının tespitinde Kınalı (2009) tarafından kullanılmıştır. Ancak, yayılım algoritması tek başına hataları belirginleştirmede yeterli olmamaktadır. Yayılım esnasında pikselleri sınıflandırmak daha sonra bölge birleştirme işlemi uygulamak gerekmektedir. Çünkü Antigeometrik yayılım fonksiyonu bölge bölütleme ön işlemi şeklinde davranmaktadır.

AGY, belirgin olmayan, arka plandan ayrılması ve tespiti güç hatalar ve kontrastı düşük, parlaklık seviyesi düzgün olmayan ürün yüzeylerindeki hatalar için iyi sonuç vermemektedir. Fakat doku (birbirini tekrar eden görüntü-dokuma kumaşı gibi) görüntülerinde iyi sonuçlar karalılık katsayısına bağlı olarak elde edilebilmektedir. Türev aralığı ve kararlılık katsayısının farklı kombinasyonlarına göre sonuçlar değişmektedir. Ayrıca, türev farklarının mutlak değerli olarak alınıp alınmamasına göre sonuçlar ciddi olarak değişmektedir.

Düşük kontrastlı yüzeylerde kontrast germe işlemi uygulanması halinde birden çok ayrı bölgeler oluşturmaktadır. Bu sebeple, AGY görüntü bölütleme uygulamalarında daha iyi sonuçlar vermektedir.



Şekil 3.2 AGY fonksiyonu sonucu (a) Orijinal görüntü (Tsai ve Chao, 2007), (b) Kontrastı gerilmiş görüntü, (c) AGY uygulanmış görüntü sonucu

Şekil 3.2 (a)' da orijinal gri seviye görüntüsü yer almaktadır. Şekil 3.2 (b) kontrast germe işlemi uygulandıktan sonra AGY uygulanmış hali ve (c)' de ise kontrast germe işlemi uygulanmadan AGY uygulanmış durum görünmektedir. AGY' nin artıları arasında hızlı olması gösterilebilir.

3.2 Anizotropik Yayınım (Yön Bağımsız Yayınım)

Anizotropik yayınım, gürültülü görüntülerin yumuşatılırken ve kenarlarının korunmasında (edge-preserving smoothing), görüntü ve doku bölütleme, görüntü restorasyonu gibi birçok uygulamada kullanılmaktadır. Perona ve Malik (1990) tarafından ortaya konmuştur. Bu yayınım, komşu piksellerin birbirine yakın değerlere sahip olması (görüntünün tekdüze hale getirilmesi) halinde yumuşatma işlemi yapar ve bunu yaparken kenar yalnızca bilgilerini korur. Ancak yumuşatmanın fazla oranda yapılması halinde yüzeydeki hata bilgileri de kaybolmaktadır.

Anizotropik yayınım fikriyle, uyarlanabilir olarak c_t ' yi seçmek ve böylece sınıflar içini (benzer bölgeleri) yumuşatırken sınıfları arası kenarların korunması amaçlanmaktadır.

Anizotropik yayınım lineer yayınımın (ısı denkleminin) bir modifikasyonudur. Sürekli Anizotropik yayınım denklemi Eşitlik 3.16'da verilmektedir.

$$\frac{\partial I_t(x,y)}{\partial t} = \text{div}[c_t(x,y) \cdot \nabla I_t(x,y)] \quad (3.16)$$

$I_t(x,y)$; t zamanındaki görüntüyü, div ; divergence (ıraksama) operatörünü, $\nabla I_t(x,y)$; görüntünün gradyentini ve $c_t(x,y)$ ise yayınım katsayısını göstermektedir. Eğer $c_t(x,y)$ sabit olarak düşünülürse, denklem isotropik yayınım eşitliğine indirgenmiş olur.

Yayınım katsayı fonksiyonu c_t , genel olarak gradyent genliğinin negatif olmayan bir fonksiyonu olarak seçilir. Böylece, görüntünün yoğunluğundaki (intensity), gürültü ve gölgelenme gibi küçük farklılıklar yumuşatılır, kenar bilgileri gibi büyük intensity fark geçişleri kaybedilmez (Tsai ve Chao, 2007). Işık farklılıkları kendi içinde yumuşatılmış olur.

Görüntü işlemede kullanılan Anizotropik yayınım denklemi, dört yakın komşuluğun farkları (gradyent-farklar) ve Laplas operatörü ile ayrı olarak eşitlik (3.17) deki gibi ifade edilebilir.

$$I_{t+1}(x, y) = I_t(x, y) + \lambda \sum_{i=1}^4 [c_t^i(x, y) \cdot \nabla I_t^i(x, y)] \quad (3.17)$$

λ , yayınım hızı ve kararlılık koşuludur. $0 < \lambda \leq 1/4$ arasında seçilir.

$$\nabla I_t^1(x, y) = I_t(x, y - 1) - I_t(x, y) \quad (3.18)$$

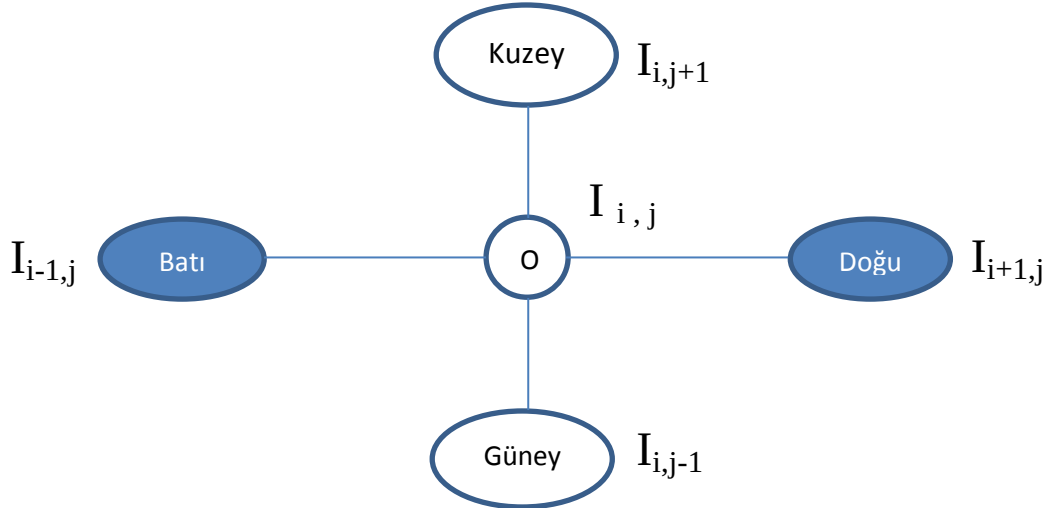
$$\nabla I_t^2(x, y) = I_t(x, y + 1) - I_t(x, y) \quad (3.19)$$

$$\nabla I_t^3(x, y) = I_t(x + 1, y) - I_t(x, y) \quad (3.20)$$

$$\nabla I_t^4(x, y) = I_t(x - 1, y) - I_t(x, y) \quad (3.21)$$

Gradyent(farklar), ayrı olarak Eşitlik 3.18-3.21' deki gibi gösterilebilir (Tsai ve Chao, 2007).

Burada ∇ en yakın komşulukları ifade etmektedir. Bu komşuluklar sırasıyla, kuzey, güney, doğu ve batıdır.



Şekil 3.3 Koordinat düzleminde dört yakın komşuluğun gösterimi

Anizotropik yayınımın ayrı ayrı uyarlamasına bakıldığında filtrelemede kullanılan iki değişken bulunmaktadır. Bunlardan birincisi ve en önemlisi yayınım katsayısı fonksiyonudur. Yayınım katsayısı sonucu direkt olarak etkilemektedir. Bundan dolayı yayınım katsayısının belirlenmesi Anizotropik yayınımın en önemli problemidir. Literatürde birçok yayınım

fonksiyonu geliştirilmiştir. Bunlardan ilk ikisi yön bağımsız yayınının ayrık uyarlaması teorisini geliştiren Perona ve Malik'in 1. ve 2. fonksiyonlarıdır. Bu eşitlikler Eşitlik 3.22-3.23'te gösterilmiştir.

$$g(\nabla I) = 1 / \left[1 + \left(\frac{|\nabla I|}{K} \right)^2 \right] \quad (3.22)$$

$$g(\nabla I) = e^{\left(-\left(\frac{|\nabla I|}{K} \right)^2 \right)} \quad (3.23)$$

Bu fonksiyonların sonuçları birbirinden farklı olmaktadır. Birincisi yüksek karşıtlıklı köşelerde düşük karşıtlıklı köşelere oranla daha iyi sonuçlar vermektedir. İkincisi ise geniş alanlarda daha dar kısımlara oranla daha iyi sonuçlar vermektedir.

$g(\nabla I)$ monoton olarak azalan bir fonksiyondur. $g(0) = 1$ ve $\lim_{\nabla I \rightarrow \infty} g(\nabla I) = 0$ dir. $g(\nabla I)$ düşük katsayı değerleri için yüksek değişkenlikli kenarlarda (high-gradient edge) kenar bilgilerini korur, yüksek katsayı değerleri için düşük değişkenlikli bölgelerde düzleştirme (smoothing) işlemi yapar (Tsai ve Chao, 2007).

K parametresi bir sabittir ve yumuşatma fonksiyonunu yerine getirmektedir. K kenar güçlendirme eşiği çeşitli uygulamalar için iyi ayarlanmalıdır. Eğer katsayı çok büyük seçilirse yayının süreci sonunda görüntü aşırı bulanıklaşacak ve kenar bilgileri kaybolacaktır. Eğer K çok küçük seçilirse, yayının başlangıç iterasyonlarında düzleştirme işlemini durduracak ve çıkış görüntüsü giriş görüntüsüne çok yakın olacaktır.

Diğer bir yayının fonksiyonu 1994 yılında Charbonnier' in geliştirdiği Eşitlik 4.9' da verilen fonksiyondur (Elmas vd., 2008).

$$g(\nabla I) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{|\nabla I|}{K} \right)^2}} \quad (3.24)$$

Weickert' in 1996 yılında geliştirdiği fonksiyon Eşitlik 4.10'da verilmiştir (Elmas vd., 2008).

$$g(\nabla I) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } |\nabla I| = 0 \\ 1 - \exp\left(-\frac{2.33666}{\left(\frac{|\nabla I|}{K}\right)^4}\right) & \text{eğer } |\nabla I| > 0 \end{cases} \quad (3.25)$$

4. GÖRÜNTÜ YAYINIM ALGORİTMALARI İLE HATA TESPİT ANALİZİ

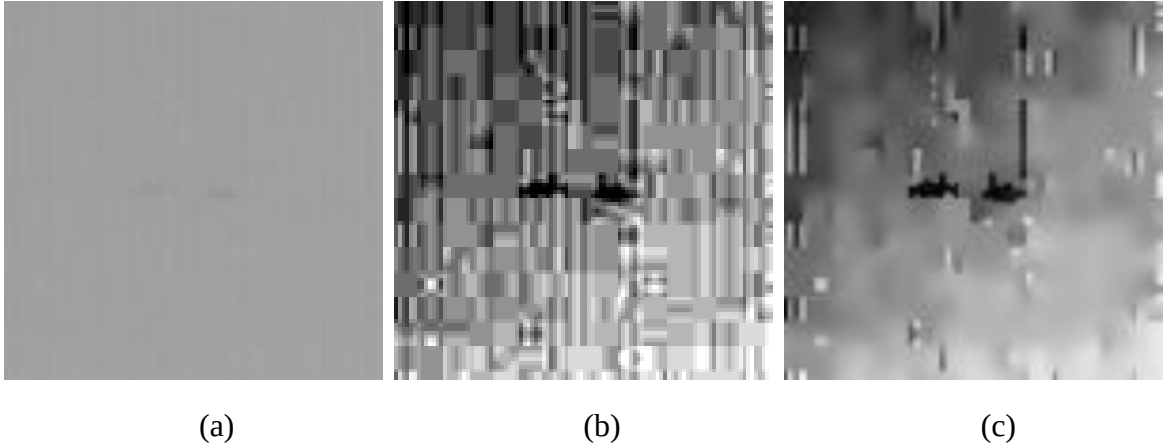
Bu bölümde Perona – Malik, Charbonnier, Chao-Tsai, FAB ve uyarlanabilir değişken katsayılı Anizotropik yayınlam yaklaşımları ve Antigeometrik yayınlam yaklaşımı uygulanmış yüzeyler incelenmiştir. Fonksiyonların görüntüler üzerindeki işlevleri analiz edilmiştir. Çıkan sonuçlar yayınlam fonksiyonlarına ve farklı giriş değerlerine göre karşılaştırılmıştır.

4.1 Perona – Malik Anizotropik Yayınlam Yaklaşımı

Bu bölümde Perona ve Malik' in (P-M) yaklaşımı üzerinde durulmuştur. İlk olarak yararlanılan kaynaklardaki görüntüler (Tsai ve Chao, 2007) üzerinde uygulama yapılmıştır.

Eşitlik 3.17'de, P-M 'in yayınlam fonksiyonları arasındaki farkı gösterebilmek için λ yayınlam hızı katsayısı sabit 0.25 alınmıştır. Eşitlik (3.22) ve (3.23)'teki yayınlam fonksiyonları kullanılmış K değerleri de sabit alınmış ve kullanıcı tarafından belirlenmiştir. Böylece, Şekil 4.1 ve 4.2 de, iki farklı yayınlam fonksiyonun görüntüdeki etkileri görülmüştür.

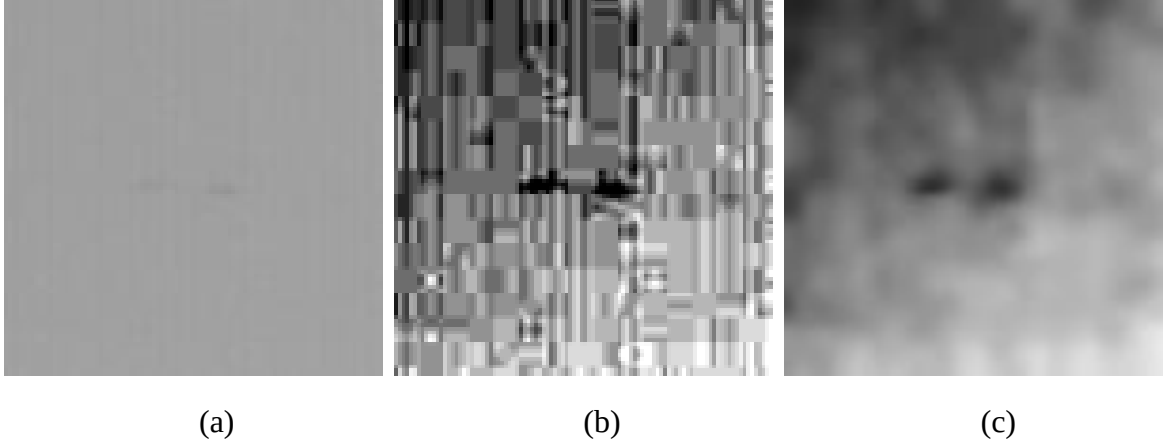
Eşiklemde (threshold) kontrol değeri 3 sigma alınmıştır. $AKL=\mu-3\sigma$, $UKL=\mu+3\sigma$. AKL, alt kontrol limitini, UKL üst kontrol limitini göstermektedir. μ değeri görüntünün ortalama değerini, σ ise görüntünün standart sapmasını belirtmektedir. Şekil 4.1 ve 4.2'deki orijinal görüntüler Tsai ve Chao (2007)'den alınmıştır.



Şekil 4.1 PM-2 yayınlamı (a) gri seviye görüntüsü (Tsai ve Chao, 2007), (b) kontrast germe işlemi sonucu görüntü, (c) yayınlam işlemi sonucundaki görüntü

Şekil 4.1 de (a) gri seviye görüntüsü (b)' de kontrast germe işlemi sonucu görüntü (c) P-M' in Eşitlik (3.23) yayınlam fonksiyonu uygulanmış görüntü bulunmaktadır. $Kappa$, yayınlam katsayısı tüm iterasyonlar boyunca sabit ve 30, iterasyon sayısı 30 ve yayınlam hızı (λ) değeri 0.25 alınmıştır. Kontrast germe işlemiyle görüntüdeki hatalar ve farklılıklar

belirginleştirmektedir. Böylece hataların ve gürültülerin, görüntülerin hatasız kısımlarından ayırt edilmesi zorlaşmaktadır.



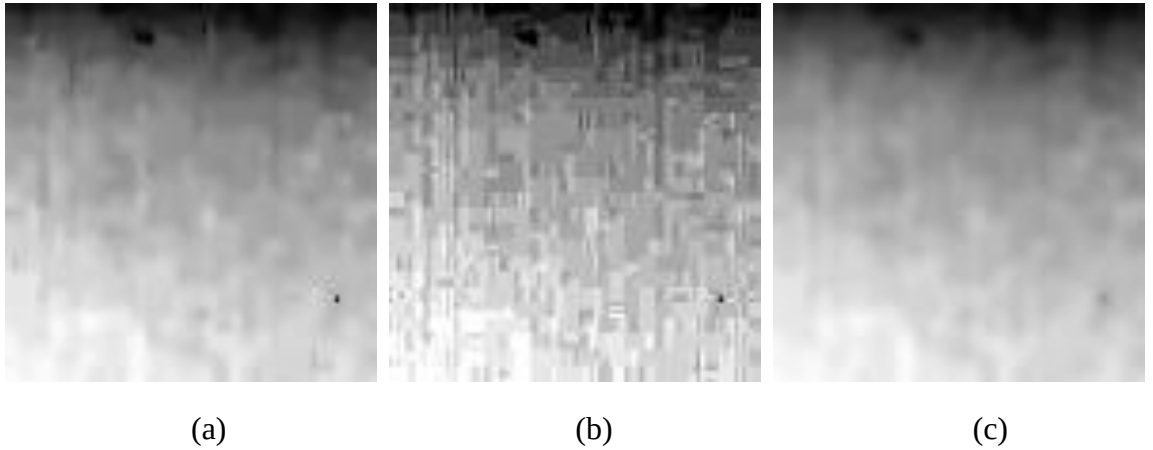
Şekil 4.2 PM-1 yayını (a) gri seviye görüntüsü(Tsai ve Chao, 2007), (b) kontrast germe işlemi sonucu oluşan görüntü, (c) Eşitlik 3.22 deki yayılım fonksiyonu uygulanmış görüntü

Şekil 4.2 (a)' da, Şekil 4.1 (a)' da kullanılan gri seviye görüntü bulunmaktadır. Şekil 4.2 (b) kontrast germe işlemi görüntüsü, (c) Eşitlik 3.22 deki P-M' in 1. fonksiyonunun uygulanması sonucu oluşan görüntü bulunmaktadır. $Kappa$ yayılım katsayısı tüm iterasyonlar boyunca sabit ve 30, iterasyon sayısı 30 ve ($lambda$) λ değeri 0.25 alınmıştır.

İki fonksiyon sonucu arasındaki fark Şekil 4.1 (c) ve Şekil 4.2 (c) görünmektedir. Kontrast germe işlemi ile birlikte uygulandıklarında, yayılım sonucunda hataların, gürültü ayırt edilmesi daha da zorlaşmaktadır.

4.2 Charbonnier Anizotropik Yayılım Yaklaşımı

Bu yaklaşım P-M 1' in paydasına kök alma işlemi uygulanmış halidir. Yaklaşım Eşitlik 3.24' te gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Çeşitli yayılım fonksiyonu sonuçları (a) Eşitlik (3.22), (b) Eşitlik 3.23 ve (c) Eşitlik (3.24)' teki yayılım fonksiyonlarının uygulama sonuçları

Şekil 4.3'te kontrast germe işleminden sonra, (a)'da Eşitlik 3.22, (b)'de Eşitlik 3.23, (c)'de Eşitlik 3.25' teki fonksiyonları uygulanan yayılım fonksiyonları görünmektedir. Görüldüğü üzere Charbonnier fonksiyonu (c) fazla yumuşatma işlemi yapmakta, hataları ortadan kaldırmaktadır. P-M ve Charbonnier yayılım fonksiyonları kontrast germe işleminden sonra iyi sonuç vermemektedir. Çalışılan orijinal görüntüler Tsai ve Chao (2007) den alınmıştır.

Sonuçlar kontrast germe işleminin, hataların yanı sıra istenmeyen gürültüleri de güçlendirdiğini göstermektedir. İşlem süreleri sırasıyla 0.15 ve 1 saniye arasında değişmektedir. Anlaşılmaktadır ki, $kappa$, sigma eşikleme katsayısı ve iterasyon sayısı ayarlanması görüntüden görüntüye değişecektir.

3 – sigma kontrol limit eşikleme global bir eşikleme olarak kullanılmamalıdır. Çünkü görüntünün herhangi bir yerindeki hata ile aynı piksel değeri için, hata uyarısı vermektedir.

4.3 Chao – Tsai (2007) Yaklaşımı

Tsai ve Chao (2007), Perona ve Malik (1990)' in Anizotropik yayılım algoritmasının, düşük kontrast seviyesinde, açıkça belli olmayan, tespiti zor yüzey hatalarının tespitinde yetersiz olduğunu ortaya koymuşlardır. Tespiti zor hataları kuvvetlendirmek yerine, yumuşatma işlemi sırasında bir keskinleştirme işlemi sunmuşlardır. Bölgeler içi yumuşatma işlemi yaparken aynı zamanda, bölgeler arası keskinleştirme işlemi yapmaktadır. Sunulan model Eşitlik 4.1' de verilmiştir.

$$I_{t+1}(x, y) = I_t(x, y) + \lambda \sum_{i=1}^4 [c_t^i(x, y) \cdot \nabla I_t^i(x, y)] - \lambda \sum_{i=1}^4 [\nu(\nabla I_t^i(x, y)) \cdot \nabla I_t^i(x, y)] \quad (4.1)$$

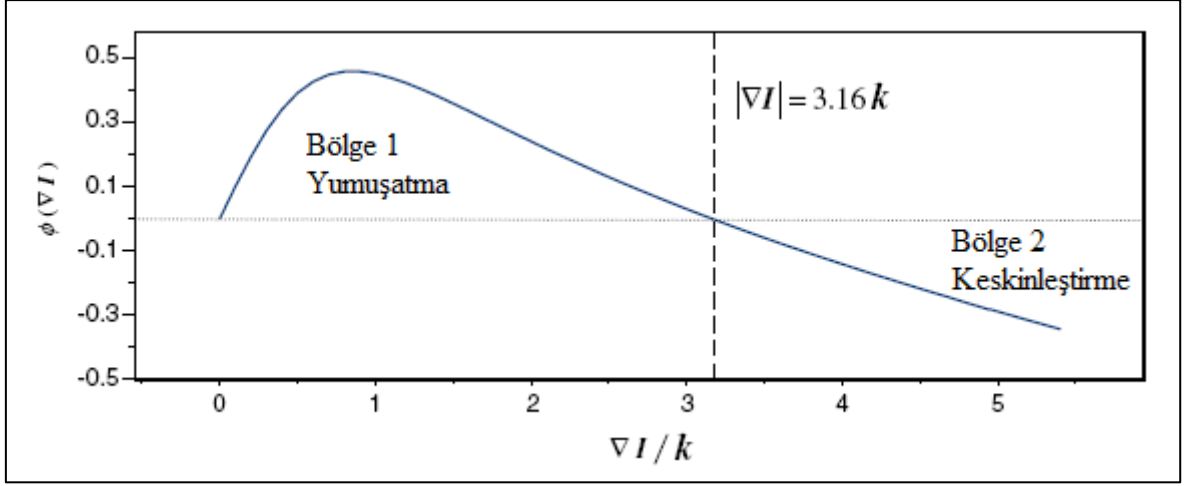
$g(\nabla I)$ yayılım fonksiyonu olarak, Perona ve Malik' in eşitlik (3.22) de verilen eşitliği alınmıştır.

$$I_{t+1}(x, y) = I_t(x, y) + \lambda \sum_{i=1}^4 [g(\nabla I_t^i) - \nu(\nabla I_t^i)] \nabla I_t^i \quad (4.2)$$

P-M yayılım yaklaşım fonksiyonuna ek olarak keskinleştirme işlemi yapan bir fonksiyon eklenmiştir.

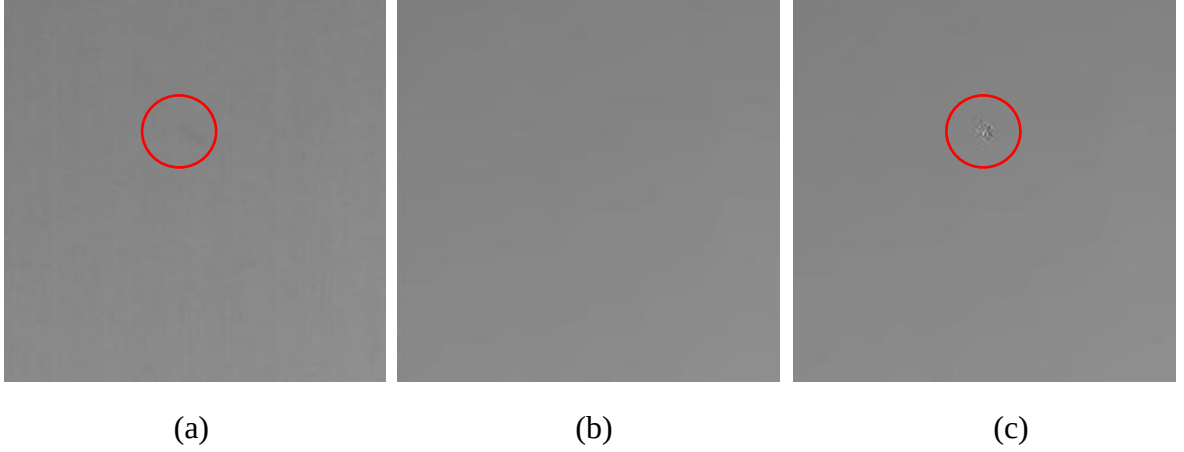
$$\nu(\nabla I) = \alpha \cdot [1 - g(\nabla I)] \quad (4.3)$$

Burada α , keskinleştirme katsayı fonksiyonudur ve $0 \leq \alpha \leq 1$ aralığındadır. $\nu(\nabla I)$ monoton olarak artan bir fonksiyondur. $\nu(0) = 0$ ve $\lim_{\nabla I \rightarrow \infty} \nu(\nabla I) = 1$ dir. α değeri çeşitli uygulama yüzeylerine göre farklılık arz etmektedir (Tsai ve Chao, 2007). Belirgin olmayan hataların ortaya çıkarılmasında α değeri büyük seçilirken, birbirini tekrar eden görüntülerin bulunduğu, doku görüntülerinde küçük seçilir.



Şekil 4.4 Chao-Tsai akış fonksiyon grafiği (Tsai ve Chao, 2007)

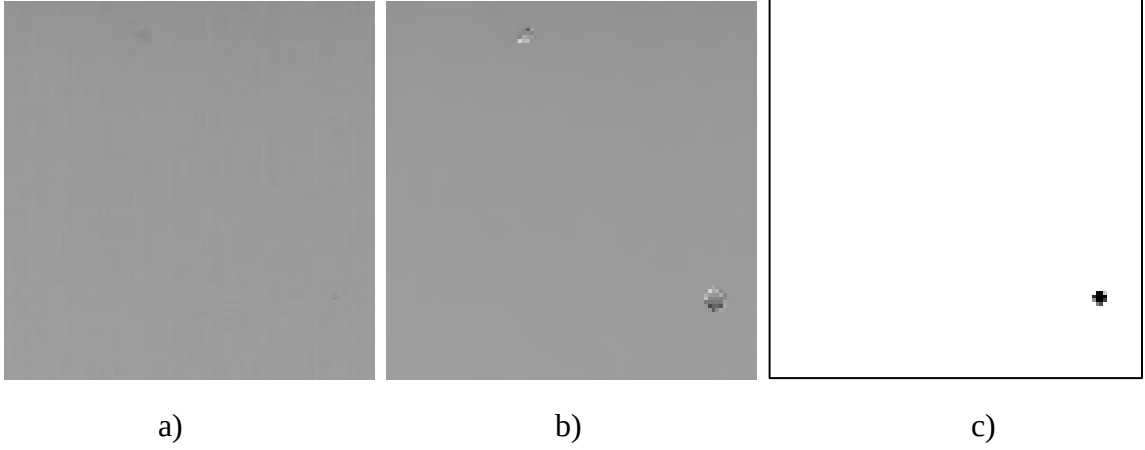
Şekil 4.4 te $\phi(\nabla I) = g(\nabla I) - v(\nabla I)$ dir. Bu, Tsai ve Chao (2007) tarafından sunulan yaklaşımın akış grafiğidir. Chao-Tsai (2007) yaklaşımında, klasik P-M modelinin kenar bilgilerini yalnızca koruduğundan, bu kısımlarda yayını durdurduğundan ve kenar bilgilerini güçlendirmede bahsedilmektedir. Kendi yaklaşımlarında ise, yayını işleminin düşük farka sahip bölgeler için yumuşatma-düzleştirme (smoothing), yüksek farka sahip bölgeler için keskinleştirme işlemi yapmaktadır.



Şekil 4.5 Yayını ve keskinleştirme işlemi (a) Orijinal görüntü (Tsai ve Chao, 2007), (b) P-M yayını yaklaşımı sonucu görüntü, (c) Chao-Tsai yayını yaklaşımı sonucu görüntü

Şekil 4.5 (a)'da orijinal belirgin olmayan hatalı yüzey görüntüsü, (b)' de P-M yayını yaklaşımı sonucu görünmektedir. Şekil 4.5 (c)' de hatanın belirgin hale geldiği Chao-Tsai yaklaşım sonucu verilmiştir.

Burada orijinal görüntü belirgin olmayan hata, P-M yaklaşımı sonucu yok olmaktadır. Şekil 4.5 (c)'de eşikleme öncesi hata belirgin hale getirilmiştir.



Şekil 4.6 Chao-Tsai yayılım yaklaşımı (a) Orijinal görüntü (Tsai ve Chao, 2007), (b) yayılım fonksiyonu sonucu, (c) eşikleme işlemi sonucu

Şekil 4.6’ da Şekil 4.3 te de kullanılan hatalı görüntü kullanılmıştır. Görüntüye bir keskinleştirme işlemi uygulanmıştır. (a) gri seviye görüntüsü (Tsai- Chao, 2007), (b) yayılım sonucu görünmektedir. (c) ise 3 sigma kontrol limit eşikleme sonucu görünmektedir. *Kappa* sabit 2, iterasyon sayısı 30 ve keskinleştirme katsayısı $\alpha = 0.27$ alınmıştır. Yayılım sonucu iyi fakat, eşikleme neticesi iyi olmamaktadır. Değişik *kappa* ve *alfa* değerleri ile eşikleme istenen hale getirilebilmektedir.

Şekil 4.6’daki işlem adımları şu şekildedir. İlk olarak renkli görüntü gri seviye görüntüye çevrilir. Daha sonra kontrast germe işlemi uygulanır. Kontrast germe işlemi ile birlikte görüntüde belirgin olmayan hatalar belirginleştirilirler. Daha sonra Eşitlik 4.2 uygulanır.

Bu yöntemin dezavantajları şu şekilde sıralanabilir. Kontrast germe işlemi neticesinde, yumuşatılması gereken alan artmaktadır. Ayrıca *kappa* değerinin iterasyonlar içinde yeniden belirlenme ihtiyacı vardır. Çünkü görüntü sürekli bulanıklaşmakta ve yayılım hızı kontrol edilememektedir. Bölüm 4.4 te bu duruma çözüm olarak sunulan birkaç yaklaşım gösterilmiştir.

4.4 Uyarlanabilir Kenar Güçlendirme Katsayısı Yaklaşımları

4.4.1 FAB Yayılım Yaklaşımı

Kappa(K) değerleri yayılım fonksiyonun karakteristiğini belirler, *K* değerinin sabit olması önceden belirlenen iterasyon sayısı boyunca yayılımın aynı oranda gerçekleşeceği anlamına gelmektedir. *K* değerini otomatik olarak ayarlamak için birçok algoritmalar geliştirilmiştir. Bunlardan biri FAB (Forward and Backward) Anizotropik yayılımın geliştirilmiş halidir ve

soğuma parametresi ile birlikte Smolka ve Plataniotis (2002) tarafından ortaya konmuştur. FAB yayılım yaklaşımı, Gilboa vd. (2002) tarafından sunulmuştur.

İleri ve geri (FAB) yönlü yayılım fonksiyonu,

$$DFAB(\nabla I) = 2 \exp^{-\left(\frac{\nabla I}{k_1(t)}\right)^2} - \exp^{-\left(\frac{\nabla I}{k_2(t)}\right)^2}, |D| \leq 1 \quad (4.4)$$

Eşitlik 4.4' teki gösterilmiştir (İlea ve Whelan, 2007). 2 adet *kappa* değeri bulunmaktadır. Bunlarda birincisi k_1 ileri yöndeki yayılımı, k_2 ise geri yöndeki yayılımı belirler. Genel olarak, $k_2 > k_1$ olarak seçilir. k_1 ve k_2 kullanıcı tarafından belirlenir. İki parametreye bağlı olarak ortaya çıkan kararlılık ile ilgili sorunları çözmek için Smolka ve Plataniotis (2002) tarafından Eşitlik 4.5 sunulmuştur.

$$k_i(t+1) = k_i(t) * \gamma \text{ ve } k_i(t+1) < k_i(t) \quad (4.5)$$

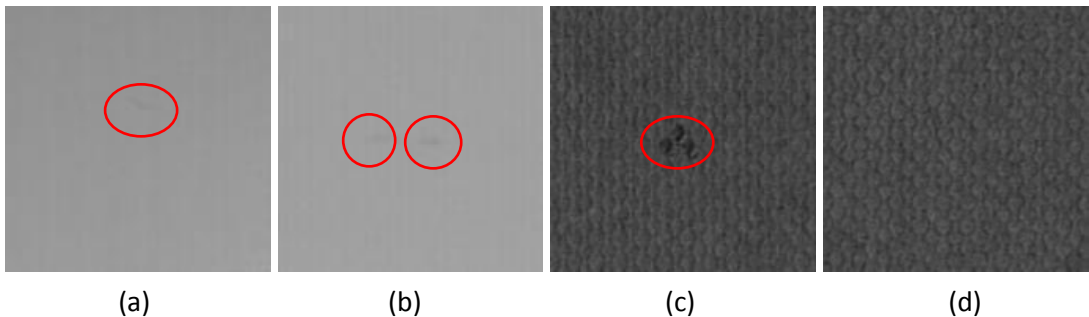
$0 \leq \gamma \leq 1$ arasında alınmıştır. γ soğuma katsayısı olarak adlandırılır ve k_i değerlerinin iteratif olarak değişmesini ve yumuşatma oranının azaltılmasını sağlar.

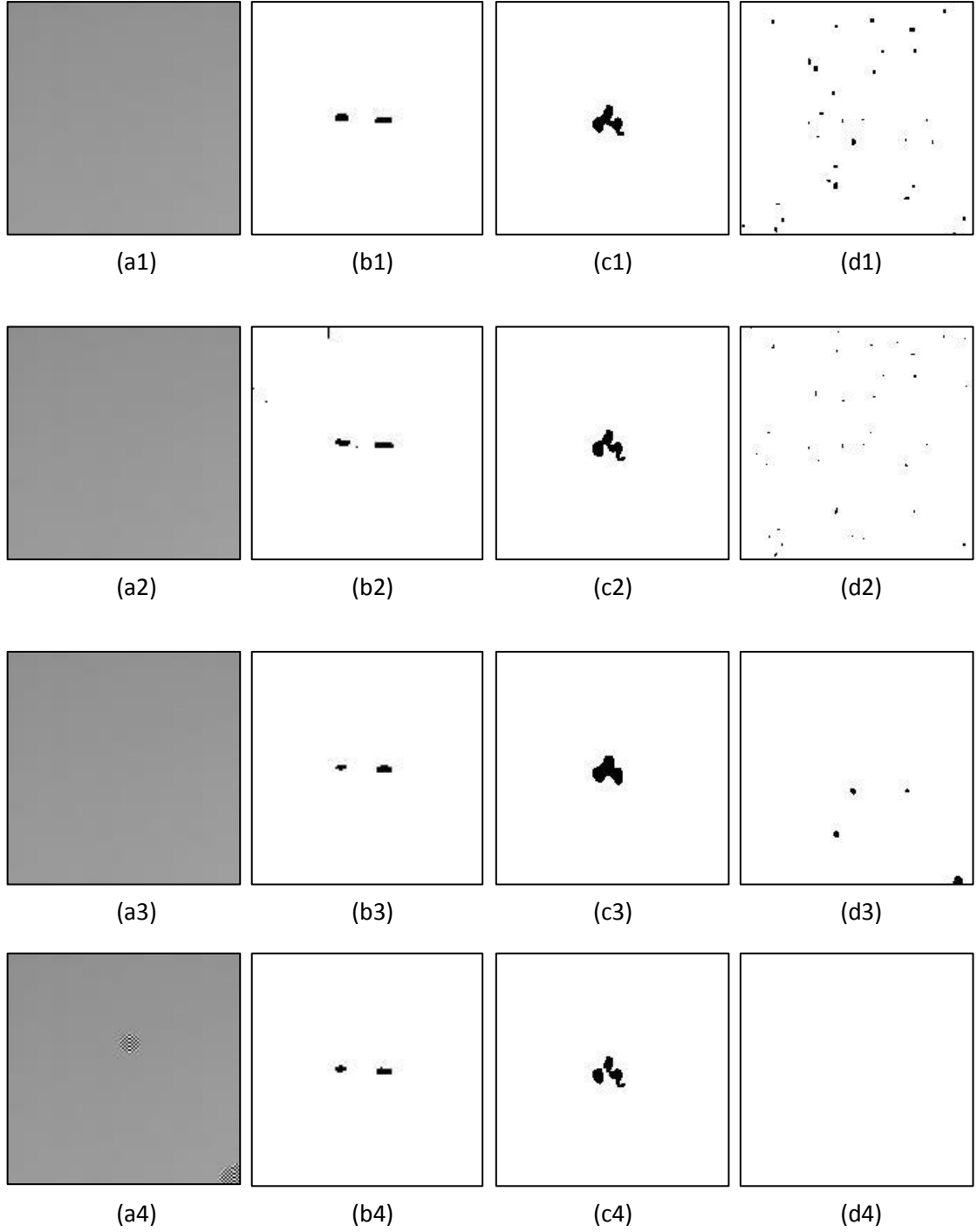
Burada γ (gamma) eğer 1 olursa soğuma olmaz, yayılım parametreleri iterasyon boyunca aynı değerleri alır. Soğuma süreci k değerlerinin değişmesi olarak adlandırılır. (Smolka ve Plataniotis 2002) . Bu süreçte küçük olan *kappa* parametresi artar, diğeri azalır. Böylece yayılım nerede sona ermesi gerektiğini önceden bildirmek gereken kompleks kurallara ihtiyaç ortadan kalkmış olur. Ayrıca iterasyon sayısı önemini yitirir. Eşitlik 4.6' da FAB algoritmasının İlea ve Whelan (2007) tarafından geliştirilmiş hali verilmiştir.

$$\nabla I = \nabla I \left(1 + 2 * \text{sign}(\nabla I) \exp^{-\left(\frac{\nabla I}{k_1(t)}\right)^2} \right) \quad (4.6)$$

Burada İlea ve Whelan (2007) gradyenti arttırıcı (gradyent boosted) bir yöntem önermişlerdir. m gradyent değerin ortanca değeridir. Signum fonksiyonu 0 değerleri için 0, negatif değerler için -1, pozitif değerler için +1 değeri üretir.

Bu çalışmada FAB yaklaşımındaki k_1 ve k_2 değerleri ters olarak seçilmiştir. parametrelerin ters seçilmesinin daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.





Şekil 4.7 PM-1, PM-2, Charbonnier, FAB yayılım yaklaşımı sonuçları (a),(b),(c) hatalı görüntüler, (d) yüzey hatası olmayan görüntü (a1)-(a4),(b1)-(b4),(c1)-(c4) arası sırasıyla PM-1, PM-2, Charbonnier, FAB yayılım yaklaşımı sonuçları

Şekil 4.7'deki orijinal (a, b, c, d) görüntüler Tsai ve Chao (2007)' den alınmıştır. Görüntülerde herhangi bir ön yumuşatma işlemi kullanılmamıştır. Fonksiyonlar arasındaki farkları gösterebilmek için eşikleme değeri olarak 3-sigma eşikleme standart olarak kullanılmıştır.

Şekil 4.7' (a) İterasyon sayısı 50, $kappa=10$, $kappa2=15$ ve iterasyon boyunca sabit, yayılım hızı 0.1, alfa 0.1 alınmıştır. Yayılım denklemi olarak P-M denklemi kullanılmıştır. (a1)-(a3) arasındaki görüntülerde değişik kombinasyonlar denenmiştir. Ancak (a4)' teki dışında herhangi bir çıkış ortaya çıkmamıştır.

Şekil 4.17 (b); (b1)-(b4) arasındaki görüntülerde iterasyon sayısı 30, $kappa=1$, $kappa2=3$ ve iterasyon boyunca sabit, yayılım hızı 0.1, $alfa$ 0.1 alınmıştır. Yayılım denklemi olarak P-M denklemi kullanılmıştır.

Şekil 4.17 (d); (d4) için iterasyon sayısı 30, $kappa=2$, $kappa2=30$; yayılım hızı=0.25 alınmıştır. Yayılım denklemi olarak P-M denklemi kullanılmıştır. Görüntüde eşikleme sonucunda hata bulunmayacak değerler seçilmiştir. (d1)-(d3) arasındaki görüntüler hata tespit etmişlerdir. Buradan yayılım fonksiyonlarının yüzey hatalarını doğru tespiti için farklı kombinasyonlar gerektiği ortaya konmuştur.

Şekil 4.17 (c)'deki görüntüler için en iyi sonucu veren değer kombinasyonlar seçilmeye çalışılmıştır.

Şekil 4.17 (c1)'de (c)' ye PM-1. fonksiyonu uygulanmış ve iterasyon sayısı 30, yayılım hızı 0.25, $kappa=4$ seçilmiştir. Çıkan sonuç Şekil 4.17 (c1)' de gösterilmiştir.

Burada anlatılmak istenen, alınan görüntüye ve yayılım fonksiyonun özelliğine göre farklı başlangıç katsayılarının belirlenmesi gerektiğidir. Bu da her görüntü için ayrı ayrı ve uzun ön çalışmaların yapılması gerektiğini göstermektedir.

PM-2. fonksiyonu için en iyi sonuç $kappa=8$ değerinde bulunmuştur. İterasyon sayısı 30, yayılım hızı 0.25 alınmıştır. Çıkan sonuç Şekil 4.17 (c2)' de verilmiştir.

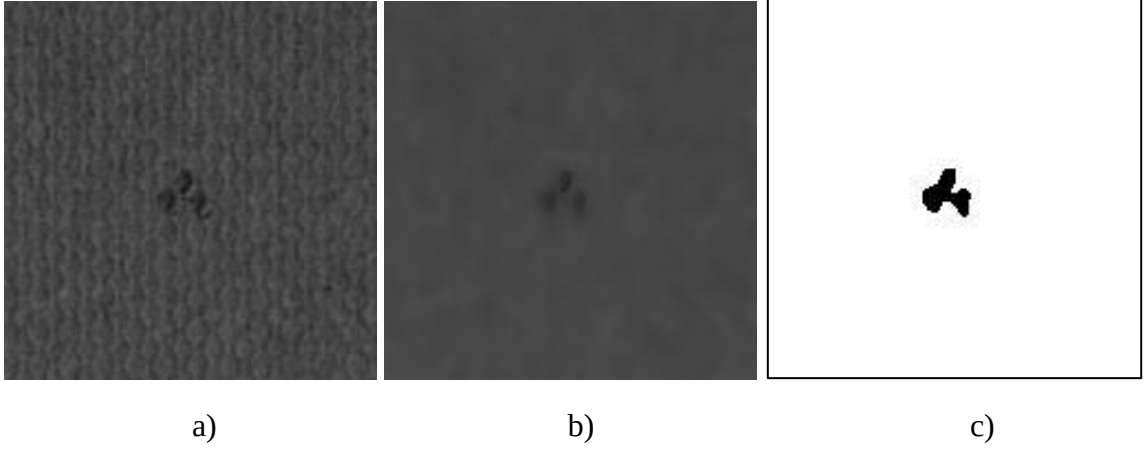
Charbonnier fonksiyonu için $kappa=2$ alınmış diğer değerler aynı kalmıştır.

FAB yayılım fonksiyonu için $kappa=3$, $kappa2=14$ seçilmiş diğer değerler aynı kalmıştır.

Şekildeki görüntülerden en iyi sonuç veren yayılım fonksiyonun FAB olduğu görülmektedir. Ancak başlangıç $kappa$ değerlerinin kullanıcı tarafından girilmesi zaman kaybına neden olmakta ve birçok kombinasyon yapılmak zorunda kalınmaktadır.

4.4.2 Sabit ve Değişken ($kappa$) Katsayılı Yaklaşım

Şekil 4.8 ve 4.9'daki görüntüler Tsai ve Chao (2007)'den alınmıştır. $Kappa$ değerleri iterasyon içinde Eşitlik 4.7 ve 4.8 deki gibi değişmektedir.



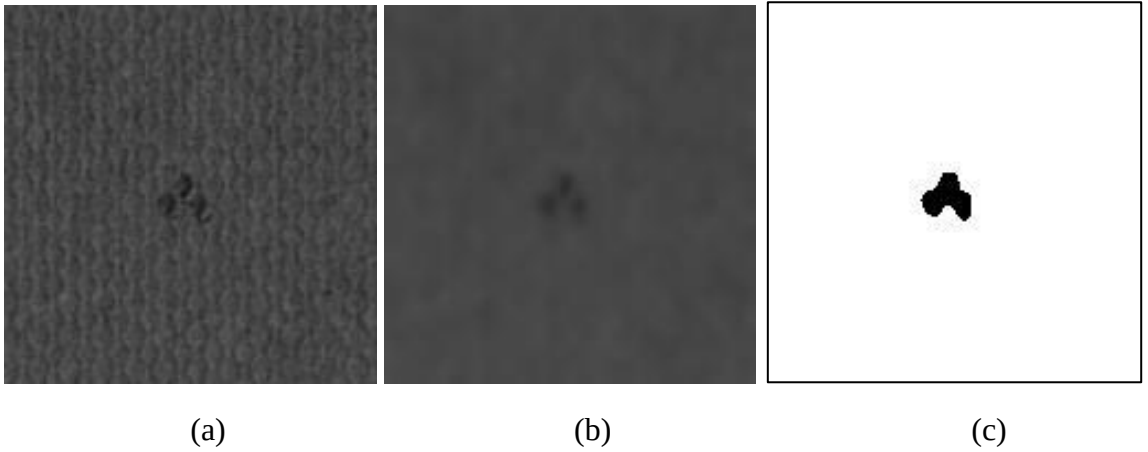
Şekil 4.8 Değişken (κ) katsayılı yaklaşım (a) orijinal görüntü (Tsai ve Chao, 2007), (b) değişken katsayılı FAB yayınımlı yaklaşımı sonucu, (c) 3- sigma eşikleme sonucu

Şekil 4.8’de FAB yayınımlı sonucu değişken κ değerleri ile elde edilmiştir. Değişken değerler Eşitlik 4.7 ve 4.8 deki gibi hesaplanmıştır. Başlangıç iterasyon sayısı 30, yayınımlı hızı 0.17, $\alpha = 0.012$, $\kappa = 3$ ve $\kappa_2 = 24$ alınmıştır. İterasyon sonucunda $\kappa(K)$ değeri artarken $\kappa_2(K_2)$ azalmıştır.

$$K(t + 1) = K(t) * (1 + (K * \alpha)/10) \quad (4.7)$$

$$K_2(t + 1) = K_2(t) * (1 - (K_2(t + 1) * \alpha)/10) \quad (4.8)$$

$K(\kappa)$ yumuşatmayı belirleyen kenar güçlendirme eşiğini göstermektedir. α (alfa) Tsai ve Chao’nun(2007) keskinleştirme fonksiyonunda (Eşitlik 4.3) kullandığı değerdir.



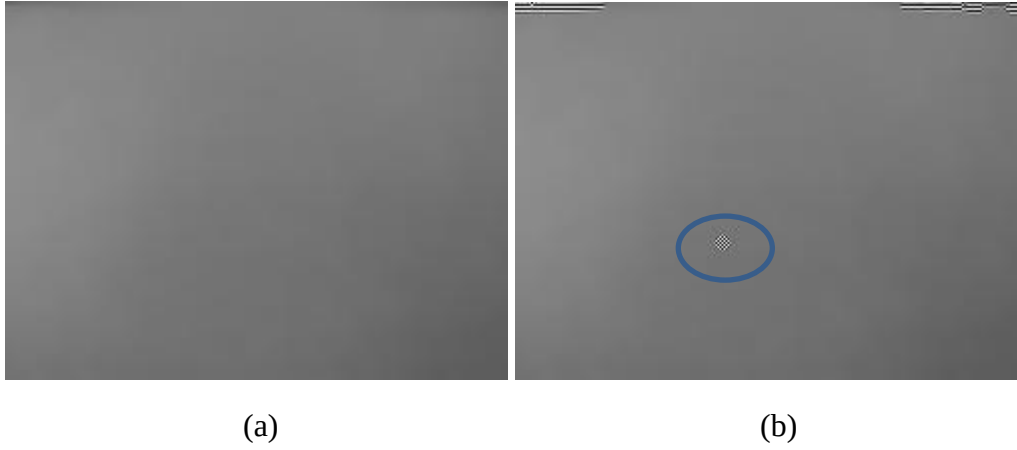
Şekil 4.9 Değişken katsayılı Charbonnier yaklaşımı (a) orijinal görüntü (Tsai ve Chao, 2007), (b) değişken katsayılı Charbonnier yaklaşımı sonucu, (c) 3- sigma eşikleme sonucu

Şekil 4.9’ da $\lambda = 0.19$; $\kappa = 3$; $\alpha = 0.012$ ve iterasyon sayısı 30 olan ve iterasyona bağlı olarak değişen K değerlerine göre yayınımlı sonucu bulunmuştur. Ancak K ’nın ilk değerleri kullanıcı tarafından girilmiştir. Ayrıca, verilen başlangıç κ değerlerine göre ulaşılan değerler sürekli aynı kalmaktadır.



Şekil 4.10 Parke üzerinde PM-2 fonksiyonu sonucu (a) renkli görüntü, (b) PM-2 fonksiyonu sonucu

Parlaklık seviyesi farklı görüntüde, Şekil 4.10 (a)'daki parke üzerinde bir adet tornavida izi bulunmaktadır. (b)'de PM-2 yayılım fonksiyonu uygulanmış görüntü sonucu görülmektedir. Ayrıca, Chao-Tsai' nin keskinleştirme işlemi uygulanmıştır.



Şekil 4.11 PM-1 ve FAB yayılım sonuçları (a) PM-1 yayılımı (b) sabit katsayılı FAB yayılım sonucu

Şekil 4.11 (a)'te görülen parke yüzeyi hatası görüntüsü için sabit değerler kullanılmıştır. $Kappa=8$; $kappa2=29$; $lambda=0.2$; iterasyon sayısı=30 ve $alfa=0.1$ alınmıştır. Görüntü 640*480 lik bir çözünürlükte çekilmiş, Picture Manager programı ile küçültülmüştür. Ayrıca, Chao-Tsai' nin keskinleştirme işlemi uygulanmıştır.

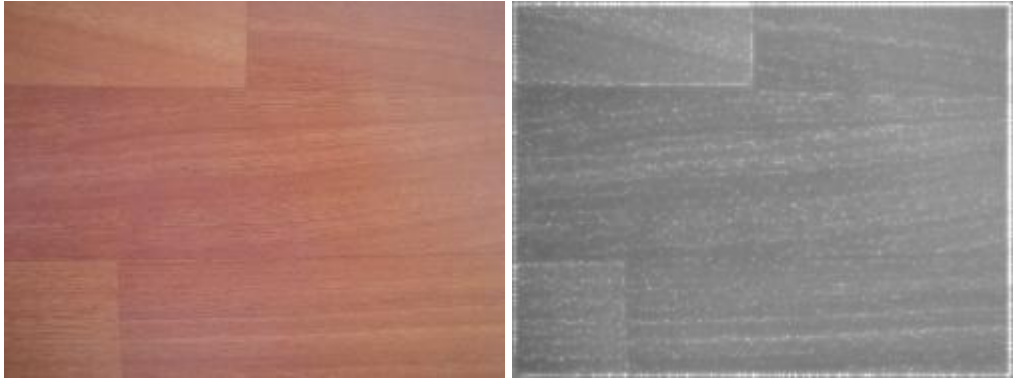


(a)

(b)

Şekil 4.12 AGY uygulanmış parke görüntüsü (a) orijinal renkli görüntü, (b) AGY işlemi sonucu, kararlılık katsayısı 0.01, türev adım aralıkları 1' dir.

Şekil 4.12'de parke görüntüsü üzerinde AGY uygulanmıştır. Parkenin yüzeyi üzerinde çeşitli farklı desenler bulunmaktadır. AGY' ile yüzey hatalarının tam olarak belirginleştirilemediği ve yumuşatma işleminin tam olarak yapılamadığı görülmüştür.



(a)

(b)

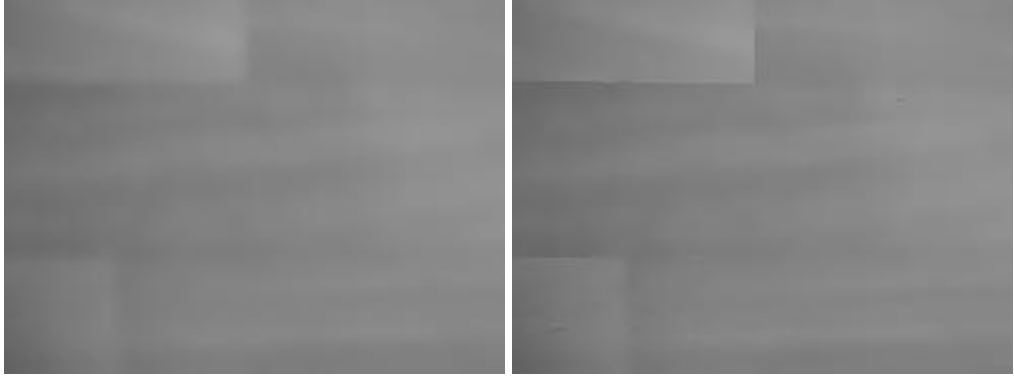
Şekil 4.13 AGY uygulanmış parke görüntüsü 2 (a) orijinal görüntü, (b) AGY işlemi sonucu, kararlılık katsayısı 0.2, türev adım aralıkları 1' dir.

Şekil 4.13'te parke görüntüsü üzerinde AGY uygulanmıştır. Parkenin diğer farklı olan kısımların kenarları belirginleştirilirken yumuşatma işlem tam olarak yapılamamıştır.



(a)

(b)

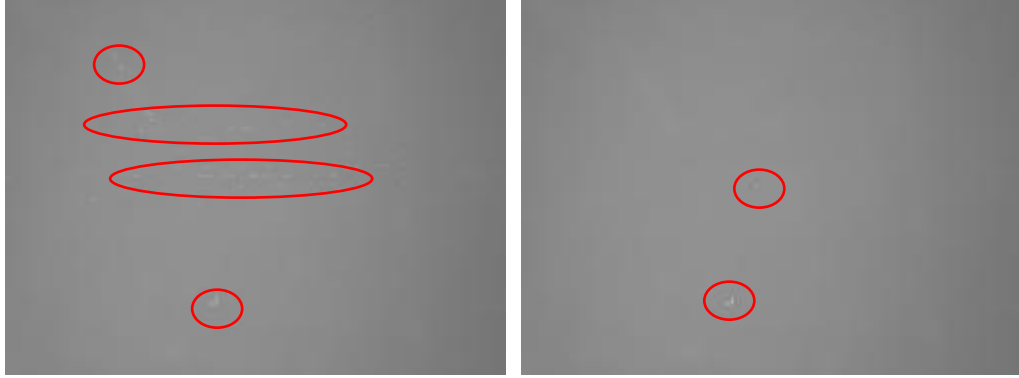


(c)

(d)

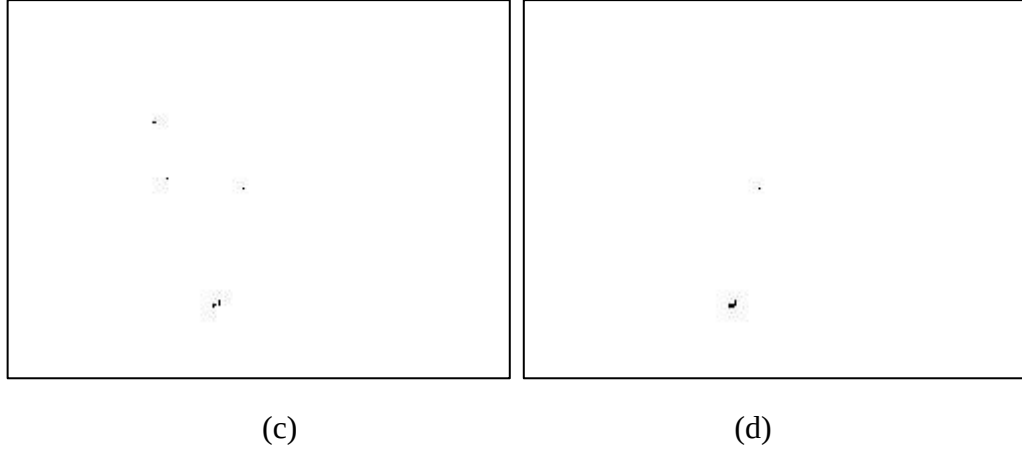
Şekil 4.14 Yayınım yaklaşımları sonuçları (a) PM-1, (b) PM-2, (c) Charbonnier, (d) FAB yayınım yaklaşımı sonucu

Şekil 4.14’ da Şekil 4.13 (a)’da kullanılan parke yüzey görüntüsü kullanılmıştır. Şekil 4.14 (a) PM-1, (b) PM-2, (c) Charbonnier, (d) FAB yaklaşımı sonucunu vermektedir. Burada parkenin farklı olan kısımlarının kenarlarının belirlenmesi diğer kısımların yumuşatılması amaçlanmıştır. En iyi sonucu sabit katsayılı FAB yaklaşımı vermiştir. Başlangıç değerleri olarak, iterasyon sayısı 30, yayınım hızı 0.25, $kappa=3$, $kappa2=12$ alınmıştır. Aynı başlangıç değerleri ve $alfa=0.01$ için Chao-Tsai keskinleştirme yaklaşımı ile birlikte PM-2 ve FAB yaklaşımları denenmiştir ve sonuçları 4.15’te gösterilmiştir. PM-1 ve Charbonnier yayınımlarında hatalı bölgenin kaybolduğu görülmüştür.



(a)

(b)



Şekil 4.15 Sabit katsayılı PM-2 ve FAB yaklaşımı sonucu (a) PM-2 yaklaşımı sonucu, (b) FAB yaklaşımı sonucu, (c) ve (d) eşikleme sonuçları

Şekil 4.15’ te iterasyon sayısı 30, yayılım hızı 0.25, $kappa=3$, $kappa2=12$, $alfa=0.01$ alınmıştır. Şekil 4.11’ in aksine $kappa$ değerleri iterasyon boyunca değişmektedir. PM-2 için seçilen $kappa$ değerleri için yayılım sonucu farklar görülmektedir. Buna göre farklı yayılım hızı ve $kappa$ kombinasyonlarına göre yüzey hatalarının tespit edilebilirliği artıp azalmaktadır. Şekil 4.15’ de düşük $kappa$ değeri seçilmiş ve iterasyon boyunca aynı kalmıştır. Şekil 4.11 ve 4.13’ de yüksek seçilen ve değişen $kappa$ değerleri, görüntüdeki yüzey hatalarının kaybolmasına yol açmıştır. Bu yüzey için sabit değerlerin daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

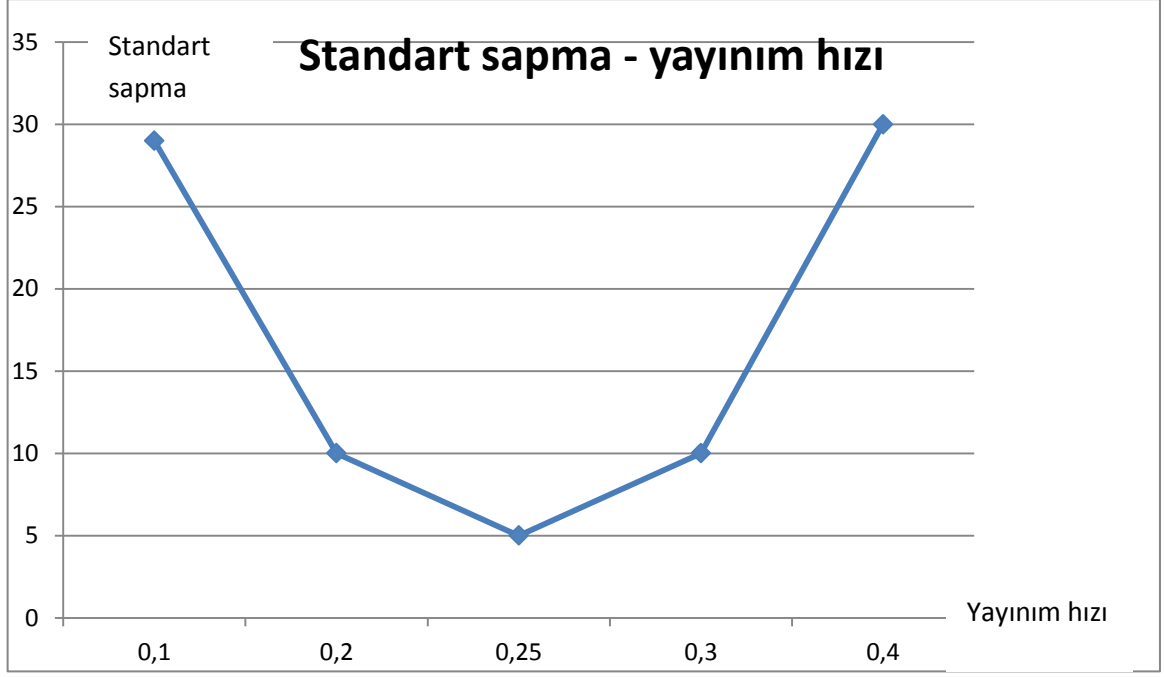
Yayılım katsayı fonksiyonlarının ($kappa$) ve keskinleştirme katsayısının ($alfa$) otomatik olarak seçilebilmesi için istatistiksel kavramlardan yararlanılmıştır.

4.4.3 Uyarlanabilir Sabit ve Değişken ($kappa$) Katsayılı Yaklaşım

Bu yaklaşımda, iterasyon sayısı ve yayılım hızı dışındaki parametrelerin ($kappa$, $kappa2$, $alfa$) alınan yüzey görüntüsünün istatistiksel özelliklerinden yararlanılarak hesaplanması amaçlanmıştır.

$Kappa$, $alfa$ gibi değerler yüzey görüntüsünün özelliklerine göre değişmektedir. Uygun ayarlanmamış değerler ile istenilen sonuçlar elde edilememektedir. Bunların kullanıcı tarafından belirlenmesi çok uzun zaman almaktadır. Ayrıca, uyarlanabilir olmayan değerler sadece belirlenen bir yüzeyde çalışmaktadır.

Bu sebeplerle varyans, standart sapma ve aritmetik ortalama gibi istatistiksel kavramlardan yararlanılmıştır.



Şekil 4.16 Standart sapma-Yayılım hızı grafiği

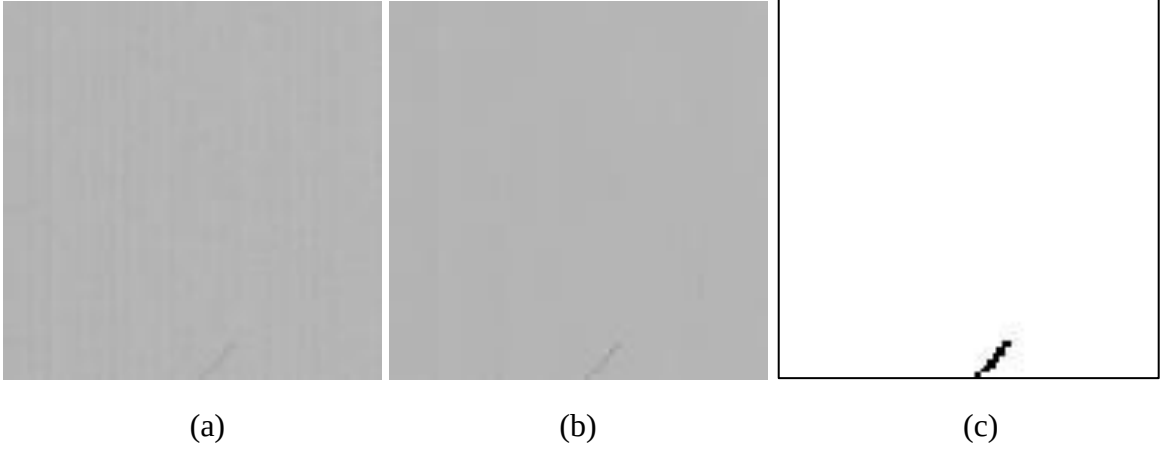
Şekil 4.16’ daki standart sapma değerleri örnek gösterim için verilmiştir. Yayılım hızı (λ), değişimine göre standart sapma değişmektedir. 0.25 eşik değerinin altında ve üstünde sapma değerleri artmaktadır.

İterasyon sayısı, yayılım hızı sabit kalmak koşuluyla, PM-1, PM-2 ve Charbonnier fonksiyonlarındaki κ (K) değeri arttıkça standart sapma (σ) değeri düşmektedir. Yayılım hızının standart sapmayla ilişkisi göz önüne alındığında uygun hız değerinin seçilmesi, yayılım açısından önemlidir.

Yayılım hızı ve κ değeri sabit kalmak koşuluyla, iterasyon sayısı arttıkça standart sapma değeri düşmektedir.

Standart sapma değerinin düşmesi, görüntüde bir yumuşama olduğunu ve görüntünün hatalı olmayan kısımlarındaki piksel değerlerinin birbirine yaklaştığını göstermektedir.

Standart sapma değerinin çok yüksek olması görüntünün üzerindeki pikseller arasında önemli farklar olduğunu, görüntünün siyah ve beyaz (0-255) değerleri arasında çok sayıda pikselinin olduğunu gösterir. Bu tip görüntülerde yumuşatma katsayısı yüksek seçilmelidir. Ayrıca, iterasyon sayısı da, daha önce öngörülmüş bir şart sağlanana kadar devam etmelidir.



Şekil 4.17 Uyarlamalı değişken katsayılı yaklaşım (a) Tsai ve Chao(2007)' den alınan hatalı yüzey görüntüsü, (b) PM-1 yayılımı sonucu, (c) eşikleme sonucu

Şekil 4.17' daki yayılım katsayıları $kappa$ ve $alfa$ ' nın başlangıç değerleri Eşitlik 4.9' daki belirtilen şekilde hesaplanmıştır. İterasyon sayısı sabit 30, yayılım hızı sabit 0.25 alınmıştır.

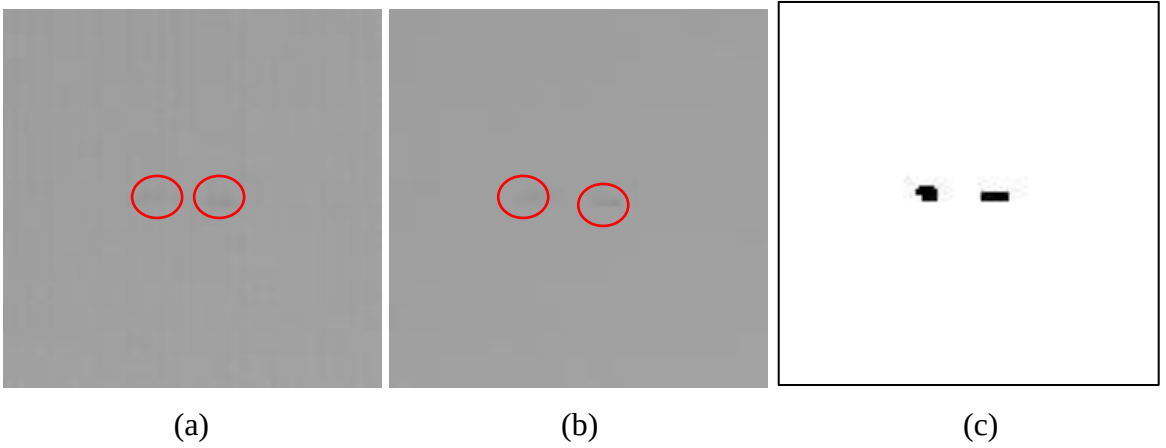
$$Kappa = Standart sapma / ([0.5 - 3]) \quad (4.9)$$

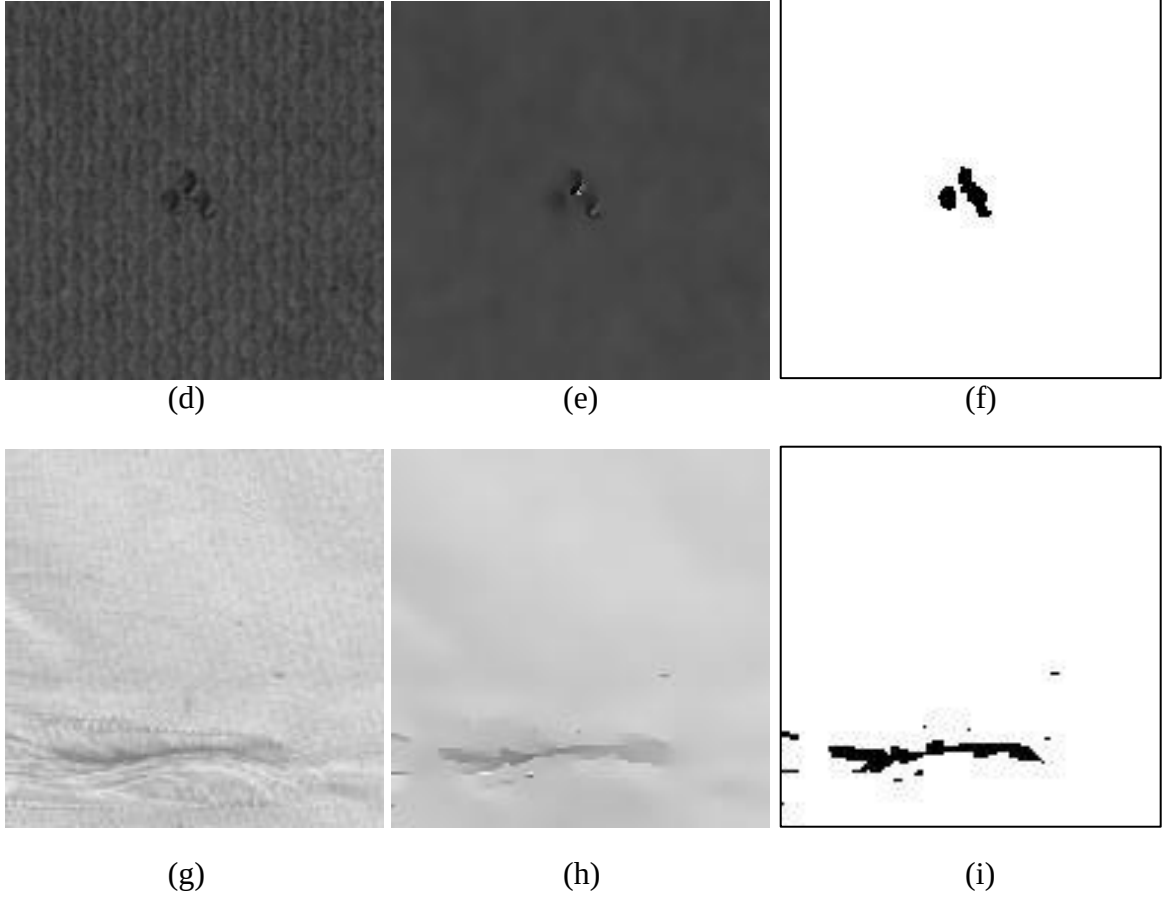
$$alfa = (standart sapma / ortalama) \quad (4.10)$$

İterasyon sırasında $kappa$ değeri Eşitlik 4.11' daki şekilde değişmektedir.

$$Kappa(t + 1) = Kappa(t) \mp (\lambda * alfa * kappa) \quad (4.11)$$

Eşitlik 4.9' da [0.5-3] ile ifade edilen gösterim, değerlerin belirtilen aralıkta kullanıcı tarafından seçildiğini göstermektedir.

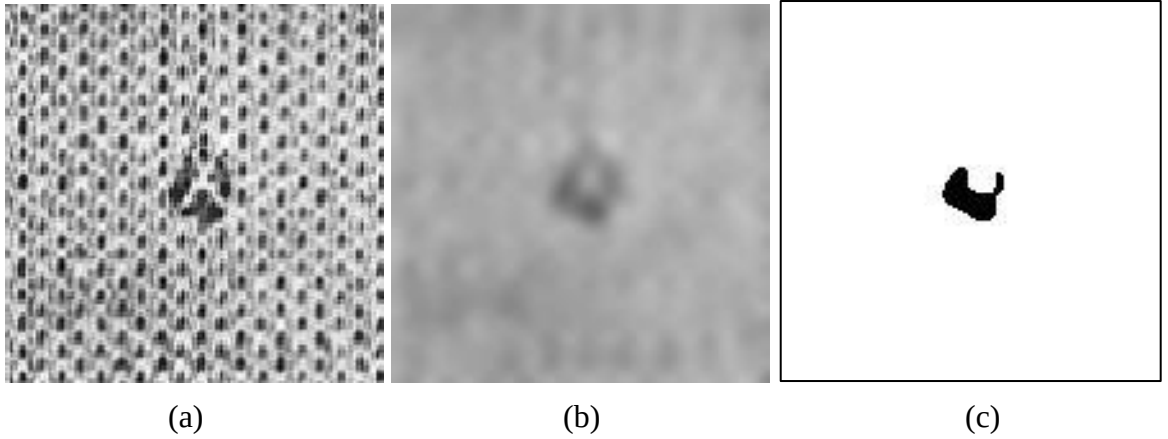




Şekil 4.18 Değişken katsayılı yaklaşım (a)-(d)-(g) orijinal görüntüler(Tsai ve Chao, 2007), (ZHU vd. 2007); (b)-(e)-(h) PM-1 yaklaşımı yayılım sonucu; (c)-(f)-(i) eşikleme sonuçları

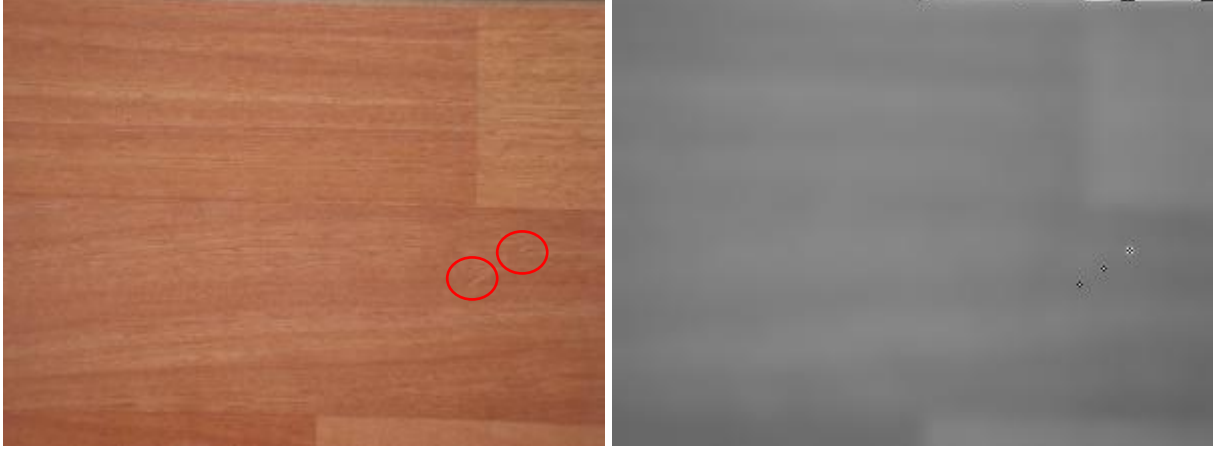
Şekil 4.18 (b)' de $Kappa = Standart\ sapma/1.7$, $alfa = (standart\ sapma/ortalama)$ alınmıştır. (e) ve (h) ' de $Kappa = Standart\ sapma/1.5$, $alfa = (standart\ sapma/ortalama)$ alınmıştır.

Bulunan sonuçların, daha önce bahsedilen sabit katsayılı yaklaşımlara yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Ancak, standart sapma/ 1.5 eşitliğindeki “1.5” değeri kullanıcı tarafından girilmiştir. Bu değer de otomatik olarak ayarlanması uyarlanabilir olmasını sağlayacaktır.



Şekil 4.19 Değişken katsayılı PM-1 yaklaşım sonucu (a) orijinal görüntü (Alimohamadi vd. 2009), (b) PM-1 yaklaşımı yayılım sonucu, (c) eşikleme sonucu

Şekil 4.19’da $kappa = \text{standart sapma} / 0.5$; $alfa = \lambda * (\text{ortalama} / \text{maksimum değer})$; şeklinde hesaplanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 4.20 Parke üzerindeki çizik hatası (a) renkli görüntü, (b) PM-2 yayılım işlem sonucu

Şekil 4.20’ de PM-2 fonksiyonu kullanılmıştır. PM-2 fonksiyonu kenar belirginleştirmesinde Chao-Tsai’ nin Eşitlik 4.2 deki yaklaşımı ile birlikte görünmesi zor olan hataları belirginleştirirken diğer kısımları bulanıklaştırmıştır. Burada iterasyon sayısı 60 alınmıştır. İşlem 2.3 saniye sürmüştür. $Kappa$ değeri, $kappa = \text{standart sapma} / 1.0$; $alfa$ değeri, $alfa = (\text{standart sapma} / \text{ortalama})$ ile bulunmuştur. Yayılım hızı 0.25 alınmıştır.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışma ile Antigeometrik yayılım ve Anizotropik yayılımın çeşitli yaklaşımlarının ile ürün yüzey hatalarının tespitinde karşılaştırılarak, yöntemlerin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Ürün yüzey hatalarının tespitinde, performansı artırmaya yönelik olarak P-M 1 ve 2, Chao ve Tsai, FAB, ters katsayılı FAB, uyarlanabilir sabit ve değişken katsayılı Anizotropik yayılım yaklaşım fonksiyonları incelenmiştir. Fonksiyon parametrelerinin başlangıç değerlerinin kullanıcı tarafından belirlenmesiyle kaybedilen zamanı önlemek ve farklı yüzeyler için herhangi bir ön çalışma yapılmadan yöntemlerin uygulanabilmesini sağlamak amacıyla, parametrelerin otomatik olarak belirlenmesi yoluna gidilmiştir. Yararlanılan kaynaklardaki yüzey görüntüleri üzerinde geliştirilen yöntemler, düzgün aydınlatılmamış parke yüzey görüntülerine uygulanmıştır. Bu çalışmada ulaşılan sonuçlara aşağıda verilmiştir.

Antigeometrik yayılım fonksiyonu, kenar bilgilerini hızlı bir şekilde ortaya çıkarmaktadır. AGY ile görüntünün X ve Y yönlerindeki türevleri alınırken, türevlerin hesaplanması esnasında oluşan değer farklarının mutlak değerinin alınıp alınmamasının yayılım işlemini temelden etkilediği görülmüştür. Mutlak değerli türevler ile yapılan işlemlerde kenar bilgilerinin yanında gürültü bilgilerinin de güçlendiği görülmüştür. Ayrıca, mutlak değerli türevler ile yayılım sonucunda görüntüdeki yüzey hata ve gürültülerin keskinleştiği ve parlaklıklarının arttığı tespit edilmiştir. Bu sebeple yayımdan önce görüntüdeki gürültüleri azaltmak amacıyla, bir ön filtreleme (ortalama, ortanca vb.) yapılması gerekmektedir. Mutlak değerli türevler kullanılmadığında AGY görüntüde yumuşatma, bulanıklaştırma işlemi yapmaktadır.

AGY, kenar pikselleri arasında bir bağlantı oluşturmakta ve görüntü bölütleme için ön işlem görevi görmektedir. Yayımdan sonra, bölge birleştirme ve bölme (merging, splitting) işlemleriyle bölütleme yapılabilir. Bu çalışmada pikseller sınıflandırılmamıştır. Ayrıca bölge birleştirme işlemi uygulanmamış görüntülerde çalışılmıştır.

Türev adım aralığı ve kararlılık koşuluna bağlı olarak, görüntüde keskinleştirme ve yumuşatma seviyesi değişmektedir. Kararlılık koşulunun Manay ve Yezzi (2003) tarafından belirtilen sınırdan büyük seçilmesinin, yayılımı bozduğu ve düzgün çalışmadığı görülmüştür.

X yönündeki türev adım aralığının artırılmasının, yalnızca yatay eksenindeki pikseller üzerinde bir etkisi olmaktadır. Dikey ekseninde bir etkisi olmamıştır. Aynı şekilde Y yönündeki ikinci türevin adım aralığının artırılmasıyla, dikeye eksenindeki bileşenlerin (mutlak değerli türevler ile) belirginleştiği, mutlak değersiz türevler ile yumuşatıldığı görülmüştür.

Anizotropik yayılım algoritmaları görüntüde bir yumuşatma işlemi yapmaktadır. Bazı yöntemler yumuşatma yaparken ise kenar bilgilerini sadece korumaktadır. Görüntüde yumuşatma yapılırken aynı zamanda istenilen bölgelerin belirginleştirilmesi gerekmektedir. Yayılım esnasında kenarların korunmasında ve görüntünün yumuşatılmasında rol oynayan eşikleme değerinin (*kappa*) seçimi çok büyük önem arz etmektedir. *Kappa* başlangıç değerinin farklı uygulamalar için görüntüye uygun olarak kullanıcı tarafından seçilmesi zaman alan bir süreçtir. Yayılım yaklaşımlarında kullanılan yumuşatma ve keskinleştirme parametrelerinin (*alfa* ve *kappa*) alınan görüntünün özelliklerinden yararlanılarak otomatik olarak seçilmesiyle elde edilen sonuçlar başarılı olduğundan, çalışmamız başlangıç parametrelerinin otomatik olarak belirlenmesine yönelik olmuştur.

İterasyon sayısı 30-60 arasında, üzerinde çalışılan görüntünün özelliklerine göre kullanıcı tarafından belirlenmiştir.

Charbonnier fonksiyonun PM-1'in bir modifikasyonu olduğu görülmüştür. Aralarındaki fark Charbonnier fonksiyonunun paydasının, PM-1'in paydasının karekökü olmasıdır. Charbonnier yaklaşımının, hatanın türünün özelliğinin belirlenmesi gerekmeyen, yalnızca hata olup olmadığının tespit edileceği yüzeylerde uygun sonuçlar verdiği görülmüştür. Charbonnier fonksiyonu iterasyonun başlangıç aşamalarında yumuşatma işlemini PM-1, PM-2' ye göre daha hızlı yapmaktadır. Birbirinden farklı piksel değerlerinin bulunduğu dokuma kumaş vb. yüzey görüntülerinde kullanımı daha uygundur. Ancak tespit edilmesi güç olan hataları, yumuşatma oranı yüksek olduğundan, ortadan kaldırmaktadır. Bu tip durumlarda yüzey hatasının kontrast germe vb. işlemlerle belirginleştirdikten sonra Charbonnier yaklaşımının görüntüye uygulanması daha uygun olacaktır. Gürültülerin azaltılması gereken görüntülerde kullanılabilir. Fakat kenar bilgilerini bozmaktadır.

PM' in 2. fonksiyonu Antigeometrik yayılımında olduğu gibi kenar bilgilerinin ortaya çıkarılmasında PM-1, Charbonnier' e göre daha iyi sonuç vermektedir. Ancak, kenar bilgilerinin yanısıra gürültüleri de belirginleştirmektedir. Bunu önlemek için yumuşatma katsayısı artırılması ya da ön filtre (ortalama) uygulanması gerekmektedir. Hatanın belirgin olmadığı düşük kontrastlı yüzeylerde, Chao-Tsai (2007) yaklaşımı ile birlikte kullanıldığında hata tespitinde daha verimli çalışmaktadır. Parke yüzeylerindeki çizikleri belirlemede Charbonnier ve PM-1'e göre daha başarılı olmuştur.

FAB ve ters katsayılı FAB Anizotropik yayılım yaklaşımında iki adet *kappa* değeri bulunmaktadır. İki farklı *kappa* değerinin kullanımıyla ileri ve geri yönde yayılım klasik yöntemlerle yaklaşık aynı hızda çalışmaktadır. FAB yaklaşımının da parametrelerinin

kullanıcı tarafından uygun şekilde belirlenmesi halinde hata tespitinde iyi sonuçların elde edilebildiği görülmüştür. Parametreler kullanıcı tarafından girilirken, düşük kontrastlı yüzey hataları için $kappa$ değerlerinin birbirine yakın ve standart sapma değerlerine yakın seçildiği takdirde hatalar belirginleştirilmektedir. Yumuşatma yapılması gereken görüntülerde ise $kappa$ aralıkları açılmalıdır.

Ters FAB olarak adlandırdığımız yöntem FAB yaklaşımındaki $kappa1$ ve $kappa2$ değerlerinin yer değiştirmesidir. Ters katsayılı FAB yaklaşımı, çalışılan görüntülerde FAB'a oranla daha uygun sonuçlar vermiştir. FAB ve Ters FAB yaklaşımlarının başlangıç parametrelerinin seçimindeki zorluk göz önüne alınarak, uyarlanabilir değişken katsayılı yaklaşımda kullanımı tercih edilmemiştir ve parke yüzey görüntülerinde PM-2 kullanılmıştır.

Uyarlanabilir sabit ve değişken katsayılı yaklaşımlarda, başlangıç değerlerinin belirlenmesinde standart sapma, ortalama gibi istatistiksel yöntemlerden yararlanılmıştır. Değişken katsayılı yaklaşımda yumuşatma katsayılarının($kappa$) iterasyon boyunca hesaplanmasında iki adet değişim fonksiyonu geliştirilmiştir. Bunlardan Eşitlik 4.7 ve 4.8 de verilen değişim fonksiyonlarının bazı görüntülerde yüksek değerler üreterek, sonsuza gittiği görülmüştür. Eşitlik 4.11' de verilen değişim fonksiyonu görüntünün özelliklerinden yararlanılarak bulunduğu için daha istikrarlıdır. Yalnızca bir parametreye bağlı olarak hesaplanabilmesi sayesinde farklı renk yoğunluğuna sahip görüntülere uygulanabilmektedir. İterasyon sayısının da görüntü özelliklerine göre ayarlanabilmesi halinde yöntem, tam uyarlanabilir olacaktır.

Başlangıç değerleri uygun seçilip düzgün ayarlansa bile, bir yayılım fonksiyonunun her türlü yüzey görüntüsüne uygulanabilmesi kolay değildir. Ancak aynı tip bir malzemenin yüzey hatalarının, düşük ve yüksek parlaklık seviyesine sahip görüntülerde tespit edilmesi önemli bir başarıdır. İşlem süresi alınan görüntülerin boyutuna bağlı olarak değişmektedir. 0.2 saniyeden 3 saniyeye kadar çıkmaktadır.

Kullanılan yöntemlerin, gerçek zamanlı uygulamalar için kabul edilebilir olması ve uygulanabilmesi için, daha hızlı çalışması gerekmektedir. Ayrıca, uyarlanabilir değişken katsayılı yaklaşımda iterasyon sayısı ve kullanıcı tarafından girilen ayar parametresinin otomatik olarak ayarlanabilmesi halinde, yöntem farklı yüzeylerde için hata tespitinde kullanılabilir olacaktır. Bu da yöntemlerin otomasyon sistemlerine entegre edilebilir olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Aslantaş, A., (2006), “Ağaç Kesitindeki Yıllık Halkaların Görüntü İşleme Yöntemi ile İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Babic, Z. V. ve Mandic, D. P., (2003), “An Efficient Noise Removal and Edge Preserving Convolution Filter”, Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Service, 1-3 Oct. 2003, Serbia and Montenegro, 2:538-541.
- Bal, H., (2006), “Kamera ile Görüntü İşleme Teknikleriyle Malzeme Tane Büyüklüğü Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bouzouba, K., Zaz, Y. ve Khamlichi, Y. I., (2006), “Edges Detection Using a New Approach of Anisotropic Diffusion”, 2nd International Symposium on Communications, Control and Signal Processing, 13-15 March 2006, Morocco.
- Çağlar, M., (2010), Teknolojinin Bilimsel İlkeleri, Anadolu Üniversitesi Yayınları No:1954(1034), Eskişehir.
- Dang, T., Jamet, O. ve Maitre, H., (1994), “An Image Segmentation Technique Based on Edge-Preserving Smoothing Filter and Anisotropic Diffusion”, Image Analysis and Interpretation, IEEE Southwest Symposium, 21-24 Nisan 1994, 65-69.
- Elmas, Ç., Demirci, R. ve Güvenç U., (2008), “Yön Bağımsız Yayınım Filtresinin Plaka Görüntülerindeki Gürültülerin Temizlenmesindeki Etkisi”, Politeknik Dergisi 11(2):89-92.
- Emek, S., (2006), “Sabit Görüntüler ve Video İşaretleri için Ayırık Dalgacık Dönüşümü Ayırık Kosinüs Dönüşümü Tabanlı Sayısal Damgalama Yöntemi”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gonzalez, R. C. ve Woods, R. E., (2002), Digital Image Processing Second Edition, Prentice Hall.
- Gonzalez R.C., Woods, R. E. ve Steven L.E., (2004), Digital Image Processing using MATLAB, Prentice Hall, New Jersey.
- Göçeri, E., (2006), “Visual C# 2005 Kullanılarak Çok Boyutlu Görüntüler için JPEG2000 Standardını Destekleyen Görüntü İşleme Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- İnce, T., (2006), “Edge Detection in Medical Images Using Morphological Operators”, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep.
- Kılıç, İ., (1997), “Digital Image Compression Techniques”, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kılıç, L., (2009), Temel Fotoğrafçılık, Anadolu Üniversitesi Yayınları No:1929(1010), Eskişehir.

- Kınalı, İ., (2009), “Üretim Otomasyon Sistemlerinde Antigeometrik Yayınım ile Ürün Yüzey Hatalarının Tespiti”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Li, W. C. ve Tsai, D. M., (2011), “Defect Inspection in Low-Contrast LCD Images Using Hough Transform-Based Nonstationary Line Detection”, IEEE Transactions on Industrial Informatics, February 2011, 7(1):136-147.
- Manay S. ve Yezzi, A., (2003), “Anti-Geometric Diffusion for Adaptive Thresholding and Fast Segmentation”, IEEE Transactions on Image Processing, 12(11):1310-1323.
- Peker, M., (2009), “Görüntü İşleme Tekniği Kullanılarak Gerçek Zamanlı Hareketli Görüntü Tanıma”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Perona, P. ve Malik, J., (1990), “Scale-Space and Edge Detection Using Anisotropic Diffusion”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 12(7):629-639.
- Şenel, H. G., (2007), “Kenar Bulma için Topolojik Gradyan İşleçleri”, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi XX(2):136-157.
- Şevik, U., Gençalioglu, O. ve Köse, C., (2007), “Retina Görüntülerinde Yaşa Bağlı Makula Dejenerasyonunun Bölge Büyütme Yöntemiyle Segmentasyonu”, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 12. Ulusal Kongresi ve Fuarı, 17.10.2007, Eskişehir.
- Tsai, D. M. ve Chao, S.M, (2006), “Astronomical Image Restoration Using an Improved Anisotropic Diffusion”, Pattern Recognition Letters, 27(5):335-344.
- Tsai, D. M., Tseng, Y. H., Chao, S. M. ve Yen, C. H., (2006) “Independent Component Analysis Based Filter Design for Defect Detection in Low-Contrast Textured Images”, 18th International Conference on Pattern Recognition, ICPR 2006, 231-234.
- Tsai, D. M. ve Chao, S. M., (2007), “An Anisotropic Diffusion-Based Defect Detection for Low-Contrast Glass Substrates”, Image and Vision Computing, 26(2):187–200.
- Tsai, D. M., Chao, S. M. ve Chang, C. C., (2010), “Micro-Crack Inspection In Heterogeneously Textured Solar Wafers Using Anisotropic Diffusion”, Image and Vision Computing, March 2010, 28(3):491–501.
- Tsai, D. M. ve Chao, S. M., (2010), “Anisotropic Diffusion with Generalized Diffusion Coefficient Function Defect Detection in Low-Contrast Surface Image”, Pattern Recognition, May 2010, 43(5):1917-1931.
- Tsai, D. M. ve Tsai, D.M., (2010), “An Improved Anisotropic Diffusion Model for Detail- and Edge-Preserving Smoothing”, Pattern Recognition Letters, 31(13):2012-2023.
- Tsai, D. M., Chao, S. M., Chiu, W. Y. ve Li, W. C., (2010) “Anisotropic Diffusion-Based Detail-Preserving Smoothing for Image Restoration”, Proceedings of 2010 IEEE 17th International Conference on Image Processing, September 26-29, 4145-4148, Hong Kong.
- Tonguç, G., (2007), “Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Meyve Tasnifi”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

You, Y. L., Xu, W., Tannenbaum A. ve Kaveh, M., (1996), “Behavioral Analysis of Anisotropic Diffusion in Image Processing”, IEEE Transactions on Image Processing, 5(11):1539-1553.

Zaz, Y., Masmoudi, L., Bouzouba K. ve Radouane, L., (2005), “A New Adaptive Anisotropic Diffusion using the Local Intensity Variance”, 3rd International Conference Sciences of Electronic, Technologies of Information and Telecommunications, March 27-31, Tunisia.

İnternet Kaynakları

- [1] megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/482BK0080.pdf
- [2] www.w3.org/TR/PNG/
- [3] bmyo.bartın.edu.tr/aksu – Grafik tasarım genel tanımlar, Erişim 03.01.2011
- [4] www.wikipedia.org
- [5] http://web.uettaxila.edu.pk/CMS/AUT2010/seDIPbs/notes/Lecture_05%20Image%20Enhancement%20in%20spatial%20domain.pdf
- [6] <http://members.comu.edu.tr/boraugurlu/courses/bm436/week3/hafta3.pps>
- [7] <http://proje.akdeniz.edu.tr/tip/radonk/dosya/16%2011%202007/Salon%20A/saat%2011.00-12.00/DOĞAN%20BOR/image%20proc.ppt>
- [8] www.ieee.org
- [9] <http://mimoza.marmara.edu.tr/~gokhan.nalbant/digitalgor.ppt>
- [10] akizilkaya.pamukkale.edu.tr/B%C3%B6l%C3%BCm4_goruntu_isleme.pdf
- [11] windows.microsoft.com/tr-TR/windows-vista/Understanding-picture-file-types
- [14] www.sciencedirect.com
- [15] <http://www.fatih.edu.tr/~mbasti/Ders/RENK.ppt>
- [16] <http://visl.technion.ac.il/labs/anat/9/>
- [17] http://www.telecom-lille1.eu/people/laga/courses/ip_lille_oct2010/files/7.ImageSegmentation.pdf

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	17.08.1984	
Doğum Yeri	İstanbul	
Lise	1999 – 2002	Özel Fatih Fen Lisesi
Lisans	2002 – 2007	Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü
Lisans	2005 – 2010	Anadolu Üniversitesi İktisat Fakültesi İktisat Bölümü
Yüksek Lisans	2008 – 2011	Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Müh. Kontrol ve Otomasyon Programı
Çalıştığı Kurum		
	2009 – Devam ediyor	İ.B.B. Trafik Müdürlüğü