

**BULANIK ADAPTİF MEDYAN FİLTRESİ KULLANARAK TIBBİ
GÖRÜNTÜLERDEKİ DARBE GÜRÜLTÜSÜNÜN BASTIRILMASI**

Abdullah TOPRAK

**DOKTORA TEZİ
ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EYLÜL 2006

ANKARA

Abdullah TOPRAK tarafından hazırlanan BULANIK ADAPTİF MEDYAN FİLTRESİ
KULLANARAK TIBBİ GÖRÜNTÜLERDEKİ DARBE GÜRÜLTÜSÜNÜN
BASTIRILMASI adlı bu tezin /Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. İnan GÜLER
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalında
oy birliği/oy çokluğu ile doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Prof.Dr.N.fatma GÜLER

Üye : Prof.Dr.İnan GÜLER

Üye : Doç.Dr.Elif Derya UBEYLİ

Üye :Doç.Dr.Hakan IŞIK

Üye : Doç.Dr.Raşit AHISKA

Tarih : 20/09/2006

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

TEZ BİLDİRİMİ

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

Abdullah TOPRAK

**BULANIK ADAPTİF MEDYAN FİLTRESİ KULLANARAK TIBBİ
GÖRÜNTÜLERDEKİ DARBE GÜRÜLTÜSÜNÜN BASTIRILMASI
(Doktora Tezi)**

Abdullah TOPRAK

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Eylül 2006**

ÖZET

Medyan filtresi, daha çok darbe gürültüsü oranının 0.2 den az olduğu durumlarda etkili olabilen bir görüntü filtresidir. Bu oranının 0.2 yi aştığı durumlarda adaptif medyan filtresi kullanılmaktadır. Diğer filtrelerde olduğu gibi adaptif medyan filtresi için de bir S_{xy} penceresi seçilir. Ancak adaptif medyan filtresinin, diğer filtrelerden ayrılan bir özelliği bu pencere büyüklüğünün değiştirilebilir olmasıdır. Ne yazık ki adaptif medyan filtresi darbe gürültülerini yok ederken beraberinde görüntüdeki detayları da yok etmektedir. Bunu engellemek için bu çalışmada, görüntünün piksel değerleri bulanık mantık kuralları ile tespit edilerek kural tabanlı bulanık adaptif medyan filtresi (KTBAMF) tanımlanmıştır. KTBAMF filtresi temelde üç bölümden oluşur. Bunlar: medyan filtresi, bulanık mantık kuralları ve gürültünün olup olmadığına karar veren karar birimidir. Bu filtrenin kullanılmasındaki temel amaç görüntü üzerindeki gürültüyü yok ederken görüntüdeki detayların kaybolmasının önüne geçmektir. Bu nedenle KTBAMF darbe gürültüsünü yok etmede kullanılabilecek etkili bir filtredir. KTBAMF fitresi Adaptif Medyan Filtresinin (AMF) geliştirilmiş bir versiyonu olup fazla darbe

gürültüsü bulaşmış görüntülerin gürültüden arındırılmasında kullanılır. Bu çalışmada üyelik fonksiyonu olarak üçgen üyelik fonksiyonu yerine daha iyi sonuçlar veren bell-shape fonksiyonu kullanılmıştır.

Bilim Kodu : 704

Anahtar Kelimeler :Medyan Filtre, Bulanık Mantık, Darbe Gürültüsü, Görüntü İşleme

Sayfa Adedi : 81
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. İnan GÜLER

**SUPPRESSION OF IMPULSE NOISE IN MEDICAL IMAGES WITH THE USE
OF FUZZY ADAPTIVE MEDIAN FILTER**

(Doctorate Thesis)

Abdullah TOPRAK

GAZİ UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

September 2006

ABSTRACT

Median filter is an image filter that is more effective in situations where the impulse noise is less than 0.2. If this ratio exceeds 0.2, adaptive median filter is used. As is the case in other filters, a S_{xy} window is selected for the adaptive median filter. However a feature that differentiates the adaptive median filter from the other filters is the fact that the size of this window can be changed. Unfortunately, while adaptive median filter removes the impulse noise, it also deteriorates the details in the image it accompanies. In order to prevent this, the pixel values of the image are determined by the fuzzy adaptive median filter, and as such Rule based fuzzy adaptive median filter (KTBAMF) is defined in this study. KTBAMF filter is made up of three basic sections. These are decision units that decide on whether or

not there are median filter, fuzzy logic rules and noise. The basic purpose of using this filter is while destroying the noise on the image; it prevents the details of the image from disappearing. It is for this reason that KTBAMF is an effective filter in destroying the impulse noise. The KTBAMF filter is an improved version of Adaptive Median Filter (AMF) and is presented in the aim of noise reduction of images corrupted with additive impulse noise. In this paper, we placed our preference on bell-shaped membership function instead of triangular membership function in order to observe better results.

Science Code : 704

Key Words : Median Filter, Fuzzy Logic, Impulse Noise, Image Processing

Page Number : 81

Adviser : Prof. Dr. İnan GÜLER

TEŞEKKÜR

Bilimsel çalışmalarım boyunca beni yalnız bırakmayan, değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren, bana bilimsel bakış açısı kazandıran doktora danışman hocam sayın Prof. Dr. İnan GÜLER' e, sıkıntılı anlarımda bana manevi desteğini esirgemeyen çok değerli hocam sayın Prof. Dr. Erhan ÜNLÜ'ye, tezim süresince tıbbi cihazların prensiplerinin anlaşılması üzerine bana çok değerli bilgileriyle katkıda bulunan arkadaşım Sayın Hracya BARDIZBANYAN' a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. GÖRÜNTÜ İŞLEME ve İYİLEŞTİRME TEKNİKLERİ	6
2.1. Görüntünün Tanımı	6
2.2. Görüntünün Matematiksel Olarak Modellenmesi	7
2.3. Görüntü Örnekleme ve Nicelendirme	9
2.3.1. Örnekleme ve nicelendirmede temel kavramlar	9
2.3.2. Dijital görüntülerin matrisel temsili	12
2.4. Uzaysal Çözünürlük ve Gri Seviyesi	15
2.5. Piksellerdeki Bazı Temel İlişkiler.....	19
2.5.1 Bir pikselin komşuları	19
2.5.2. Bitişik olma, bağlanırlık, bölgeler ve sınırlar.....	19
2.5.3. Piksel bazında görüntü işlemleri	22
2.6. Lineer ve Lineer Olmayan İşlemler	22
2.7. Görüntü İyileştirme Teknikleri	23
2.7.1. Görüntü iyileştirmede temel bilgiler	25
2.8. Piksel bazında yapılan görüntü iyileştirme teknikleri.....	27
2.8.1. Görüntü ya da baskı aracının doğrusal olmayan özellikleri için kompanzasyon.....	27

2.8.2. Gri skala derecesi değiştirilerek yapılan görüntü iyileştirilmesi.....	28
2.8.3. Histogram Eşitlemesi kullanarak görüntü iyileştirme.....	29
	Sayfa
2.8.4. Görüntü iyileştirmede lokal operatörlerin kullanılması	30
2.8.5. Gri seviye dönüşümleri yaparak görüntü iyileştirme	30
2.8.6. Görüntünün negatifini alarak görüntü İyileştirme	31
2.8.7. Kontrast artırarak görüntü iyileştirme.....	32
2.9. Medyan Filtresi Kullanarak Gürültü Bastırma.....	34
2.9.1. Adaptif medyan filtresi	41
2.10. Bulanıklaştırıcı Kullanarak Kontrast İyileştirme.....	43
2.10.1. Gürültü kaldırma için bulanık uzamsal süzgeç	44
2.10.2. Bulanık pürüzsüzleştirme algoritması.....	45
2.10.3. Bulanık metotlar kullanılarak görüntü ayrıştırma	46
2.10.4. Piksel ayrıştırmada bulanık mantık.....	48
3. BULANIK ADAPTİF MEDYAN FİLTRESİ KULLANARAK TIBBİ	
GÖRÜNTÜLERDEKİ DARBE GÜRÜLTÜSÜNÜN BASTIRILMASI.....	50
3.1. Giriş.....	50
3.2. Yöntem ve Model.....	53
3.2.1. Genel tanımlar	53
3.2.2. Bulanık kümelerde görüntü.....	54
3.2.3. Darbe gürültüsünün tanımlanması	55
3.2.4. Üyelik fonksiyonunun seçimi	57
3.3. Kural Tabanlı Bulanık Adaptif Medyan Filtresi (KTBMF).....	57
4. BULGULAR VE İRDELEME	64
5. SONUÇ VE TARTIŞMA	75
6. KAYNAKLAR	78
7. ÖZGEÇMİŞ.....	82

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2. 1. Muhtelif N ve k değerleri için saklama bit sayısı.....	15
Çizelge 4.1. Filtrelerin MSE, RMSE, PSNR, NMSE değerlerinin karşılaştırılması....	69

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Bir görüntünün x ve y koordinatları boyunca almış olduğu gri değerler bütünü gösteren matrissel formu.	6
Şekil 2.2. Tek boyutlu ve çift boyutlu dizilerin matrissel görünümü ve grafikleri. a) Tek boyutlu bir matris b) iki boyutlu bir matris (görüntüyü tanımlarken kullanılan matris)	7
Şekil 2.3. Bir dijital imajın üretimi. (a) Sürekli imaj. (b) A dan B 'nin tarama çizgisi, sürekli imaj, örnekleme ve nicelendirmenin kavramlarını göstermek için kullanılmıştır. (c) Örnekleme ve nicelendirme. (d) Dijital tarama çizgisi.....	11
Şekil 2.4. Bu tezde kullanılan dijital imajları temsil etmek için kullanılan koordinasyon konvansiyonu	12
Şekil 2.5. 1024 x 1024, 8 bit bir imaj 32 x 32 piksel boyuta alt örnekle küçültülmüş. Müsaade edilebilir gri düzeyler 256'da tutulmuştur.....	16
Şekil 2.6. (a) 1024 x 1024, 8 bit imaj. (b) 512 x 512 imaj 1024 x 1024 piksel satır ve sütuna çoğaltılmış. (c)'den (f)'e kadar 256 x 256, 128 x 128, 64 x 64, ve 32 x 32 imajların 1024 x 1024 piksele geri örneklenmesi.....	17
Şekil 2.7. (a) 452 x 374, 256-düzey imaj. (b)–(d) İmaj 128, 64, ve 32 gri düzeylerinde gösterilirken uzaysal çözünürlük sabit tutuluyor.....	18
Şekil 2.8. (a) Piksellerin düzenlenmesi; (b) merkez piksele 8-bitişik olan pikseller (çizgili olarak gösterilmiştir); (c) m-bitişikliği.....	21

Şekil 2.9. 3 X 3 Bir imaj içindeki nokta hakkında (x,y) komşu alan.....26

Şekil 2.10. Kontrastın daha iyi hale getirilmesi için gri seviye dönüşüm

Şekil **Sayfa**

fonksiyonları..... 27

Şekil 2.11. Bazı temel gri seviye dönüşüm fonksiyonları, imajı daha iyi hale getirmek için kullanılmaktadır.....31

Şekil 2.12. a) Orijinal dijital mamogram b) Eş.3.2-1'deki negatif dönüşümü kullanarak elde edilen negatif imaj (G.E. Tıbbi sistemleri tarafından temin edilmiştir)..... 32

Şekil 2.13. Kontrast artırma (a) Dönüşüm fonksiyonunun şekli. (b) Düşük kontrastlı bir imaj (c) Kontrast artırma sonucu (d) Eşiklendirmenin sonucu. (Orijinal imaj Dr. Roger Heady tarafından temin edilmiştir, kendisi, Avustralya, Canberra'da Avustralya Ulusal Üniversitesinde, Biyolojik Bilimler Araştırma Okulundadır)..... 34

Şekil 2.14. (a) Siyah ve beyaz gürültü tarafından fena halde bozulmuş devre panelinin röntgen imajı. (b) 3 x 3 ortalama maskesi ile gürültünün azaltılması. (c) 3 x 3 medyan filtre ile gürültünün azaltılması (orijinal imaj Bay Joseph E. Pascente, Lixi, Inc. tarafından temin edilmiştir).....37

Şekil 2.15. Medyan değerinin bulunması..... 39

Şekil 2.16. 3 X 3 lük bir pencerenin gösterimi40

Şekil 2.17. Medyan filtresi kullanılarak gürültüden arındırılmış görüntü..... 40

Şekil 2.18. a) Orijinal MR görüntüsü b) %20 darbe gürültüsü bindirilmiş hali c) Medyan filtresi ile gürültüsü bastırılmış görüntü.41

Şekil 2.19. a) göğüs X-ray görüntüsü 1, b) düz mantık kullanılarak kontrast

uzatması, c) bulanık kontrast geliştirme, d) göğüs X-ray görüntüsü

2, e) bulanık kontrast gelişmiş görüntü46

Şekil

Sayfa

Şekil 3.1. Darbe gürültüsünün histogramı ve görüntü üzerindeki etkisi..... 56

Şekil 3.2. Üyelik fonksiyonu olarak kullanılan çan şekli üyelik fonksiyonu..... 58

Şekil 3.3. Gürültü pikselinin tespiti için modelin akış şeması61

Şekil 3.4. KTBAMF için kullanılan akış şeması..... 63

Şekil 4.1. BAMF ile gürültü bastırılması (a) Orijinal MRI görüntüsü (b) $\gamma = 0.7$

gürültülü görüntü (c) Medyan filtresi ile gürültü bastırılması (d) AMF

ile gürültü bastırılması (e) KTBMF ile gürültü bastırılması..... 66

Şekil 4.2. MR görüntüsü için hazırlanmış MSE değerlerinin karşılaştırılması71

Şekil 4.3. MR görüntüsü için hazırlanmış RMSE değerlerinin karşılaştırılması..... 72

Şekil 4.4 . MR görüntüsü için hazırlanmış NMS değerlerinin karşılaştırılması73

Şekil 4.5. MR görüntüsü için hazırlanmış NMS değerlerinin karşılaştırılması74

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Açıklama

N8(p)	8-bitişik olma
N4(p)	4-bitişik olma.
H	Histogram
P	Piksel
MED	Medyan
T	Treşhold

Kısaltmalar

Açıklama

MR	Manyetik rezonans
CT	Bilgisayarlı tomografi (Computed tomography)
KTBA MF	kural tabanlı bulanık adaptif medyan filtresi
MF	Medyan filtresi
AMF	Adaptif medyan filtresi
FMF	Fuzzy medyan filtresi
SM	Standart medyan
FIRE	Fuzzy Inference Ruled by Else-Action
RGB	Red green blue
MMEM	Multistage medyan filtre
RF	Radyo frekansı
BAMF	Bulanık adaptif medyan filtre
MSE	Mean square errors
RMSE	Root mean square errors

PSNR	Percentage signal noise ratio
NMSE	Normalized mean square errors

1.GİRİŞ

1965 yılında bulanık küme teorisinin L.A. Zadeh tarafından öne sürülmesiyle; bilimde modern yöntemlerden biri olan ve göreceli bakış açısını ön plana çıkaran bulanık mantık ilkelerinin temelleri atılmış oldu. İlk etapta kontrol amaçlı sistemlerde kullanılmaya başlandıysa da daha sonra bilimin birçok alanında bulanık mantık kullanılmaya başlandı. Bulanık mantık teorisi daha sonra bilgisayarlı görüntü işleme teknikleri içinde de yer alarak bir açıdan görüntü işleme tekniklerine insancıl bir bakış açısı kazandırıldı. Böylece ilk defa bilgisayarlı yorumlanabilir kavramsal döngüler ve kurallar tanımlanarak görüntü iyileştirme teknikleri geliştirildi. Şu çok iyi bilinmektedir ki dünyadaki hiçbir nicelik kesin sınırlarla tanımlanamaz ve dünyanın kusursuzluğu da bu belirsizliğin uyumundan kaynaklanmaktadır. Bulanık mantık kuralları ile bu doğal mekanizmaya bir nebze yaklaşımda bulunularak yeni ilkeler geliştirilebilir. Yapılan bu tez çalışması ile bulanık küme teorisi ile adaptif medyan filtresi birleştirilerek yüksek seviyede darbe gürültüsü bulaşmış olan imgelerin bu gürültülerden arındırılması hedef alınmıştır.

Medyan filtresi (MF), daha çok darbe gürültüsü oranının 0.2 den az olduğu durumlarda etkili olabilen bir görüntü filtresidir. Bu oranının 0.2 yi aştığı durumlarda adaptif medyan filtresi kullanılmaktadır. Diğer filtrelerde olduğu gibi adaptif medyan filtresi için de bir S_{xy} penceresi seçilir. Ancak adaptif medyan filtresinin (AMF), diğer filtrelerden ayrılan bir özelliği bu pencere büyüklüğünün değiştirilebilir olmasıdır. Ne yazık ki adaptif medyan filtresi darbe gürültülerini yok ederken beraberinde görüntüdeki detayları da yok etmektedir. Bunu engellemek için bu çalışmada, görüntünün piksel değerleri bulanık mantık kuralları ile tespit edilerek kural tabanlı bulanık adaptif medyan filtresi (KTBAMF) tanımlanmıştır. KTBAMF filtresi temelde üç bölümden oluşur. Bunlar: medyan filtresi, bulanık mantık kuralları ve gürültünün olup olmadığına karar veren karar birimidir. Bu filtrenin kullanılmasındaki temel amaç image üzerindeki gürültüyü yok ederken imgedeki detayların kaybolmasının önüne geçmektir. Bu nedenle KTBAMF darbe gürültüsünü yok etmede kullanılabilecek etkili bir filtredir. Görüntüye bulaşmış darbe gürültüsünün bastırılması ancak lineer olmayan tekniklerle gerçekleştirilebilir. Lineer olmayan tekniklerin başında darbe gürültüsünü elimine eden en etkili filtre bilindiği

gibi medyan filtresidir. Ancak görüntülerde gürültünün bastırılmasının öneminin yanı sıra görüntülerdeki detayların korunması da son derece önemlidir. Gürültüyü bastırırken öncelikli olarak hangi şartlarda piksel değerinin yeni bir değerle değiştirilmesi ya da hangi şartlarda pikselin eski değeri alması gerektiği koşulları ancak bazı kurallar konularak gerçekleştirilebilir. Bu kuralları koymadan piksellerin değerlerine müdahalede bulunulduğu takdirde gürültü bulaşmamış görüntü piksellerini de başka değerlerle değiştirme olasılığı söz konusu olur ki bu da istenen bir durum değildir. Ayrıca kuralları koyarken kural sınırlarını klasik küme kavramından uzaklaştırıp bulanık küme mantığına yaklaştırmak gerekir. Zira görüntülerdeki orijinal piksel değerlerine hiçbir zaman ya siyahtır ya beyazdır demek mümkün değildir. Bu görüntü piksellerinin siyahlık ve beyazlıklarına olan üyelik değerleri farklı olup bu üyelik değerlerine göre kuralların konulması gerekmektedir. Bu nedenle kuralları bulanık mantık çerçevesinde koyarak görüntüdeki bazı belirsizlikleri ve ara gri değerlerinin gürültüden ayırıştırma teknikleri kullanılacaktır.

Bu tezde bulanık mantık kuralları ile tespit edilen gürültü bulaşmış pikseller, medyanfiltresi, adaptif medyan filtresi ve bulanık adaptif medyan filtresi kullanılarak temizlenmektedir. Bunu için de kontrolü bulanık mantık kuralları sonucu oluşan komut ile çalışan anahtarlamalı bir filtreleme tekniğinden faydalanılmaktadır. Gürültünün bulaşmış olduğu piksellerin temizlenmesinde bazı durumlarda medyan filtresi yeterli olurken bazı durumlarda adaptif medyan filtresi bazı durumlarda da bulanık adaptif medyan filtresi yeterli olabilmektedir. Ancak hangi filtrelemenin etkin olması gerektiğine karar veren birim yine bulanık kurallar çerçevesinde oluşturulmuş olan bulanık karar verme birimidir.

Elde edilen sonuçlar darbe gürültüsü oranının 0,6 değerini bulduğu durumlarda bile önerilen filtreleme tekniğinin görüntünün detaylarını en iyi şekilde koruyarak gürültüyü bastırdığını göstermektedir. Özellikle tıbbi görüntüler tanı amaçlı kullanıldıklarından dolayı görüntüdeki detayların korunması son derece önemlidir. Bu amaçla önerilen filtre tekniği tıbbi görüntüler üzerinde denenmiştir.

Bulanık mantık görüntü işleme Rosenfeld,A'nın [1] bulanık sayısal topoloji ile başlamakta ve Abreu, E., M. Lightstone, S. K. Mitra, and K. Arakawa [2] ile devam

etmektedir. Bu çalışmalar daha çok bulanık mantık kuralları kullanılarak gürültü bastırılması veya görüntünün iyileştirilmesi üzerinedir.

Jung-Hua [3] ve arkadaşının yaptığı çalışmada histogram tabanlı gürültü bastırmayı bulanık mantık kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Histogramdaki aykırı değerler bulanık mantıkla tespit edilerek gürültünün bastırılması amaçlamıştır. Bu çalışma ile histogramdaki gürültü miktarı tahmini yapılarak buna göre üyelik fonksiyonları geliştirilmiştir. Bu teknik ile yüksek orandaki gürültü miktarı bile resimdeki detaylar korunarak bastırılabilmekte ve daha net bir görüntü elde edilebilmektedir. Ancak bu durumda görüntünün histogramına bağlı kalınmıştır.

Kong, H. and L. Guan [4] adaptif filtre tekniği kullanarak görüntülerdeki darbe gürültüsünün yok edilmesi işlemini gerçekleştirmişlerdir. Gürültü miktarı arttıkça medyan penceresi değiştirilerek uygun filtreleme yapılmıştır. Gürültünün tespitinin daha iyi yapılabilmesi ve gürültü pikselinin yerine atanacak yeni değer için bulanık mantık kurallarının 3x3 lük bir pencereye uygulanması gerekmektedir.

Russo, F. [5] Bulanık mantık kuralları kullanarak bir görüntüdeki gürültülerin arındırılması üzerine çalışma yapmıştır. Bulanık mantık üyelik fonksiyonu geliştirerek aykırı değerler görüntüden silinmiştir. Yine Russo, F ve Ramponi, G. ile yaptığı çalışmada FIRE (Fuzzy Inference Ruled by Else-Action) filtresini kullanarak görüntü iyileştirme çalışması yapmışlardır ancak gürültülerin bastırılması için kullanmamışlardır.

S.Peng ve L.Lucke [6] yine görüntüye karışmış darbe gürültüsünü bastırmak için bulanık mantık kullanmışlardır. Darbe gürültüsü bulanık mantık kuralları kullanılarak tespit edilmiştir.

Arakawa, K., [7] medyan süzgeç temelli bulanık mantık kuralları kullanarak yüksek miktarda darbe gürültüsü bulaşmış görüntülerin gürültüden arındırılması üzerine çalışma yapmıştır.

C.-S. Lee, [8] ve arkadaşları ağırlıklı medyan filtresi kullanarak görüntü iyileştirme çalışması yapmışlardır. Gürültülerin tespitinde yine bulanık mantık kuralları

kullanılmıştır. Böylece bulanık ağırlıklı medyan filtresi kullanarak gürültüyü bastırmışlardır.

Üstüntaş T, [9] bulanık mantık kullanarak dijital fotogrametride yapısal görüntü işleme konusunda çalışma yapmış ve bulanık mantığın pikseller arasındaki yoğunluk farklarına uygulanabilirliğini göstermiştir.

Yannis A. Tolias, [10] bulanık mantık kullanarak göz retinasındaki damarların görüntülerinin işlenmesi üzerinde çalışma yapmıştır. Bu çalışmada bulanık mantık kümeleme tekniğini kullanarak gözdeki damarların analizi gerçekleştirmiştir.

Haixiang Xu [11] ve arkadaşları uyarlamalı adaptif bulanık filtre kullanarak görüntüye bulaşmış darbe gürültüsünü bastırmışlardır. Gürültü oranını %60'a kadar çıkarıp gürültülü görüntünün her bir pikseli bulanık mantık kuralları ile tahmin edilerek yeniden görüntü elde edilmiştir.

Xiaoyin Xu, ve arkadaşları [12] da iki dereceli veya aşamalı adaptif filtre kullanarak yüksek orandaki gürültünün bastırılması üzerine çalışma yapmışlardır.

Konstantinidis, K ve arkadaşları [13] görüntü histogramı üzerinde bulanık mantık kuralları kullanarak görüntü işlemişlerdir. İşledikleri görüntüler renkli olup RGB katmanları üzerinde ayrı ayrı işlemler yaparak renkli bir görüntü üzerinde de bulanık histogram işleme gerçekleştirmişlerdir.

Hassanien, Aboul Ella ve arkadaşları [14] mamografideki düzensiz uzanımlı kütlelerin tespitinde bulanık görüntü işleme tekniğinden faydalanmışlardır. Bunun için sayısallaştırılmış mamografi görüntüleri kullanılmış ve bu görüntülere bulanık mantık uygulanarak spiküler kütlelerin tespiti yapılmıştır.

Tezin ikinci bölümünde görüntü işleme ve iyileştirme teknikleri ve bunların tekniklerin KTBAMF tasarımında kullanılan elemanları anlatılmıştır. Özellikle görüntünün tanımı, çeşitli kısaltmalar, notasyonlar ve tez içinde kullanılan temel fonksiyonların tanımlamaları yapılmıştır.

Tezin üçüncü bölümünde Bulanık mantık kullanarak görüntü işleme teknikleri, medyan ve adaptif medyan filtresinin bulanık mantık kullanılarak analizi ile ilgili

temel bilgiler verilmiştir. Aynı zamanda bulanık mantık kullanarak görüntü işleme konusuna değinilerek yapılan çalışmanın bulanık mantık kuralları çerçevesinde gürültü bastırılması işlemi için yeni bir bakış açısı geliştirilmiştir. Bulanık mantık ile gürültü tespitinin bulanık kurallar belirlenerek yapılması ve tespit edilen gürültünün yine bulanık mantık kuralları çerçevesinde bastırılması için kullanılan yöntemler üzerinde durulmuştur.

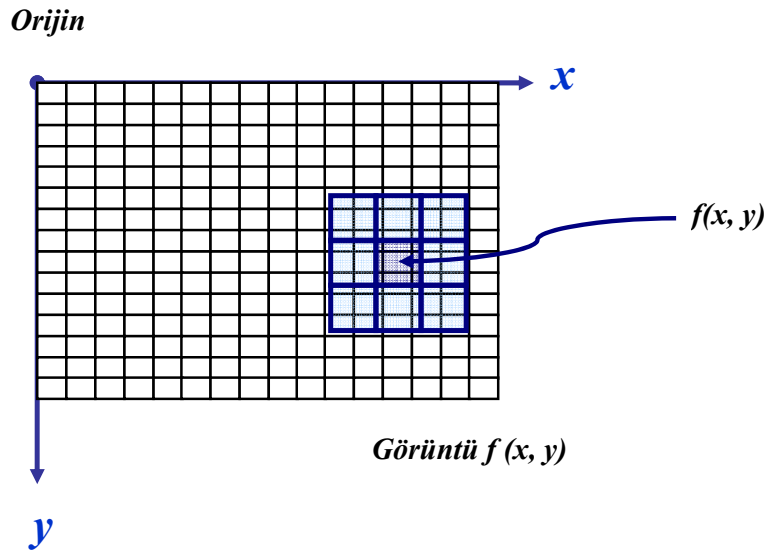
Bulgular ve irdeleme kısmında elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ve diğer filtreleme tekniklerinden farklı tarafları ortaya konmuştur. Özellikle lineer olmayan filtrelerde bulanık adaptif medyan filtresinin gürültü bastırmadaki etkinliği anlatılmıştır.

Sonuç ve tartışma kısmında ise elde edilen bulguların diğer filtreleme teknikleri ile karşılaştırıldıktan sonra vermiş olduğu sonuç tartışılmıştır.

2. GÖRÜNTÜ İŞLEME ve İYİLEŞTİRME TEKNİKLERİ

2.1. Görüntünün Tanımı

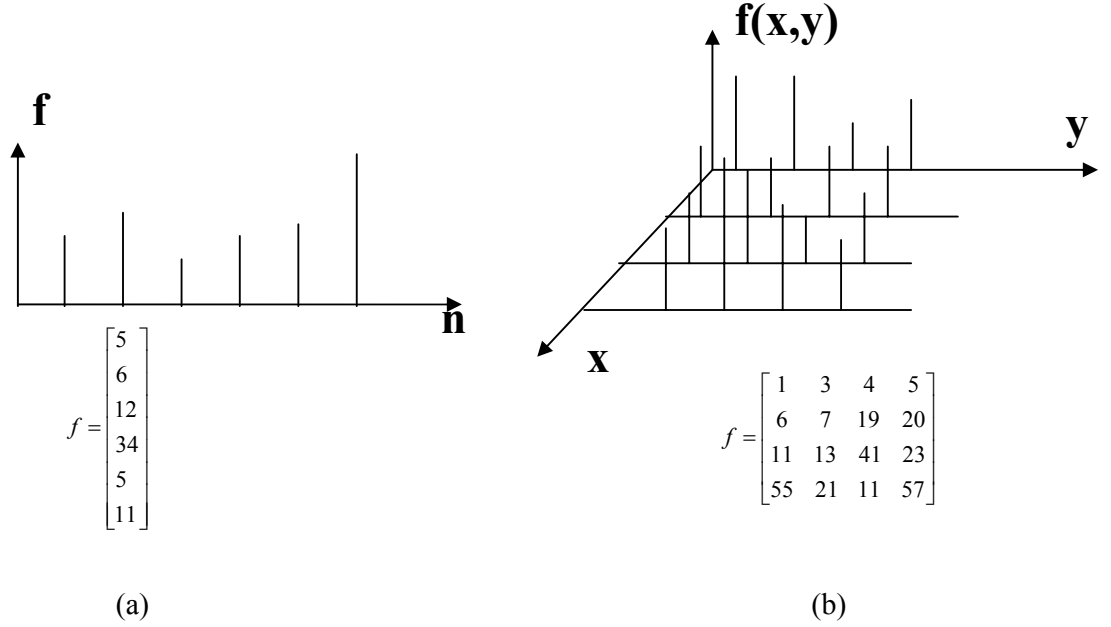
Görüntü iki boyutlu $f(x,y)$ olarak tanımlanırsa, x ve y koordinatları gösterirken f ise o koordinattaki noktanın gri seviyesini veren bir fonksiyondur [15]. f fonksiyonu sonlu sayıdaki ayrık bileşenlerden oluştuğu zaman bu fonksiyonun temsil ettiği görüntüye dijital görüntü, sonlu sayıdaki ayrık değerlerin her birine piksel veya resim elemanı denir. Bu tezde siyah-beyaz görüntüler üzerinde işlem yapıldığından dolayı f fonksiyonu 0 ile 256 arasındaki gri değerleri alabilecek bir ayrık fonksiyon olarak dikkate alınmıştır. Bundan sonra görüntü $f(x,y)$ formunda iki boyutlu fonksiyonlar şeklinde ifade edilmiştir. (x,y) uzaysal koordinatlarında f 'nin değeri veya genliği pozitif skalar bir değer olup fiziksel anlamı görüntünün kaynağı tarafından belirlenir. Bir görüntünün x ve y koordinatları boyunca almış olduğu gri değerler bütünü gösteren matrisel formu Şekil 2.1de görülmektedir [16].



Şekil 2.1. Bir görüntünün x ve y koordinatları boyunca almış olduğu gri değerler bütünü gösteren matrisel formu.

Bir ayrık eleman dizisi tek boyutlu (1-D) bir matris şeklinde ifade edilirken görüntü ise iki boyutlu (2D) ve (x,y) koordinatlarda belli bir gri seviyesi olan bir fonksiyonun

matrisi şeklinde ifade edilebilir [17]. Bu durum matris ve grafiklerle Şekil 2.2 de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Tek boyutlu ve çift boyutlu dizilerin matrissel görünümü ve grafikleri. a) Tek boyutlu bir matris b) iki boyutlu bir matris (görüntüyü tanımlarken kullanılan matris).

2.2. Görüntünün Matematiksel Olarak Modellenmesi

Bu tezde ilgilenilen görüntülerin çoğu, değerleri gri ölçeğine yayılan, tek renkli görüntülerdir. Bir görüntünün oluşabilmesi için fiziksel bir niceliğin herhangi bir yansımalarının var olması gerekir. Fiziksel bir operatörden bir görüntü üretildiği zaman, bunun değerleri fiziksel bir kaynak tarafından yayılan enerji ile orantılıdır (örneğin, elektromanyetik dalgalar, ışık kaynağı gibi). Bundan dolayı da , görüntü fonksiyonunu tanımlayan $f(x, y)$ sıfır olamaz ve sonludur; yani,

$$0 < f(x, y) < q. \quad (2.1)$$

$f(x, y)$ iki bileşenden oluşur. Bunlardan birincisi olayın geçtiği yerde görüntülenene kaynak aydınlatmasının miktarı ve ikincisi ise olayın geçtiği yerdeki nesnelerin yansıttığı aydınlatma miktarıdır. Bunlara uygun bir şekilde aydınlatma ve yansıtma

bileşenleri denmektedir ve bunlar sırası ile $i(x, y)$ ve $r(x, y)$ fonksiyonları ile ifade edilmektedir. İki fonksiyonun bir araya gelmesiyle görüntü fonksiyonu olan $f(x, y)$ 'i oluşur:

$$f(x, y) = i(x, y)r(x, y) \quad (2.2)$$

olup

$$0 < i(x, y) < \infty \quad (2.3)$$

ve

$$0 < r(x, y) < 1. \quad (2.4)$$

Eş. 2.4 yansıtmanın 0 (tam emme) ve 1 (tam yansıtma) ile sınırlandığını gösterir. $i(x, y)$ 'in niteliği aydınlatma kaynağı ile belirlenmektedir ve $r(x, y)$ görüntülen nesnelerin nitelikleri tarafından belirlenmektedir. Bu anlatımların, göğüs röntgeni gibi bir ortam içinden geçebilen x-ışınları ile oluşan görüntülere de uygulanabileceği kaydedilmiştir. Bu durumda yansıtabilirlik yerine geçirebilirlik fonksiyonu kullanılmıştır. Aynı şekilde sınırlar Eş. 2.4'de olduğu ile aynı olacak ve oluşan görüntü fonksiyonu Eş. 2.2'deki görüntü fonksiyonu $f(x, y)$ oluşmaktadır. Eş. 2.3 ve Eş. 2.4'te verilen değerler teorik sınırlar olup bu sınırlara pratikte ulaşılması mümkün değildir. Herhangi bir (x_0, y_0) koordinattaki tek renkli görüntünün yoğunluğuna o düzeydeki gri düzeyi (ℓ) denir. Yani,

$$\ell = f(x_0, y_0) \quad (2.5)$$

Eş. 2.2'den Eş. 2.4'e kadar olan eşitliklerde, ℓ 'in

$$L_{min} \leq \ell \leq L_{max} \quad (2.6)$$

arasında yer aldığı görülmektedir.

Ancak bilinmesi gereken şey L_{min} değerinin pozitif bir değer olması (sıfırdan büyük) ve L_{max} değerinin ise sonlu olması zorunluluğudur. Pratikte bu durum şu şekilde ifade edilebilir.

$$L_{min} = i_{min} r_{min} \text{ ve } L_{max} = i_{max} r_{max}.$$

$[L_{min}, L_{max}]$ aralığına gri ölçek denmektedir. Genel temayül bu aralığı sayısal olarak $[0, L-1]$ aralığına kaydırmaktır. Burada gri ölçek üzerinde $\ell = 0$ siyah ve $\ell = 1$ beyaz olarak kabul edilmiştir. Bütün ara değerler siyahtan beyaza grinin değişen tonları olmuştur.

2.3. Görüntü Örneklemeye ve Nicelendirme

Herhangi bir görüntüyü elde etmenin birçok yolu olduğu bilinmektedir, fakat hepsinde amaç, algılanan görüntüden dijital görüntüler üretmektir. Çoğu algılayıcının çıkışı, algılanan fiziksel olayın genlik ve uzaysal davranışının, sürekli dalga gerilim şekli ile ilişkili olduğudur. Bir dijital görüntü yaratabilmek için, sürekli olarak algılanan veriyi dijital (ayrık) bir veri şekline dönüştürmek gerekir. Bu da örneklemeye ve nicelendirme denen iki işlemle gerçekleştirilebilir.

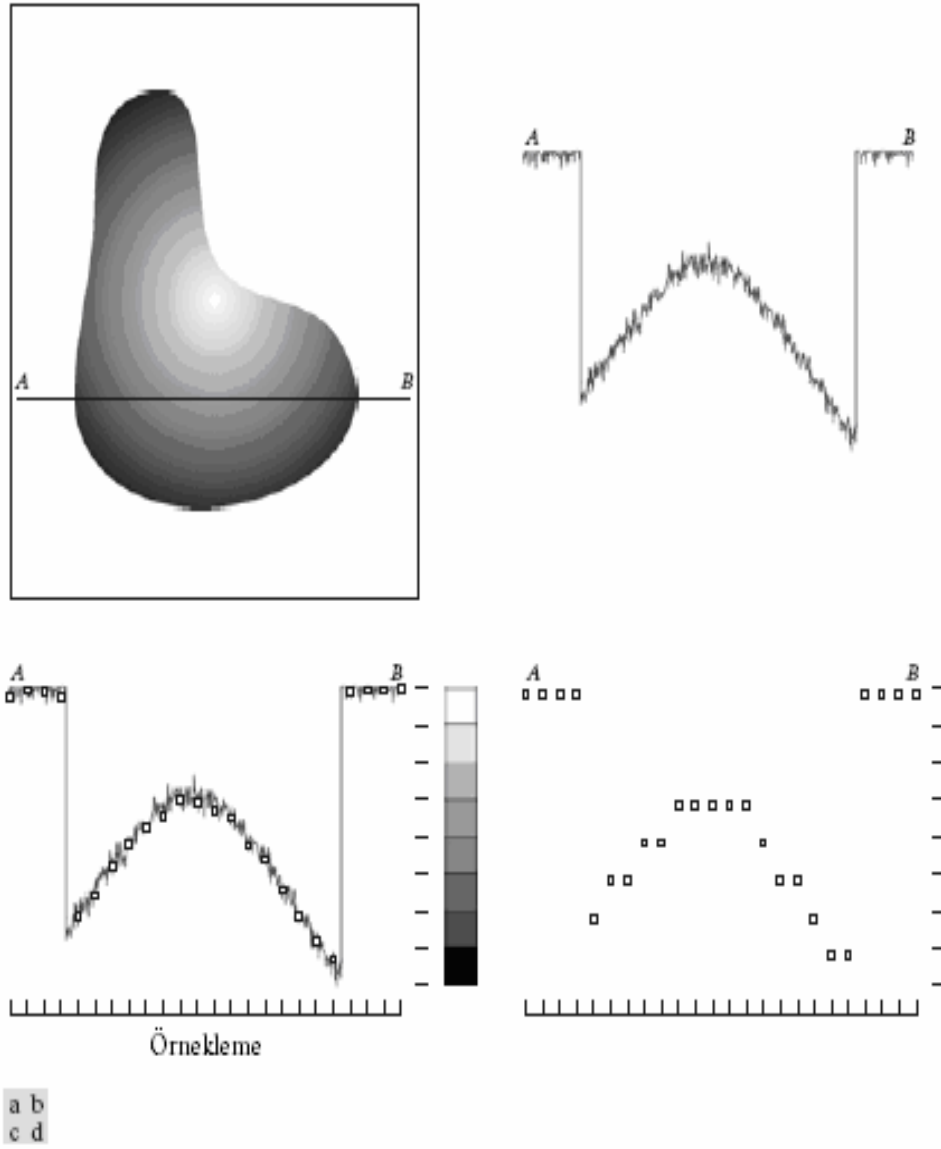
2.3.1. Örneklemeye ve Nicelendirmede Temel Kavramlar

Örneklemeye ve nicelendirmeyi anlamanın en basit yolu Şekil 2.3'de gösterilmektedir. Şekil 2.3(a) dijital forma dönüştürülmek istenen sürekli görüntüyü $f(x, y)$ yi göstermektedir. Bir görüntü x- ve y- koordinatlarına ve aynı zamanda genliğine göre süreklilik arz edebilir. Bunu dijital forma dönüştürmek için, fonksiyonu hem koordinat hem de genliği açısından örneklemek gerekmektedir. Koordinat değerlerinin dijital hale getirilmesine örneklemeye genliğin dijital hale getirilmesine ise nicelendirme denir.

Şekil 2.3(a)'da gösterilen, AB segmenti çizgisi boyunca oluşan sürekli görüntünün tek boyutlu fonksiyon genliği grafiği (gri düzey) değerleridir. Bu fonksiyonu örneklemek için, Şekil 2.3(c)'de gösterildiği gibi, AB çizgisinde eşit aralıklı örnekler alınır. Her bir örneğin konumu, şeklin altındaki dikey bir im işareti ile verilmiştir. Örnekler fonksiyonun üzerine eklenmiş küçük beyaz kareler olarak gösterilmiştir. Bu farklı konumların takımı, örneklenen fonksiyonu verir. Ancak, örneklerin değerleri hala gri düzey değerlerinde sürekli bir aralıkta (dikey) yayılmaktadır. Bir dijital fonksiyon oluşturmak için, gri düzey değerlerinin farklı miktarlara dönüştürülmesi (nicelendirilmeleri) gerekmektedir. Şekil 2.3(c)'nin sağ tarafı gri düzey ölçeğin, siyahtan beyaza uzanan dağılımını, 8 farklı düzeye bölünmüş olarak gösterir. Dikey

im işaretleri, sekiz gri düzeyden her birine atanmış belirli değerleri gösterir. Sürekli gri düzeylerin nicelendirilmesi basitçe her bir ayrı gri düzeyin her bir örneğe atanması ile meydana gelir. Atama, bir örneğin bir dikey im işaretine olan yakınlığına bağlı olarak yapılır. Hem örnekleme hem de nicelendirmeden elde edilen dijital örnekler Şekil 2.3(d)'de gösterilmiştir. Görüntünün en üstünden başlayarak ve bu prosedürü çizgi çizgi devam ettirmek iki boyutlu bir dijital görüntü ortaya çıkartır.

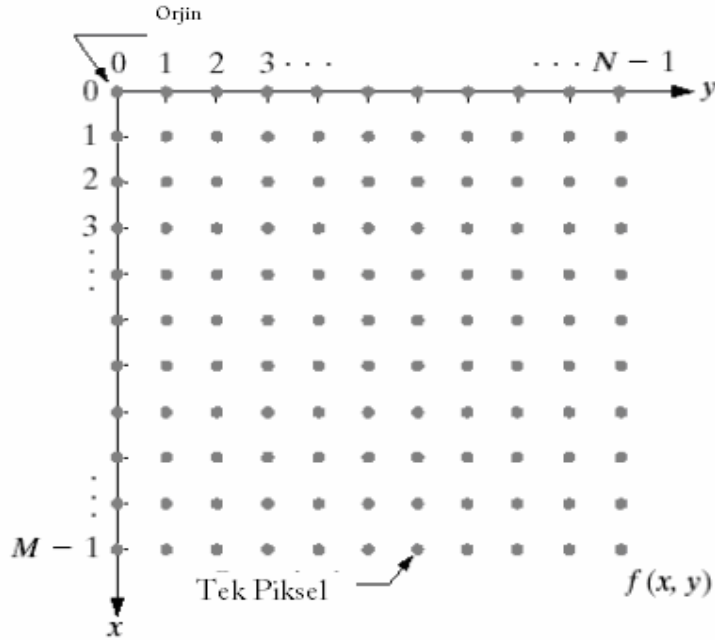
Gerçekte, örnekleme yöntemi görüntüyü üretmek için kullanılan algılayıcı tarafından belirlenmektedir. Mekanik farklılıklarda kullanılan algılayıcılara, mekanik değişimlerle başarılabilen yüksek çözünürlük ile uyumlu olmayan aydınlanma noktası, odaklanmış optiklerdeki kusurlardan dolayı bazı fiziksel sınırlar ortaya çıkar.



Şekil 2.3 Bir dijital imajın üretimi. (a) Sürekli imaj. (b) A dan B 'nin tarama çizgisi, sürekli imaj, örnekleme ve nicelendirmenin kavramlarını göstermek için kullanılmıştır. (c) Örnekleme ve nicelendirme. (d) Dijital tarama çizgisi.

2.3.2. Dijital Görüntülerin Matrisel Temsili

Örnekleme ve nicelendirmenin sonucu gerçek bir sayı matrisidir. Dijital imajları temsil etmede iki esas yol izlenir. Bir imajın $f(x,y)$ örneklendiğini ve elde edilen dijital imajın M satır ve N sütunları olduğunu ve (x,y) koordinatlarının değerlerinin ayırık değerler halinde olduğu farz edilsin. İşlemlerde açıklık ve kolaylık olması açısından, bu ayırık koordinatlar için tamsayı değerler kullanılacaktır. Böylece koordinatlar başlangıçta $(x, y)=(0, 0)$ 'dir. İmajın birinci sıradaki koordinat değerleri $(x, y)=(0, 1)$ ile temsil edilir. $(0,1)$ işaretinin birinci sıradaki ikinci örneği belirttiğini akılda tutmak önemlidir. Bu, imaj örneklendiği zaman bunların fiziksel koordinatları olduğu anlamına gelmez. Şekil 2.4 de bu tezde kullanılan geleneksel koordinasyon sistemi görülmektedir.



Şekil 2.4. Bu tezde kullanılan dijital imajları temsil etmek için kullanılan koordinasyon konvansiyonu

Bir önceki paragrafta tanıtılan tanımlama gereği, bütün bir $M \times N$ dijital imajı aşağıdaki matris şeklinde yazılabilir:

$$f = (x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0).....f(0,1).....f(0,N-1) \\ f(1,0).....f(1,1).....f(1,N-1) \\ \vdots \\ f(M-1,0).....f(M-1,1).....f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

Bu eşitliğin sağ tarafı tanımı itibarı ile bir dijital imajdır. Bu matris dizisinin her elemanına bir imaj elemanı, resim elemanı, piksel veya pel denir. İmaj ve piksel terimleri bütün tartışmalar boyunca bir dijital imaj ve onun elemanlarını ifade etmek üzere kullanılmıştır. Bazı konularda, bir dijital imajı ve onun elemanlarını ifade etmek için daha geleneksel bir matris işareti kullanmak avantajlı olabilir:

$$A = \begin{bmatrix} a_{0,0}.....a_{0,1}.....a_{0,N-1} \\ a_{1,0}.....a_{1,1}.....a_{1,N-1} \\ \vdots \\ a_{M-1,0}.....a_{M-1,1}.....a_{M-1,N-1} \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

Yukarıdaki her iki matrisin aşağıdaki şekilde tek matris içinde gösterildiği halinde ise

$$\mathbf{A} = f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) = a_{0,0} & f(0,1) = a_{0,1} & \dots & f(0,N-1) = a_{0,N-1} \\ f(1,0) = a_{1,0} & f(1,1) = a_{1,1} & \dots & f(1,N-1) = a_{1,N-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(M-1,0) = a_{M-1,0} & f(M-1,1) = a_{M-1,1} & \dots & f(M-1,N-1) = a_{M-1,N-1} \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

$a_{ij}=f(x=i, y=j)=f(i, j)$, böylece (2.8) ve (2.9) eşitlikleri aynı matris olduğu görülmektedir.

Bu dijital hale getirme işlemi M , N ve L rakamı değerleri hakkında, her piksel için izin verilebilecek gri düzey seviyelerinin belirlenmesini gerektirir. Pozitif tamsayı olmaları dışında M ve N üzerinde başka hiç bir işlemin olmasına gerek yoktur. Ancak, işlem, saklama ve örnekleme donanımının göz önünde bulundurulmasından dolayı, gri düzeyleri tipik olarak 2 kuvvetinde bir tamsayıdır:

$$L = 2^k. \quad (2.10)$$

Ayrık düzeylerin eşit aralığı ve bunların $[0, L-1]$ aralığında tamsayılar olduğu varsayılır. Bazen gri ölçülerin yayıldığı değer aralığına bir imajın dinamik aralığı denir ve gri düzeyleri önemli oranda yayılan gri ölçülerden de yüksek dinamik aralığı var olan aralık diye kabul edilir. Dikkate alınacak kadar sayıda piksel bu özelliği sergilerse, imajın yüksek kontrastı olacaktır. Aksine, düşük dinamik aralığı olan bir imajın, donuk, silik gri görünüşü olacaktır. Tablo 2.1 de muhtelif N ve k değerleri için saklama bit sayısı görülmektedir. Bir dijital imajı saklamak için gereken b , bit sayısı şöyledir.

$$b=M \times N \times k. \quad (2.11)$$

$M=N$ olduğu zaman bu eşitlik aşağıdaki gibi olur.

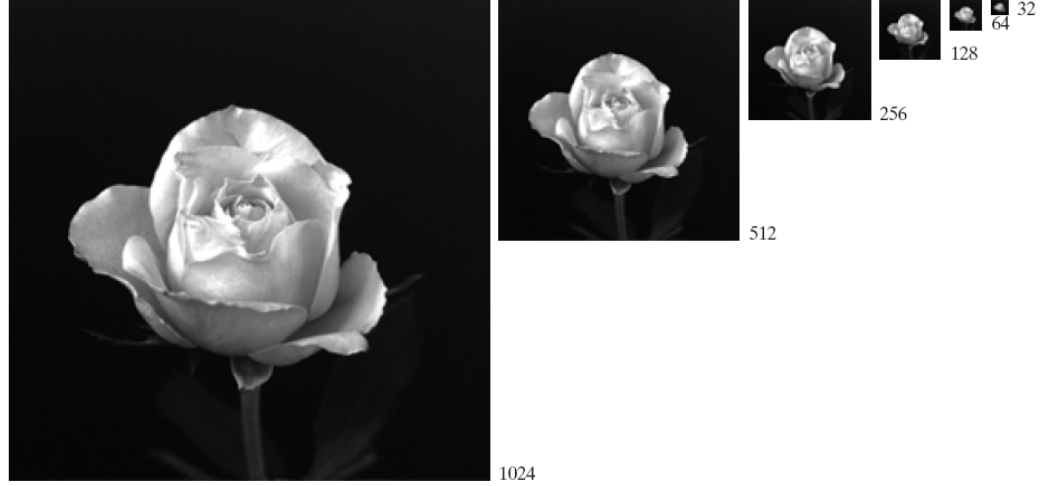
$$b = N^2 k. \quad (2.12)$$

Çizelge 2.1. Muhtelif N ve k değerleri için saklama bit sayısı. N

N/k	1(L=2)	2 (L=4)	3(L=8)	4(L=16)	5(L=32)	6(L=64)	7(L=128)	8(L=256)
32	1,024	2,048	3,072	4,096	5,120	6,144	7,168	8,192
64	4,096	8,192	12,288	16,384	20,480	24,576	28,672	32,768
128	16,384	32,768	49,152	65,536	81,920	98,304	114,688	131,072
256	65,536	131,072	196,608	262,144	327,680	393,216	458,752	524,288
512	262,144	524,288	786,432	1,048,576	1,310,720	1,572,864	1,835,008	2,097,152
1024	1,048,576	2,097,152	3,145,728	4,194,304	5,242,880	6,291,456	7,340,032	8,388,608
2048	4,194,304	8,388,608	12,582,912	16,777,216	20,971,520	25,165,824	29,369,128	33,554,432
4096	16,777,216	33,554,432	50,331,648	67,108,864	83,886,080	100,663,296	117,440,512	134,217,728
8192	67,108,864	134,217,728	201,326,592	268,435,456	335,544,320	402,653,184	469,762,048	536,870,912

2.4. Uzaysal Çözünürlük ve Gri Seviyesi

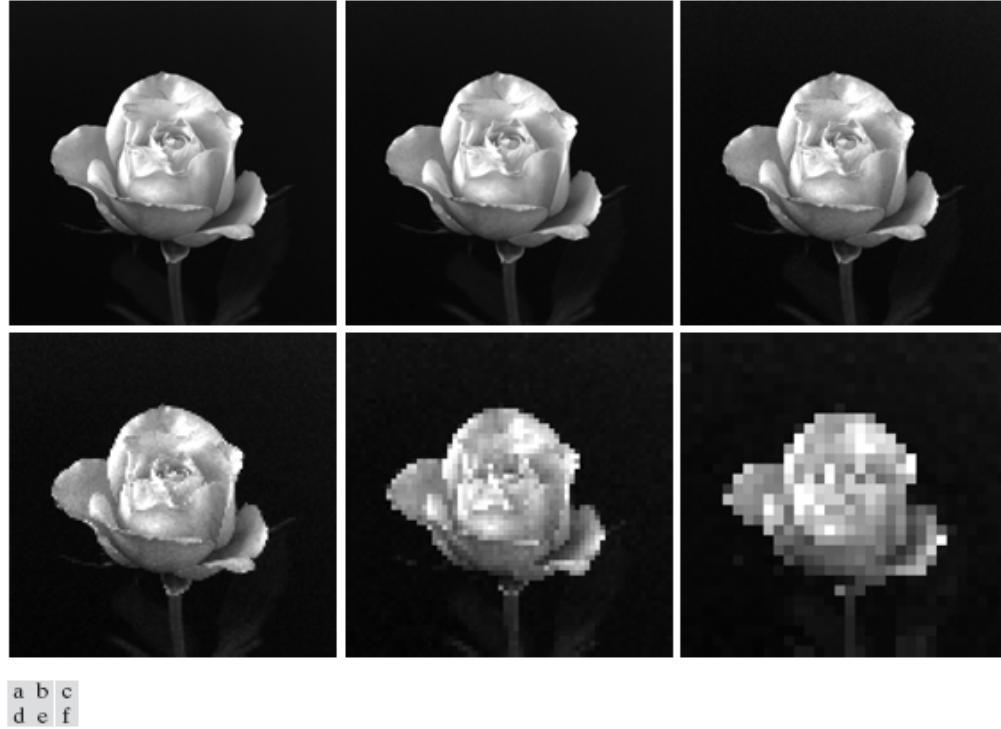
Bir imajın uzaysal çözünürlüğünü belirlemekteki temel faktör örneklemedir. Temel olarak uzaysal çözünürlük bir imajdaki fark edilebilen en küçük detaydır. Dikey çizgilerinin W genişliği olan ve çizgiler arasındaki genişliğin de W olduğu bir grafik oluşturulduğu farz edilsin. Bir çizgi çifti işte böyle bir çizgi ve yanındaki boşluktan oluşur. Bu nedenle bir çizgi çiftinin genişliği $2W$ 'dir ve her bir mesafe ünitesine $1/2W$ çizgi çifti düşmektedir. Çözünürlüğün yaygın olarak kullanılan bir tanımı basitçe şöyledir, mesafe birimi başına fark edilebilen çizgi çifti; örneğin, milimetre başına 100 çizgi çifti gibi. Gri düzey çözünürlüğü benzer şekilde gri düzeydeki fark edilebilen en küçük değişikliğe denir. Şekil 2.5 gri düzeyleri 8 bit ile temsil edilen 1024 x1024 piksel bir imajı göstermektedir. Aynı zamanda Şekil 2.5'de gösterilen diğer imajlar, imajın 1024 x 1024 ile alt örneklemesinin neticesidir.



Şekil 2.5. 1024 x 1024, 8 bit bir imaj 32 x 32 piksel boyuta alt örnekle küçültülmüş. Müsaade edilebilir gri düzeyler 256'da tutulmuştur.

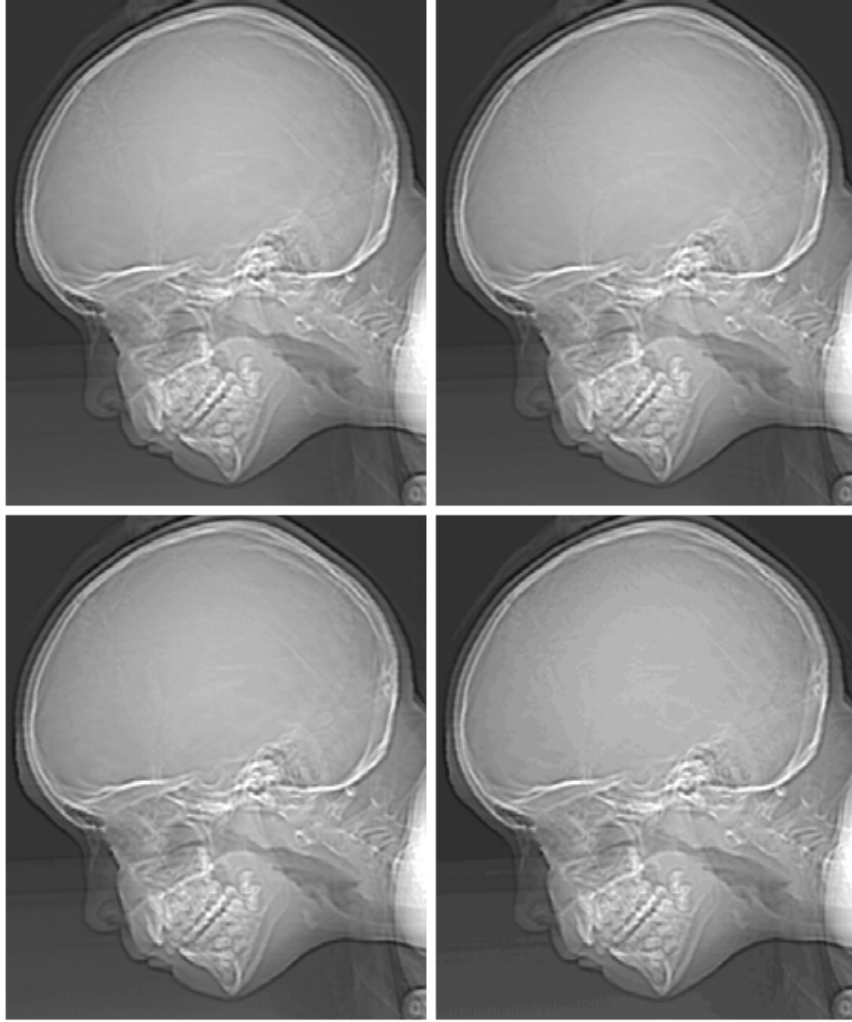
Bu imajlar muhtelif örnekleme yoğunlukları arasındaki boyutsal oranları göstermektedir, fakat boyutsal farklılıkları örneklerdeki azaltılmış sayıların sonuç üzerindeki etkilerini görmeyi zorlaştırmaktadır.

Şekil 2.5'te görüldüğü gibi piksel sayısı düştükçe resmin boyutu da küçülmekte ve dolayısıyla resmin büyütülmesi durumunda da görüntüdeki ayrıntılar kaybolmaktadır. Bu durum aynı zamanda bir görüntünün analogdan dijitale dönüştürülmesi durumunda örnekleme ve nicelendirmenin büyük değerlerde olmasının görüntünün kalitesi ile doğru orantılı olduğunu göstermektedir. Ancak piksel değeri büyüdüğü zaman bilgisayar hafızasında çok fazla yer işgal etmekte ve bilgisayarla işlenmesi durumunda ise çok geç işlem görmektedir. Bu nedenlerden dolayı bu tezde kaliteden fazla ödün vermeden ve yapılacak işlemlerinde hızlı olmasını sağlamak amacı ile 128 x 128 piksellik görüntüler kullanılmıştır.



Şekil 2.6 (a) 1024 x 1024, 8 bit imaj. (b) 512 x 512 imaj 1024 x 1024 piksel satır ve sütuna çoğaltılmış. (c)'den (f)'e kadar 256 x 256, 128 x 128, 64 x 64, ve 32 x 32 imajların 1024 x 1024 piksele geri örneklenmesi.

Şekil 2.6 (c)'de çözünürlüğün azalmasına bağlı olarak görüntüdeki kalitenin düştüğü çok rahat gözlemlenebilir. Çözünürlük ise görüntü kalitesini etkileyen başka bir faktör olup bu durum Şekil 2.7 deki röntgen görüntüsünde izlenebilir. Aynı şekilde gri seviyesi de röntgen görüntüsü üzerinde çok net bir şekilde gözlemlenebilir. Yüksek çözünürlükte röntgen kaynağını tek bir pozisyona sabitleyerek istenen herhangi bir yönde 2-D imaj elde edilebilir. Şekil 2.7 de bir dijital imajda gri düzey sayısını değiştirmenin tipik etkileri görülmektedir.



Şekil 2.7. (a) 452 x 374, 256-düzey imaj. (b)–(d) İmaj 128, 64, ve 32 gri düzeylerinde gösterilirken uzaysal çözünürlük sabit tutuluyor.

Dijital imajın pürüzsüz alanlarında yetersiz sayıda gri düzeyin kullanılması nedeniyle ortaya çıkan bu etkiye, yanlış konturlama denir, böyle denmesinin sebebi kabarıklılıklar bir haritadaki topografik konturları anımsatırlar. Yanlış konturlama genelde 16 veya daha az bir örnek aralıklı gri düzeylerin kullanılarak görüntülenen imajlarda, çok rahat gözükürler.

2.5. Piksellerdeki Bazı Temel İlişkiler

Bu bölümde, bir dijital imaj içindeki pikseller arasında bulunan bazı önemli ilişkileri ele alacağız. Daha önce de belirtildiği gibi, bir imaj $f(x, y)$ ile ifade edilir. Biz bu bölümde belirli bir piksele atıfta bulunurken, p ve q gibi küçük harfler kullanmaktayız.

2.5.1 Bir Pikselin Komşuları

(x, y) koordinatlarında bulunan Pikselin koordinatları $(x+1, y)$, $(x-1, y)$, $(x, y+1)$, $(x, y-1)$ ile verilen dört yatay ve dikey komşusu vardır. p 'nin dört komşusu diye adlandırılan bu piksel kümesi, $N4(p)$ ile ifade edilir. Her piksel (x, y) 'den bir birim uzaklıktadır ve p 'nin bazı komşuları, eğer (x, y) imajın hududunda ise dijital imajın dışında kalmaktadır. p 'nin dört köşegen komşusunun koordinatları $(x+1, y+1)$, $(x+1, y-1)$, $(x-1, y+1)$, $(x-1, y-1)$ olup $ND(p)$ ile ifade edilirler. 4-komşu ile birlikte bu noktalara p 'nin 8-komşusu denir, bu da $N8(p)$ ile ifade edilir.

2.5.2. Bitişik Olma, Bağlılık, Bölgeler ve Sınırlar

Pikseller arasında bağlantılık, bölgeler ve sınırlar gibi birçok dijital imaj kavram tanımını basitleştiren temel bir kavramdır. İki pikselin bağlı olup olmadığını tesis etmek için, bunların komşu mu oldukları ve gri düzeylerinin belirgin bir benzerlik kriterini tatmin edip etmediği saptanır (gri düzeyleri aynı şeklinde). Söz gelişi, değerleri 0 ve 1 olan bir ikili imajda, iki piksel 4-komşu olabilir, fakat ancak aynı değere sahiplerse bağlantıları olduğu söylenebilir. Bitişik olmayı tanımlayan gri düzey değerleri için kullanılan kümenin V olduğu varsayalım. Bir ikili imajda, eğer bitişik olma değeri 1 olan piksellere atıfta bulunuluyorsa, o zaman $V=\{1\}$ demektir. Gri ölçekli bir imajda da fikir aynıdır, fakat V kümesi tipik olarak daha fazla bileşen içerir. Örneğin, 0 ila 255 arasında gri düzey olanağı bulunan aralıkta piksellerin bitişik olması durumunda V , bu 256 değerden herhangi birine ait olabilirdi. Bu tez de üç tip bitişik olma dikkate alınacaktır:

(a) 4-bitişik olma. Değerleri V 'den olan iki p ve q pikseli eğer $q \in N4(p)$ kümesinde ise 4-bitişiktirler.

(b) 8-bitişik olma. Değerleri V 'den olan iki p ve q pikseli eğer $q \in N_8(p)$ kümesinde ise 8-bitişiktirler.

(c) m-bitişik olma (karışık bitişik olma). Değerleri V 'den olan iki p ve q pikseli m bitişiktirler eğer ki

(i) $q \in N_4(p)$ 'nin içinde ise veya

(ii) $q \in N_D(p) \vee N_4(p) \cap N_4(q)$ kümesinin içinde V 'den hiç değer almış pikselleri yok ise.

Karışık bitişik olma 8-bitişik olmadaki bir değişikliktir. 8-bitişik olmanın kullanılması ile ortaya çıkan belirsizliklerin ortadan kaldırılması için tanımlanmıştır. Örnek olarak, Şekil 2.8 (a)'da $V=\{1\}$ için gösterilen piksel düzeni göz önüne alınsın. Şekil 2.8 (b)'nin üstünde olan üç piksel, kesikli çizgi ile belirtilen çoklu (belirsiz) 8-bitişik olmayı göstermektedir. Bu belirsizlik, Şekil 2.8 (c)'de gösterildiği gibi m-bitişik olma kullanılarak ortadan kaldırılmaktadır. İki imaj alt kümesi S_1 ve S_2 , S_2 'de bulunan bir piksele bitişiktir. Burada ve takip eden açıklamalarda *bitişik* 4-, 8-, veya m-bitişik anlamına gelmektedir.

(x, y) koordinatları olan piksel p 'den (s, t) koordinatları olan piksel q 'ya kadar bir (dijital) yol (veya eğri), belirgin piksel sıralaması olan aşağıdakilere haiz koordinatlardır.

$$(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$$

$(x_0, y_0) = (x, y)$, $(x_n, y_n) = (s, t)$, ve (x_i, y_i) ve (x_{i-1}, y_{i-1}) 'nin $1 \leq i \leq n$ için bitişiktirler. Bu durumda, n yolun *uzunluğudur*. Eğer $(x_0, y_0) = (x_n, y_n)$ ise yol *kapalı* bir yoldur. 4-, 8-, veya m-yolunu belirtilen bitişikliğe göre tanımlanabilir. Mesela, Şekil 2.8(b)'de gösterilen kuzeydoğu ve güneydoğu arasındaki noktalar 8-yoldur ve Şekil 2.8(c)'deki yol bir m-yoldur. m-yoldaki belirsizliğin eksikliğine dikkat ediniz.



Şekil 2.8 (a) Piksellerin düzenlenmesi; (b) merkez piksele 8-bitişik olan pikseller (çizgili olarak gösterilmiştir); (c) m-bitişikliği.

Bölgeler ve sınırlar ile ilgili yapılan tartışmalarda *kenar* kavramı sıklıkla bulunur. Ancak bu kavramlar arasında temel bir fark vardır. Sonlu bir bölgenin sınırı kapalı bir yol oluşturur ve bu nedenle "global" bir kavramdır. Dolayısı ile kenar fikri "yerel" bir kavramdır ve bir noktadaki gri düzeyi kopukluğa dayanır. Köşelerin ve sınırların aynı olduğu bir istisna ikili imajlardır.

Piksellerdeki kenarların tespiti detayları korumak için önemli bir parametredir. Bu konuda da bulanık mantıkla yapılmış çalışmalar mevcut olmakla beraber daha çok gradiyent yöntemiyle kenar bulma işlemleri gerçekleştirilmektedir. Piksel komşulukları aynı zamanda gürültünün bulaşmış olduğu piksellerin tespitinde de önemli rol oynamaktadır. Çoğu zaman kenar pikselleri ile gürültü bulaşmış pikseller birbirine karışabilir. Bunun önüne geçmek için bulanık mantıkla sürekliliği olan piksel farklılıkları daha çok kenarları belirlerken süreksiz ve rasgele dağılmış gri seviyeleri oldukça farklı pikseller gürültü olarak kabul edilebilir.

Bu çalışma boyunca 3x3 lük matris ile işlemler yapıldığından dolayı 8*komşuluğu göz önünde bulundurulmuştur. buradaki temel amaç bir merkez piksel etrafındaki 8 adet pikselin merkeze göre gri seviyesinin değerlendirilmesidir.

Eğer merkez piksel ile komşu pikseller arasında anlamlı bir gri değer farklılığı yoksa ele alınan 3x3 lük matristeki merkez pikselin gürültü olma olasılığı düşer. Ancak anlamlı bir fark olması durumunda gürültü olma olasılığı üzerinde durularak çeşitli bulanık kurallarla durum analiz edilir.

2.5.3. Piksel Bazında Görüntü İşlemleri

Eş (2.9)'da, imajlar matrisler halinde temsil edilmektedir. Bilindiği gibi matris bölünmeleri tanımlanmamıştır. Bununla birlikte, bir imajın diğerine bölünmesi gibi bir işleme değindiğimizde, esasında bölünmenin iki imaj arasında birbirine tekabül eden pikseller arasında olduğunu belirtmek gerekir. Bu nedenle mesela eğer f ve g imaj iseler, f imajını g imajına bölerek bulduğumuz yeni oluşturulmuş imajın ilk unsuru, f içinde g pikseli tarafından bölünen ilk pikseldir; tabi ki burada g içinde hiç bir pikselin sıfır değerine sahip olmadığı varsayılmaktadır. Diğer aritmetik ve mantık işlemleri, olaya dahil olan imajlardaki tekabül eden pikseller arasında benzer şekilde tanımlanır.

2.6. Lineer ve Lineer Olmayan İşlemler

H girdi ve çıktıları imaj olan bir operatör olsun. Eğer herhangi f ve g iki imajı ve herhangi a ve b iki ölçek için aşağıdaki gibi geçerliyse, o zaman H için *lineer operatör* denilebilir.

$$H(af + bg) = aH(f) + bH(g). \quad (2.13)$$

Başka bir deyişle, iki imajın toplamına uygulanan lineer operatörün sonucu (gösterilen sabitlerle çarpılmış olan) operatörü teker teker imajlara uygulamakla, uygun sabitlerle sonuçları çarpıp, ondan sonra çıkan sonuçları toplamakla aynıdır. Örnek olarak fonksiyonu K imajlarını hesaplamak olan bir operatör, bir lineer operatördür. İki imajın mutlak değerlerinin farkını hesaplayan bir operatör lineer değildir. Eş (2.13) testinden kalan bir operatör tanım olarak *lineer değildir*. İmaj işleminde lineer işlemler olağanüstü öneme haizdir çünkü bunlar çok iyi anlaşılan teorik ve pratik sonuçlara dayanır. Bazen lineer olmayan işlemler daha iyi netice verse de, her zaman tahmin edilebilir değildirler ve çoğunlukla teorik olarak çok iyi anlaşılmış değildir.

2.7. Görüntü İyileştirme Teknikleri

Bu tezde öncelikle uzaysal düzlemdeki görüntü iyileştirme tekniklerinden bahsedilmiştir. Özellikle tıbbi amaçla kullanılan görüntülerin iyileştirilmesi hedeflendiği için bütün iyileştirilme tekniklerine değinilmemiştir. Zira yapılan çalışma uzaysal düzlemde yapılan iyileştirme tekniklerinden doğrusal olmayan bir çalışmadır. Görüntü iyileştirme, temel olarak herhangi bir görüntünün spesifik bir uygulama açısından daha uygun bir şekle dönüştürme işlemidir. Bu dönüştürme bazen şeklin bütününe daha çok bozarken ancak ilgilenilen kısmı daha görünür hale getirebilir. Görüntü işleme tekniklerinin hiç biri görüntüde olmayan yeni bir bilgiyi elde edemez, sadece mevcut görüntü bilgilerinin değişik işlemlerle daha kullanışlı hale getirilmesini sağlar. Görüntü iyileştirme, eldeki bir görüntünün belli bir amaca uygun şekilde daha iyi anlaşılır hale getirilmesidir. Böylece şeklin istenilen özellikleri insanın görsel sistemi için daha kolay anlaşılır ya da otomatik görüntü analiz sistemleri tarafından algılanması daha kolay hale gelir. Görüntü iyileştirme, orijinal görüntüde ilk bakışta gözlemlenebilir olmayan görüntü detaylarını göstermek ve gözlemcinin görüntüyü daha iyi değerlendirebilmesi için gözlemciye iyi bir imkân sağlaması açısından önemlidir. Örnek olarak görüntü yüksek düzey bir parazite sahip olduğunda ya da görüntüdeki karışıklık yetersiz olduğunda, verinin ve görüntünün dinamik aralığının orantılı veya yeterli olmadığı bir durumda görüntü iyileştirmeden faydalanılır. Böylece orijinal görüntüde görülemeyen bazı detaylar görülebilir.

Temel olarak görüntü iyileştirme, bir şeklin diğer bir şekle dönüştürülmesidir. Bu dönüşüm bire-bir olmak zorunda değildir. Daha da genel olarak, bir şeklin çoklu iyileştirilmiş versiyonları üretilmek istenebilir. Böylece tek bir görüntüden farklı amaçlar için değişik iyileştirme teknikleri kullanılarak birden çok görüntü elde edilebilir. Elde edilen her bir görüntü istenen farklı özellikleri için kullanılabilir. Bu durumda da iyileştirilmiş görüntüdeki bir özellik net bir şekilde gözlemlenirken diğer özellikler de başka iyileştirilmiş görüntü versiyonlarında net bir şekilde gözlemlenebilir. Zira bazen görüntüdeki bir ayrıntının netleşmesi sağlanırken başka bir ayrıntı fark edilemez hale gelmesine neden olabilir. Bu durum dikkate alınmadığı takdirde özellikle tıbbi uygulamalarda çok sakıncalı sonuçlar ortaya çıkabilir.

Çoğunlukla, görüntüdeki belirli iyileştirme özellikleri, arzu edilmeyen etkileri de ortaya çıkarmaktadır. Çok önemli olan bir görüntü bilgisi kaybedilebilir ya da iyileştirilmiş görüntü orijinal şeklin zayıf bir temsili olabilir. İyileştirme algoritmaları orijinal görüntüde olmayan bir bilgiyi var edemez ancak görüntüdeki bazı görünmeyen unsurları görünür haline getirebilir.

Bu bölümde, çoğunlukla medikal görüntülerde kullanılan görüntü iyileştirme algoritmaları oluşturulacaktır. Çoğunlukla görüntü iyileştirme ve görüntü nitelendirmede kullanılan bir şeklin histogramı, her bir gri düzeydeki görüntüde piksellerin sayısını içeren bir vektör olarak tanımlanır. Histogram, $h(i)$, şu şekilde tanımlanabilir.

$$h(x, y) = T[f(x, y)] \quad (2.14)$$

$$h(i) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} \delta(f(x,y) - i) \quad i=0,1,2,\dots,P-1 \quad (2.15)$$

Burada

$$\delta(w) = \begin{cases} 1 & w = 0 \\ 0 & \text{diğerhal} \end{cases} \quad (2.16)$$

Kullanışlı bir görüntü iyileştirme operasyonu, aynı zamanda maske olarak bilinen ve lokal operatörlerin kullandığı konvolüsyondur. $w(k,l)$ maskesi, maskenin merkezindeki bir nokta olan $(k,l) = (0,0)$ 'da dizinin katsayılarını $(2K + 1 \times 2L + 1)$ şeklinde düşünürsek, maske ile birlikte şeklin konvolüsyonu şu şekilde tanımlanır:

$$g(x,y) = w(k,l) * f(x,y) = \sum_{k=-K}^K \sum_{l=-L}^L w(k,l) f(x-k, y-l) \quad (2.17)$$

ki burada, $g(m,n)$ konvölüsyonun sonucu ya da görüntü çıkışıdır. Şekli maske ile birlikte konvüle etmek için, maske görüntü piksellerinin (m,n) merkezinde yer alır, maske katsayıları ve bunlara karşılık gelen görüntü piksellerinin yeni değerleri tespit edilerek bu yeni değerlerin nihai toplamı (m,n) 'de görüntü çıkışının piksel değeri olarak kullanılır. Çıkış şeklinin tamamı $g(x,y)$, orijinal görüntüdeki tüm piksellere

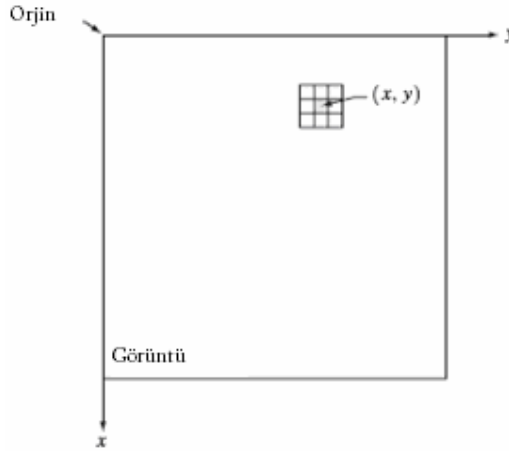
aynı işlemin tekrar uygulanması ile elde edilir. Bir konvolüsyonun maskesi, spesifik bir iyileştirme operasyonu ya da şeklin özelliklerinin değişimini etkili kılmak için şekle uygulanabilir. Maske katsayılarının spesifik değerleri arzu edilen farklı iyileştirme türlerine bağlıdır [18].

2.7.1. Görüntü iyileştirmede temel bilgiler

Daha önceden de belirtildiği gibi, uzaysal alan, bir görüntüyü oluşturan piksellerin toplamına denmektedir. Uzaysal alan yöntemleri doğrudan bu pikseller üzerinde işlemde bulunan prosedürlerdir. Uzaysal alan işlemleri aşağıda belirtilen ifade ile gösterilecektir.

$$g(x, y) = T[f(x, y)] \quad (2.18)$$

Burada $f(x,y)$ girdi görüntüsü, $g(x,y)$ ise işleme tabi tutulmuş görüntüdür ve T ise f üzerinde bir operatör olup (x,y) 'in komşu alanı üzerinden tanımlanmıştır. Buna ilaveten T , bir küme girdi görüntüsü üzerinde işlemde bulunabilir. Bir nokta hakkında (x,y) komşu alanı tanımlamak için ana yaklaşım, Şekil 2.9'da gösterdiği gibi (x,y) noktasında merkezileşmiş bir kare ya da dikdörtgen alt imaj kullanmaktır. Alt imajın merkezi, mesela üst sol köşeden başlamak üzere piksel piksel oynatılacaktır. Çıktı g 'yi o noktada oluşturmak için her bir (x,y) mahallinde operatör T uygulanacaktır. Bu işlem sadece komşu alan tarafından kapsanmış imaj alanındaki pikselleri kullanır. Diğer, komşu şekiller, mesela bir daireye yapılan yakınlılaştırmalar bazen kullanılsa bile, kare ve dikdörtgen diziler uygulanma kolaylıkları nedeni ile en hakim olanlarıdır.

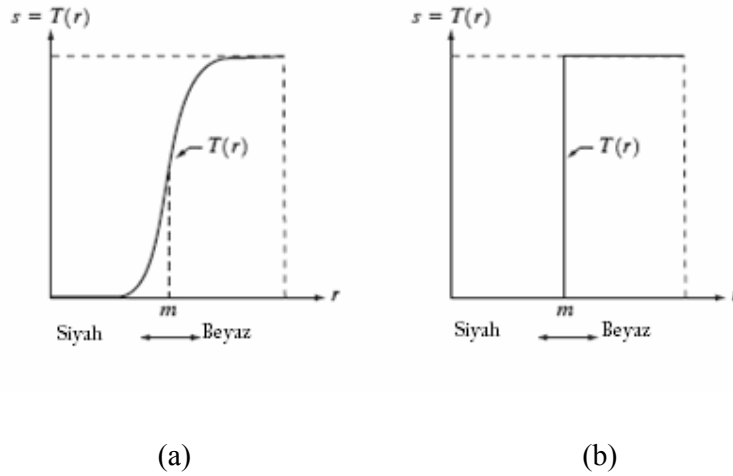


Şekil 2.9. A 3 X 3 Bir imaj içindeki nokta hakkında (x,y) komşu alan

T 'nin en basit şekli, komşunun 1 x 1 boyutunda olduğu zamandır (yani tek piksel). Bu durumda g sadece (x,y) noktasında f 'in değerine bağlıdır, ve T şeklin *gri-seviye* (ayrıca yoğunluk veya haritalama olarak da adlandırılır) *dönüşüm fonksiyonu* haline gelir.

$s = T(r)$ olması durumunda Burada gösterimi basitleştirmek için, r ve s değişkenleri sırası ile f 'nin (x,y) ve g 'nin (x,y) herhangi bir noktada (x,y) gri seviyesini göstermektedir. Mesela, eğer $T(r)$ Şekil 2.10 (a)'da gösterilen yapıda ise, bu dönüşümün etkisi orijinalde olandan daha yüksek kontrastta bir imaj üretmek ve bunu da orijinal imajda m 'nin altındaki seviyeleri koyulaştırarak ve m 'nin üstündeki seviyeleri daha açık hale getirmek sureti ile yapmaktır. Kontrast esnekliği olarak bilinen bu teknikte, m 'nin altındaki r değerleri dönüşüm fonksiyonu tarafından, siyaha doğru dar bir aralık olan s 'ye doğru sıkıştırılmaktadır. Ters etki m 'nin üstündeki r değerleri için oluşur. Şekil 2.10(b)'de kısıtlayıcı durumda gösterildiği gibi $T(r)$ iki seviyeli (ikili) bir imaj üretmektedir. Bu şeklin bir haritalaması, eşikleme fonksiyonu olarak adlandırılır. Bazı gerçekten basit ve aynı zamanda güçlü, gri-seviye dönüşümleri işleme yaklaşımları ile oluşturulabilir. Bir imajda daha iyi hale getirmek sadece o noktadaki gri seviyeye bağlı olduğu için, bu kategorideki tekniklere sıklıkla *nokta işlemesi* olarak değinilir.

Daha büyük komşu alanlar daha fazla esnekliğe imkan verir. Genel yaklaşım (x,y) noktasında g 'yi belirleyebilmek için, (x,y) 'nin daha önceden tanımlanmış komşu alanında f in değerlerinin bir fonksiyonunu kullanmaktır. Bu formülasyon içindeki başlıca yaklaşımlardan bir tanesi, maskelerin kullanılmasıdır (bunlara ayrıca filtreler, çekirdekler, şablonlar veya pencereler de denilmektedir). işlemi veya filtreleme denilir.



Şekil 2.10. Kontrastın daha iyi hale getirilmesi için gri seviye dönüşüm fonksiyonları

2.8. Piksel Bazında Yapılan Görüntü İyileştirme Teknikleri

Bu bölümde pikselin sadece gri düzeyine bağlı olan ve pikselin komşu alanını ya da tüm-görüntü özelliklerini dikkate almayan görüntü iyileştirme yöntemlerini açıklanacaktır. Burada yapılacak tüm işlemler pikselin üzerinde yapılacaktır.

2.8.1. Görüntü ya da baskı aracının doğrusal olmayan özellikleri için kompanzasyon

Dijital görüntüler, fotoğrafik emilsiyonların bir takım çeşitlerinin kullanılmasıyla basılı veya katot ışınlu tüp (CRT) şekilli görüntü sistemleriyle genellikle sergilenmektedir. Çoğu görüntü mekanizmaları, şeklin görüntüde incelendiğinde onun doğrusal olmayan yoğunluk profilinin ortaya çıkmasından kaynaklanan doğrusal olmayan yoğunluk özelliklerine sahiptir. Bu özellikte bir etki kısaca;

$$E(x,y)=C(f(x,y)) \quad (2.19)$$

şeklinde tarif edilebilir. Burada elde edilen yoğunluk şekli $f(m,n)$ dir ve bu etki $e(m,n)$ görüntü sistemi tarafından gerçekleşen yoğunluk çıkışını temsil eder ve burada $C()$ doğrusal olmayan bir görüntü sistem operatörüdür. Görüntünün doğrusal olmayan özelliklerini düzeltmek için doğrusal olmamasının tersi olan bir dönüşüm uygulanmalıdır.

$$g(x,y) = T(e(x,y)) = C^{-1}(C(f(x,y))) \quad (2.20)$$

$$g(x,y) = f(x,y) \quad (2.21)$$

Burada görüntü sistem operatörü olan $C^{-1}(.)$ 'ye eşit doğrusal olmayan operatör $T()$, dir ve $g(x,y)$ ise çıkış şeklidir.

Doğrusal olmamanın özelliklerinin belirlenmesi pratikte zor olabilir. Bununla beraber doğrusal olan yoğunluk ölçme aygıtı, doğrusal olmamanın gerçek özelliklerini belirlemede görüntü sisteminin çıkışını ortaya konulması gerekir.

2.8.2. Gri skala derecesi değiştirilerek yapılan görüntü iyileştirilmesi

Bazen görüntünün gri skalası çok dar veya geniş olduğunda görüntüdeki bazı detaylar görünür olmaktan çıkar ve istenen bölgelerde ya siyah alan veya beyaz bir alan olarak görünür. Gri skalası değiştirilerek elde edilen yeni görüntüde daha detaylı görüntü elde edilebilir. Elde edilen görüntü verisinin dinamik aralığı görüntü sisteminin özelliklerini aştığında – ya da tam tersi olduğunda – yoğunluk derecelemesi en sık kullanılan bir görüntü iyileştirme yöntemidir. Bu, gözlemcinin özel bir görüntüde ilgilendiği belirgin olarak dar olan yoğunluk bantlarındaki görüntü bilgisi olabilir. Yoğunluk derecelemesi, şekli değiştirerek görüntüdeki belirgin yoğunluk bantlarına gözlemcinin odaklanmasını sağlar öyle ki bu ilgili yoğunluk bandı görüntünün dinamik aralığını kapsar. Örneğin eğer f_1 ve f_2 ilgili yoğunluk bandını tanımlamada bilinirse dereceleme dönüştürmesi şu şekilde gösterilir;

$$g = \left\{ \frac{e - f_1}{f_2 - f_1} \right\} \cdot (f_{max}) \quad (2.22)$$

Burada e ara şekli g çıkış şeklini ve f_{max} maksimum görüntü yoğunluğunu ifade etmektedir.

2.8.3. Histogram eşitlemesi kullanarak görüntü iyileştirme

Histogram bir görüntüdeki piksellerin gri seviyelerinin piksel sayısına göre grafiği olarak isimlendirilebilir. Bazen pikseller çok dar bir alanda daha fazla yoğunluk gösterdiklerinde detaylar görünmeyebilir. Bu durumda histogram eşitlemesi yapılarak piksellerin daha eşit bir şekilde skala üzerinde dağılımı sağlanabilir. Yoğunluk derecelemesi, belirgin yoğunluk bantlarında var olan şekil bilgisini iyileştirmede çok etkili olmasına rağmen, çoğunlukla bilgi, kullanışlı yoğunluk bantlarını tanımlamak için gerekli bilgiler elde olmayabilir.. Bu gibi durumlarda, kullanışlı yoğunluk bandı üzerinde aynı tarzda olduğu gibi şekildeki yoğunluk bilgilerini dağıtarak şekilden kullanıcıya taşınan bilgiyi maksimize etmek için Histogram eşitlemesi daha kullanışlı olabilir.

Bu yaklaşım, yoğunluk şeklinin olasılık yoğunluk fonksiyonu olarak türetilen şeklin normalize edilmiş histogramında kuramsal-bilgi yaklaşımının anlaşılması üzerine kuruludur.

Yukarıda gösterildiği gibi, histogram, imajdaki 0 ile P-1 gri düzeyleri ile $h(i)$ olarak tanımlanmıştır. İmajdaki toplam piksel sayısı, $M*N$, $h(i)$ 'deki tüm değerlerin toplamıdır. Böylece, imajın en değişmeyen yoğunluk profilini dağıtmak için histogramdaki her bir piksel yoğunluğunun $(M*N)/P$ 'nin piksel sayısına sahip olmalıdır.

Genelde, yeni yoğunluk skalasındaki piksel sayısının artması sonucuyla piksellerin verisi bir yoğunluktan başka bir yoğunluğa geçmesi olasıdır. Diğer taraftan piksel sayısını arzu edilen $(M*N)/P$ 'ye düşürmek için belirgin bir yoğunlukta piksel sayısını azaltma yada bölmenin kabul edilebilir bir yolu yoktur. Tahmini benzerliği başarmak

için çok sayıda piksel değeri üstünde piksel sayısının ortalama değeri aynı düzeye yakın hale getirilebilir.

İmajdaki piksellerin yeniden dağıtılması için elde hazır bulunan ve basit bir

$$H(j) = \frac{1}{M.N} \sum_{i=1}^j h(i) \quad j=0,1,.....P-1 \quad (2.23)$$

prosedür şeklinde tanımlanan normalize edilmiş kümülatif histograma dayanmaktadır. Normalize edilmiş kümülatif histogram, imajdaki orjinal gri düzeyler ile iyileştirme için gerekli yeni gri düzeyler arasındaki taslak olarak kullanılabilir. İyileştirilmiş şekil $g(x,y)$, eğer $g(x,y)=(P-1)*H(f(x,y))$ şeklinde tanımlanırsa, en fazla düzgün olan bir histograma sahip olacaktır.

2.8.4. Görüntü iyileştirmede lokal operatörlerin kullanılması

Lokal operatörler her bir piksel için genellikle komşu piksellerin değerlerine bağlı yeni değerler sağlayarak – ki bu durumda sadece bu piksele bağlı olan ve diğerleri de buna yakın alanlarda olan – imajı iyileştirir. Pek çok lokal operatör maske konvülyasyonu ile uygulanan doğrusal uzaysal filtreleridir, bazıları doğrusal olmayan operatörlerdir ve diğerleri de komşu alan içindeki histogram eşitlemesi olarak bilinir.

2.8.5. Gri seviye dönüşümleri yaparak görüntü iyileştirme

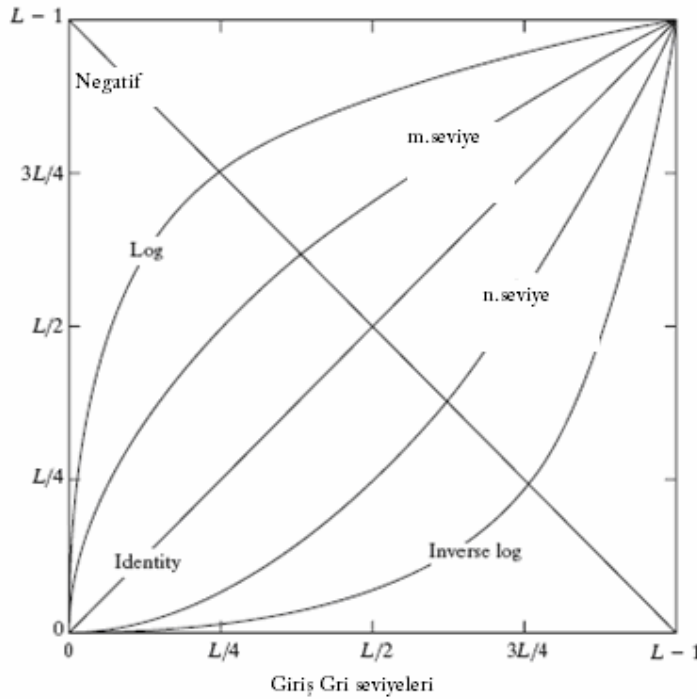
Görüntüyü daha iyi hale getirme tekniklerinden biri piksellerin gri seviyelerinin dönüşümüdür. Bu imajı daha iyi hale getirmenin en basit teknikleri arasındadır. İşleme tabi tutulmasından önce ve sonra olan piksel değerleri, sırası ile r ve s ile gösterilecektir. Daha önceki bölümde gösterildiği gibi, bu değerler şeklin $s = T(r)$ ifade edilmesi ile ilgilidir ve burada T bir piksel değeri olan s 'e piksel değeri r 'yi haritalayan dönüşümdür. Burada dijital değerler ele alındığı için, dönüşüm fonksiyonunun değerleri tipik olarak tek boyutlu dizide saklanır ve r 'den s 'ye kadar olan haritalamalar tablo aramaları aracılığı ile uygulanır. Bir 8 bitlik ortam için, T değerlerini ihtiva eden bir arama tablosunda 256 giriş bulunması gerekir [19].

2.8.6. Görüntünün negatifini alarak görüntü iyileştirme

Bir görüntünün bazen negatifini alınarak daha iyi görünmesi sağlanabilir. Özellikle tıbbi amaçlı bazı görüntülerdeki lezyonlar negatifleri alındığı zaman daha görünür hale gelebilmektedir. Örnek olarak bir mamografi görüntüsü içindeki bazı dokular normal çekim tekniği ile iyi görünmez iken negatif alındıktan sonra daha iyi görünür hale gelebilmektedir.

$[0, L - 1]$ aralığında gri seviyeleri olan bir imajın negatifini, Şekil 2.11'de gösterilen negatif dönüşüm kullanılarak elde edilmiştir ve bu şöyle ifade edilir:

$$s = L - 1 - r \quad (2.24)$$

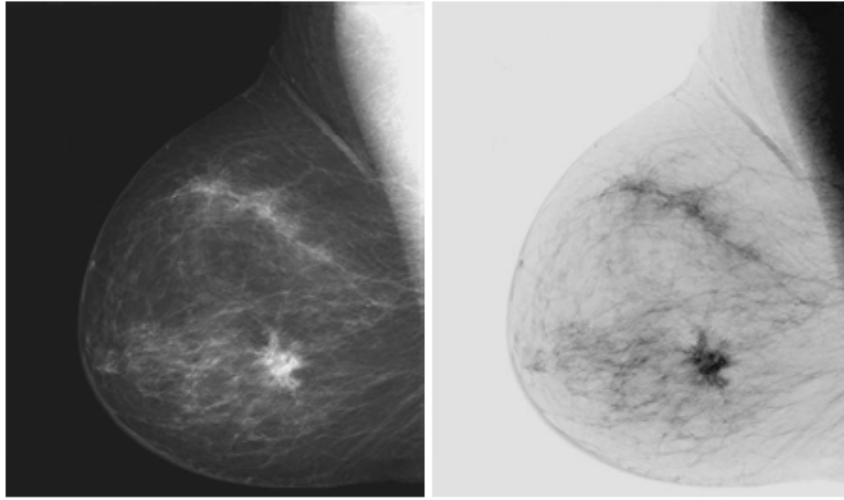


Şekil 2.11. Bazı temel gri seviye dönüşüm fonksiyonları

Şekil 2.11'de de görüldüğü gibi giriş ve çıkış gri seviyelerinin fonksiyona bağlı değişimleri görüntü üzerinde lineer ve lineer olmayan bazı işlemlerin gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Bu işlemler kontrastın artırılması görüntünün

negatifinin alınması gibi işlemler olduğu gibi görüntünün saturasyon değerlerindeki değişiklikler de olabilir.

Bu şekilde bir imajın yoğunluk seviyelerini tersine çevirmek, bir fotoğrafın negatifine eş değer sonucu üretmektedir. Bu tip işlem özellikle bir imajın koyu kesimlerdeki beyaz veya gri detayı daha belirgin hale getirmek için uygundur. Bir örnek Şekil 2.12’de verilmiştir.



Şekil 2.12. a) Orijinal dijital mamogram b) Eş (2.24)’deki negatif dönüşümü kullanarak elde edilen negatif imaj (G.E. Tıbbi sistemleri tarafından temin edilmiştir)

Orijinal imaj küçük bir lezyonu gösteren bir dijital mamogramdır. Her iki imajda da görsel içeriğin aynı olmasına rağmen, özellikle bu durumda negatif imajda göğüs dokusunu analiz etmenin ne kadar daha kolay olduğu görülmektedir.

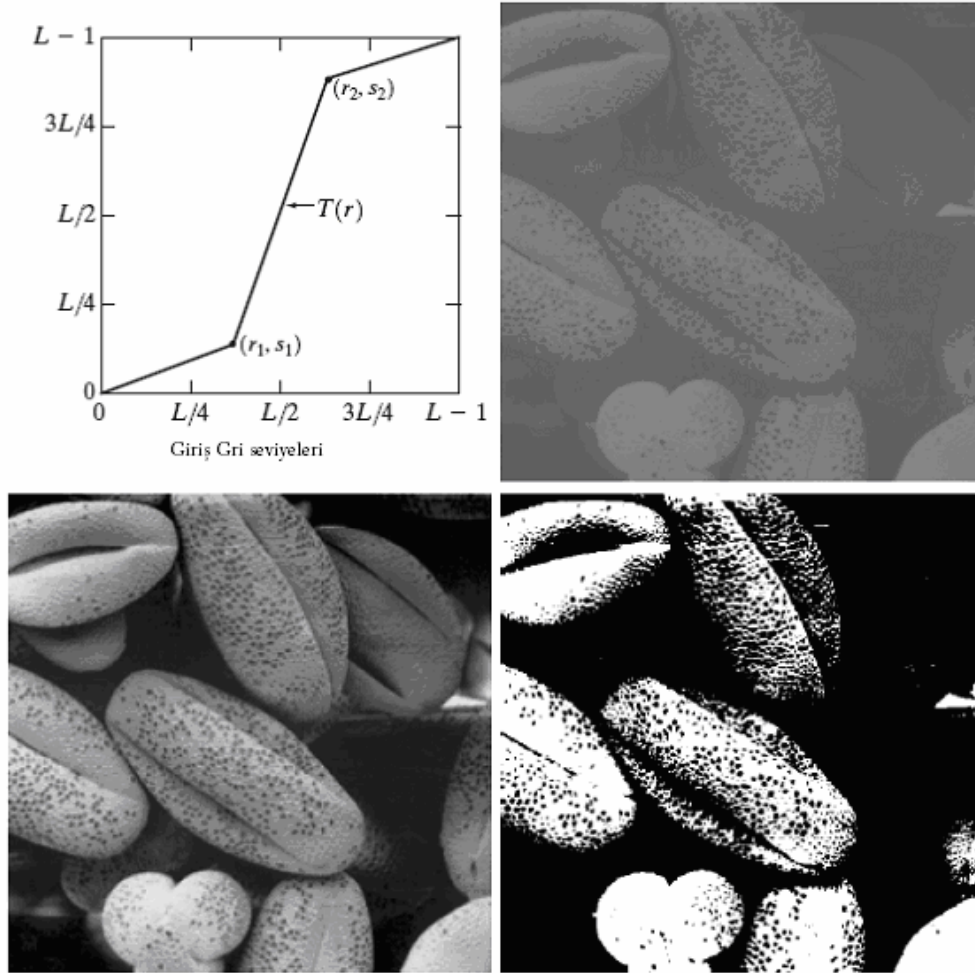
2.8.7. Kontrast arttırarak görüntü iyileştirme

En basit lineer fonksiyonlardan biri kontrast artırma dönüşümüdür. Düşük kontrastlı imajlar kötü aydınlatma, görüntüleme algılayıcısındaki dinamik aralık eksikliği, veya imaj alınması esnasında mercek açıklığının yanlış ayarlanması sonucu olabilir.

Kontrast artırmanın arkasındaki fikir, işleme tabi tutulmakta olan imajda, gri seviyelerin dinamik aralığını artırmaktır. Özellikle bu durumlara röntgen çekimlerinde veya MR görüntülerinde sıkça rastlanmaktadır.

Görüntünün kontrasta bağlı değişikliği için Şekil 2.13 (a), kontrast artırma için kullanılan tipik bir dönüşümü göstermektedir. Noktalar (r_1, s_1) ve (r_2, s_2) dönüşüm fonksiyonunun şeklini kontrol etmektedir. Şekil 2.13 (b) düşük kontrast ile 8 bitlik bir imaj göstermektedir. Şekil 2.13 (c) kontrast büyütmesinin sonucunu göstermektedir, bu sırası ile imajdaki minimum ve maksimum gri seviyelerin r_{min} ve r_{max} gösterilmesi ile şu şekilde ayarlanarak gerçekleştirilmiştir

$$(r_1, s_1) = (r_{min}, 0) \text{ ve } (r_2, s_2) = (r_{max}, L-1).$$



Şekil 2.13. Kontrast artırma (a) Dönüşüm fonksiyonunun şekli. (b) Düşük kontrastlı bir imaj (c) Kontrast artırma sonucu (d) Eniklendirmenin sonucu

Şekil 2.13'te kontras arttırılarak görüntüdeki detayların nasıl ön plana çıktığı görülmektedir. Bu durum özellikle MR ve CT de çekilen hatalı çekimlerin daha görünür hale gelmesinde etkili bir yöntemdir.

2.9. Medyan Filtresi Kullanarak Gürültü Bastırma

Düzenli istatistik filtreleri lineer olamayan uzaysal filtrelerdir ve bunların yanıtı filtre tarafından kapsanan alan içerisindeki imajın piksellerinin sıralanmasına dayanır ve daha sonra merkezi piksel değeri sıralama ile belirlenen sonuç değeri ile değiştirilir.

Bu kategoride en iyi bilinen örnek medyan filtredir ve isminden de anlaşılacağı üzere, bir pikselin değerini, o piksele komşu alanlardaki gri seviyelerin medyanı ile değiştirir (pikselin orijinal değeri medyanın hesaplanmasına dahil edilir). Medyan filtreleri oldukça popülerlerdir çünkü belli bazı rasgele gürültü için bunlar mükemmel gürültü azaltma kabiliyeti gösterirler ve benzer boyuttaki lineer düzeltme filtrelerine göre çok daha az bulanıklığa neden olurlar. Medyan filtreler imaj üzerinde beyaz ve siyah noktalar halinde görünen ve tuz ve biber gürültüsü olarak da adlandırılan özellikle darbe gürültüsünün mevcut olduğu hallerde etkilidirler.

Bir küme değerin Medyanı, ξ , küme içerisindeki değerlerin yarısının ξ 'e eşit veya daha düşük değerde ve diğer yarısının ise ξ 'e eşit veya daha büyük değerde olduğu durumdur. Bir imajın içinde bir noktada medyan filtrelemesi yapabilmek için ilk önce ilişkili pikselleri ve komşu alandakilerin bir düzene sokulması gerekir. Daha sonra medyan belirlenir ve bu değer piksele atanır.

Bir komşu alanda bir çok değer birbirinin aynı ise bütün aynı değerler gruplanır. Mesela 3x3 komşu alanın aşağıdaki verilen dizi şeklindeki değerlere sahip olduğu düşünülürse (10,20,20,20,15,20,220,25,10). Bu değerler küçükten büyüye doğru sıralanırlar (10,15,20,20,20,20,20,25,100) ve bu dizinin medyanı 20 olduğu ortaya çıkar. Bu nedenle medyan filtrelerinin başlıca fonksiyonu, belirgin gri seviyelere sahip olan noktaları daha fazla komşu alanlardaki gibi olmak üzere zorlamaktır [20].

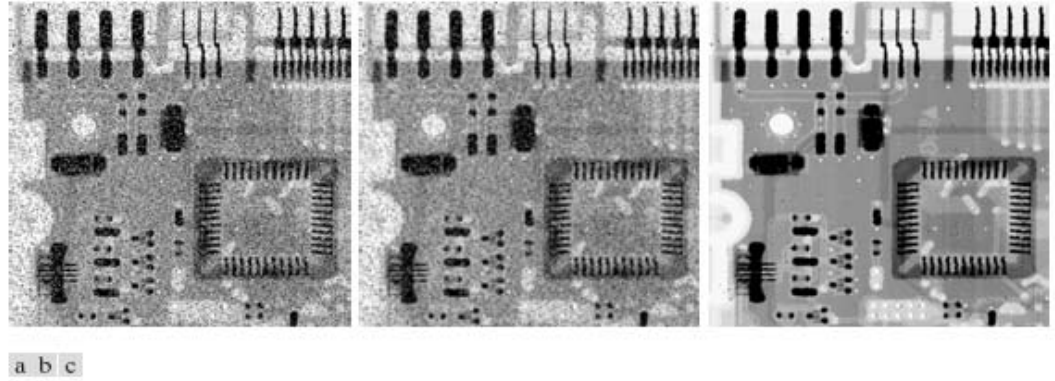
Gerçekten de komşularına göre açık veya koyu olan ve alanları $n^2/2$ (filtre alanının yarısı) den küçük olan piksellerin izole edilmiş gruplanmaları, $n \times n$ medyan filtresi tarafından ortadan kaldırılır. Bu durumda “ortadan kaldırmak” komşuların medyan yoğunluğuna doğru itilmek anlamına gelmektedir. Daha büyük gruplanmalar önemli ölçüde daha az etkilenirler.

Medyan filtre, imaj işlenmesinde en faydalı düzenli istatistik filtre olmasına rağmen, hiç bir şekilde tek mevcut araç değildir. Medyan sıralanmış numaraların yüzde 50’lik kısmını temsil etmektedir, fakat şu da iyi bilinmelidir ki, sıralama birçok başka olanaklara kapı açmaktadır. Örnek olarak maksimum filtreleme tekniğinde resim içindeki en parlak pikselleri göstermek açısından yararlıdır. 3 x 3 maksimum filtrenin yanıtı $R = \max\{z_k | k = 1, 2, \dots, 9\}$ ile verilmektedir. Minimum filtre ise tam tersi

amaç için kullanılır. Şekil 2.14 (a) siyah ve beyaz gürültü tarafından çok kötü bozulmuş devre panelinin röntgen imajını vermektedir. Bu gibi durumlarda ortalama filtrelemeye mukayese ile medyan filtrelemenin avantajını gösterebilmek için, Şekil 2.14 (b)'de gürültülü imajı 3 x 3 komşu alan ortalama maskesi ile işlemden geçirmenin sonucu ve Şekil 2.14 (c)'de ise 3 x 3 medyan filtre ile işlemden geçirmenin sonucu verilmektedir.

Ortalama filtre ile işleme tabi tutulan imaj daha az görünür gürültüye sahip fakat buna karşın önemli ölçüde buğulanma oluşmuştur. Bu durumda medyan filtrelemenin ortalama filtreleme üzerindeki üstünlüğü her açıdan açık bir şekilde görülmektedir. Genel olarak, beyaz ve siyah noktaların (tuz ve biber) ortadan kaldırılmasında medyan filtreleme, ortalama filtrelemeye göre çok daha uygun gözükmetedir [21].

Ortalama filtre kullanılarak darbe gürültüsünün bastırılması çok fazla önerilen bir yöntem değildir. Bunun en büyük nedeni ise görüntüdeki darbe gürültüsü değerleri komşu piksellerden çok farklı olduğundan ortalama alındığında bile bu değer in makul bir seviyeye inememesi ve görüntü üzerinde bir leke olarak kalmasıdır. Ancak medyan filtresi lineer olmayan bir filtre olduğundan komşu piksellerin ortalamasından ziyade en benzerini aldığından daha etkili bir cevap vermektedir. Aynı zamanda medyan filtresi ortalama filtreye göre detayları daha çok koruyarak gürültü eliminasyonunu sağlamaktadır.



Şekil 2.14 (a) Siyah ve beyaz gürültü tarafından çok bozulmuş devre panelinin röntgen imajı. (b) 3 x 3 ortalama maskesi ile gürültünün azaltılması. (c) 3 x 3 medyan filtre ile gürültünün azaltılması

Medyan filtreleme lineer olmayan bir filtreleme tekniği olup ortalama filtreye göre kenar detaylarını korumak açısından kullanımı daha avantajlı bir filtrelemedir [22]. Medyan filtre ile kenar detayları korunurken imgeye bulaşmış darbe gürültüsü de bastırılır. Ancak medyanın bir dezavantajı darbe gürültüsü haricindeki gürültülerde pek etkili olmaması ve darbe gürültüsünün belli bir oranı geçtikten sonra medyan filtresinin yetersiz kalmasıdır. A imgesindeki bütün pikseller B deki maskenin komşu piksellerinin medyanı ile değiştirilmek suretiyle yeni bir iyileştirilmiş C görüntüsü elde edilebilir [23].

Darbe gürültüsünün bastırılmasında en etkili filtreleme yöntemlerinden biri bilindiği üzere medyan filtresidir. Temel olarak sonlu bir dizinin değerleri küçükten büyüğe ya da büyükten küçüğe sıralanarak en ortadaki değere veya değerlere ortanca değeri denir. Eğer dizi iki boyutlu ise öncelikle iki boyutlu dizinin değerleri tek bir boyuta indirgenerek sıralanır ve ortanca değeri hesaplanır. İki boyutlu dizilerde ortanca değeri hesaplanırken genellikle dizinin tek sayıda dizi elemanının olması tercih edilir, çünkü bu durumda orta değer doğrudan alınabilir. Eğer dizi elemanlarının sayısı çift ise bu durumda dizinin ortasında kalan iki elemanın değerinin aritmetik ortalaması alınarak ortanca değeri hesaplanır. Şekil 2.15 te medyan değerinin nasıl bulunduğu şekil üzerinde anlatılmıştır [24].

$A = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$ olmak üzere

$$MEDYAN(A) = \begin{cases} a_{k/2}, & k = \text{çift sayı ise} \\ a_{(k+1)/2}, & k = \text{tek sayı ise} \end{cases} \quad (2.25)$$

$$\mathbf{C} = \mathbf{A} * \mathbf{B}$$

$$\mathbf{B} = [B_1 \quad B_2 \quad B_3]$$

$$C_i = \text{median} \{A_{i-1} \times B_1, A_i \times B_2, A_{i+1} \times B_3\}$$

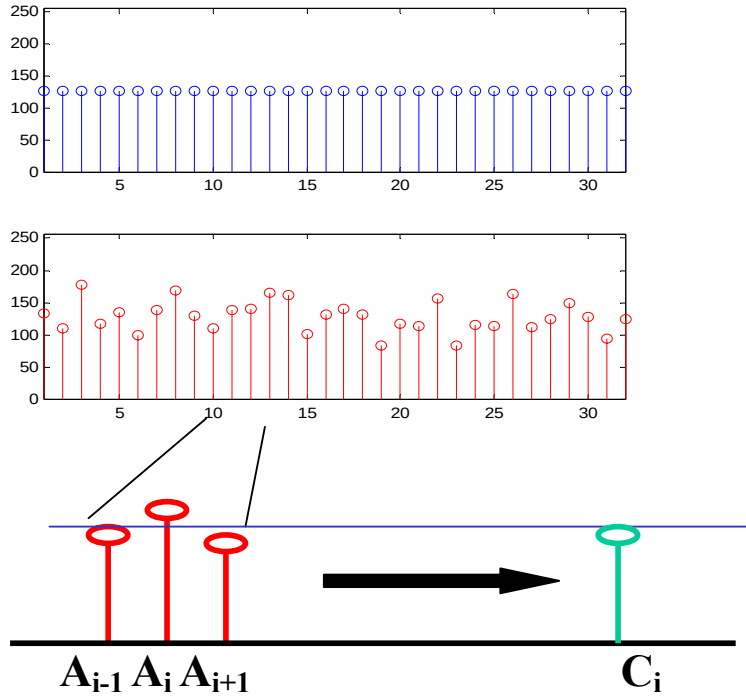
$$\mathbf{B} = [1 \quad 1 \quad 1]$$

$$C_i = \text{median} \{A_{i-1}, A_i, A_{i+1}\}$$

$$C_{k,l} = \text{median}_{i=k:k+M-1, j=l:l+N-1} \{A_{i,j} \times B_{i-k+1, j-l+1}\} \quad (2.26)$$

$$B_{i,j} = 1 \text{ for all } i,j$$

İki boyutlu serilerde medyan değeri kısaca özetlenecek olursa matris öncelikle tek boyuta indirgenerek küçükten büyüğe doğru sıralanır ve sıralanmış dizinin orta değeri medyan olarak alınır. Görüntü işlemede gürültü bastırılmasında 3 x 3 lük matris kullanıldığından dolayı dokuz elemanlı bir seri elde edilerek bu elemanlar küçükten büyüğe sıralanacaktır. Bu durumda ise 5. değer serinin medyanıdır denir. Örnek olarak {1,2,3,4,5,6,7,8,9} serisinin medyanı 5 olup en aykırı değer 5 değeri ile değiştirilir.



Şekil 2.15 Medyan değerinin bulunması

Medyan filtresi darbe gürültüsünü bastırmak için kullanılan lineer olmayan tekniklerin başında gelmektedir. Tek boyutlu veride giriş verisi üzerinden bir pencere geçirilir. Bu pencerenin medyan değeri bulunarak bulunan medyan değeri pencerenin orta değeri ile değiştirilerek işlem gerçekleştirilir. Bu şekilde verinin herhangi bir yerinde darbe (impulse) niteliğinde bir gürültü varsa bu gürültü yok edilmiş olur. Görüntü işlemede ise medyan filtresinin 2 boyutlu olması gerekir. Medyan filtresinin en pratik yolu kare (3x3, 5x5, 7x7) şeklindeki bir pencere kullanılarak görüntünün sol üst köşesinden başlayarak görüntünün tamamını taramak ve darbe gürültüleri yok etmektir [25]. 3x3 lük bir medyan filtrenin merkez pikseli $P(x,y)$ olsun. P ; x,y noktasındaki pikselin gri seviyesi olmak üzere 3x3 lük medyan karesinin elemanları aşağıdaki şekilde olacaktır. Şekil 2.16'da 3 X 3 Lük bir pencere gösterilmiştir. Şekil 2.17'de ise darbe gürültüsüne maruz kalmış bir görüntünün medyan filtresi kullanılarak temizlenmiş hali görülmektedir.

$x(k-l, l-1)$	$x(k-l, l)$	$x(k-l, l+1)$
$x(k, l-1)$	$x(k, l)$	$x(k, l+1)$
$x(k+1, l-1)$	$x(k+1, l)$	$x(k+1, l+1)$

Şekil 2.16. 3 X 3 lük bir pencerenin gösterimi



Şekil 2.17. a) Gürültü eklenmiş görüntü b) Medyan filtresi kullanılarak gürültüden arındırılmış görüntü

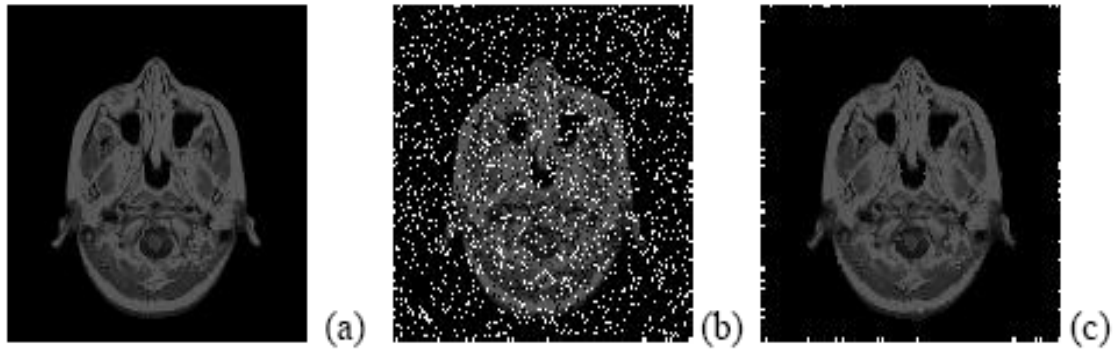
Tek boyutlu medyan penceresinde olduğu gibi 2-boyutluda da pencerenin ortasındaki gri seviyesi medyan değeri ile değiştirilerek yeni bir pencere elde edilmiş olur [26]. Ancak medyan filtre her ne kadar darbe gürültülerini yok ediyorsa da bu gürültü miktarı çok olduğu zaman medyan filtre görüntüdeki keskinlikleri yok eder ve görüntünün yapısını bulanıklaştırır. Bu sorunun önüne geçmek için çeşitli medyan filtreleri geliştirilmiştir. Multistage medyan filtre, max/min medyan filtre, max.min ortalama medyan filtre (MMEM) bunlardan birkaç tanesidir. Ancak bütün bunların gürültü miktarının (γ) küçük olduğu durumlarda etkili olduğu gözlenmiştir. Eğer γ değeri 0,2 den büyükse medyan filtresinin uygulanması çok etkin bir sonuç getirmez [27].

Son zamanlarda adaptif medyan filtreler veya fuzzy medyan filtreleri (FMF) yeni bir alternatif olarak geliştirilmiş olup bu filtreler daha çok değiştirilebilir parametrelere göre filtreleme işlemini gerçekleştirirler.

Medyan filtresi en basit ifadeyle ele alınan sonlu bir dizideki aykırı değerin o dizideki ortanca değeri ile değiştirilerek aykırı değerlerin yok edilmesini sağlayan filtredir. İki boyutlu olduğu zaman görüntü için medyan filtresi geliştirilmiş olur.

$$\begin{aligned} m(k) &= MEDw(k) \\ &= MED\{x_{-n}(k), \dots, x_{-1}(k), x(0), x(1), \dots, x_n(k)\} \end{aligned} \quad (2.27)$$

Bu şekilde görüntüdeki gürültüleri bastıran filtreler “medyan filtresi” denir [28]. Medyan filtresi kullanılarak elde edilen görüntüler Şekil 2.18’de gösterilmiştir. Burada medyan filtresinin %20 lik darbe gürültüsünde etkili bir yöntem olduğu görülmektedir.



Şekil 2.18. a) Orijinal MR görüntüsü b) %20 darbe gürültüsü bindirilmiş hali
c) Medyan filtresi ile gürültüsü bastırılmış görüntü.

2.9.1. Adaptif Medyan Filtresi:

Medyan filtresi daha çok gürültü oranının 0.2 den az olduğu durumlarda daha çok etkili olabilen bir görüntü filtresidir. Ancak gürültü oranı 0.2 yi aştığı durumlarda adaptif medyan filtresi ele alınmalıdır. Aynı zamanda adaptif medyan filtresinin diğer bir avantajı da gürültüleri bastırırken görüntüdeki detayların da kaybolmamasını sağlar. Diğer filtrelerde olduğu gibi adaptif medyan filtresi için de

bir S_{xy} penceresi seçilir. Ancak adaptif medyan filtresin avantajı bu pencerenin büyüklüğünün değiştirilebilir olmasıdır. Pencerenin büyüklüğü değiştirilse bile yapılan işlemin sonuç değeri tek olacak ve bu değer pencerenin merkez piksel değeri ile değiştirilecektir.

Aşağıdaki notasyonlar dikkate alınacak olursa :

$Z_{\min} = S_{xy}$ içindeki en düşük gri seviye değeri.

$Z_{\max} = S_{xy}$ içindeki en yüksek gri seviye değeri.

$Z_{xy} = (x,y)$ koordinatındaki gri seviyesi

Z_{med} = olabilecek maksimum S_{xy} pencere büyüklüğü

Adaptif medyan filtresinin akış diyagramının iki seviyede incelenmesi gerekir.

Bunlar seviye A ve seviye B olsun.

A seviyesi:

$$A1 = Z_{\text{med}} - Z_{\min}$$

$$A2 = Z_{\text{med}} - Z_{\max}$$

Eğer $A1 > 0$ VE $A2 < 0$ ise Seviye B ye git.

Değilse pencerenin büyüklüğünü artır.

Eğer pencere büyüklüğü $\leq S_{\max}$ A seviyesini tekrarla

Değilse Çıkış Z_{xy}

B seviyesi:

$$A1 = Z_{xy} - Z_{\min}$$

$$A2 = Z_{xy} - Z_{\max}$$

Eğer $B1 > 0$ ve $B2 < 0$, çıkış Z_{xy}

Değilse çıkış Z_{med} .

Akış diyagramından da anlaşıldığı gibi adaptif medyan filtresi darbe gürültüsünü yok etmede kullanılan etkili bir filtredir. Burada seviye A'nın amacı medyan filtresinin çıkışı Z_{med} değerinin gürültüde olup olmadığının belirlenmesidir. Eğer $Z_{min} < Z_{med} < Z_{max}$ ise o zaman Z_{med} değeri gürültü değeri değil ve çıkışa aktarılması gerekir. Bu durumda seviye B'ye gidilmesi gerekir. Seviye B'de Z_{xy} 'nin kendisinin bir gürültü seviyesi olup olmadığı tespit edilir ve ona göre yeni değer belirlenir.

Seviye A'da medyan değerinin gürültüye eşit çıktığı bu durumda incelenecek pencerenin büyüklüğünün değiştirilerek yeniden medyan hesaplandığı kabul edilsin. Bu işlem medyan değerinin maksimum veya minimum değerlerinden farklı çıkana kadar devam ettirilir. Fakat hiçbir zaman elde edilecek değerin gürültü olmadığı garanti edilemez. Ancak pencerenin büyüklüğüne bağlı olarak gürültü olasılığı da azaltılmış olur. Pencerenin büyütülmesi gürültüyü büyük oranda bastırırken büyüklüğüne oranla görüntüdeki detaylar da zarar görür.

2.10. Bulanıklaştırıcı Kullanarak Kontrast İyileştirme

Bulanık kümeler temelinde birçok farklı görüntü iyileştirme teknikleri geliştirilmiştir. Gri seviyesi (m,n) 'de koordinatlarında bulunan görüntü pikseli x_{mn} ile gösterilecek olursa üyelik fonksiyonu şu şekilde tanımlanır:

$$\mu(x_{mn}) = \left[1 + \frac{x_{max} - x_{mn}}{F_d} \right]^{-F_e} \quad (2.28)$$

burada x_{max} görüntüde mevcut olan maksimum gri seviyedir. F_d ve F_e ise bulanıklaştırıcılardır.

Eş. 2.28'e göre, $\mu(x_{mn}) \rightarrow 1$ ve $x_{mn} \rightarrow x_{max}$ iken; en yüksek gri seviye, maksimum açıklığı gösterir. Üyelik fonksiyonu, eşitliğe göre bir kısım pikselin açıklık derecesini gösterir.

Üyelik değerinin her zaman $[\alpha, 1]$ aralığında oluştuğuna dikkat edilmelidir. Minimum gri seviyede yani bir piksel 0 kabul edildiğinde, alt limit (α) ortaya çıkar. Bu durumda α şu şekilde elde edilir:

$$\alpha = \left[1 + \frac{x_{\max}}{F_d} \right]^{-F_e} \quad (2.29)$$

Uygun seçilmiş yoğunlaştırma operatörü görüntüdeki kontrastı artırır. 0,5'ten yukarı üyelik değerlerini daha yüksek veya düşük değerlere dönüştürür. 0,5'ten yüksek üyelik değerleri yükseldikçe ve 0,5'ten düşük değerler düştükçe yoğunlaştırma operasyonu, gittikçe doğrusallıktan çıkar. Yoğunlaştırma operatörü şu şekilde seçilmelidir:

$$\left. \begin{aligned} INT(\mu) &= 2\mu^2 & \mu \leq 0,5 \\ &= 1 - 2(1-\mu)^2 & \mu > 0,5 \end{aligned} \right\} \quad (2.30)$$

burada $INT(\mu)$ üyelik değerleri üzerindeki yoğunlaştırma fonksiyonudur. Değiştirilmiş gri değerler, değiştirilmiş üyelik değerleri kullanılarak hesaplanmış ters haritalama fonksiyonları alınarak elde edilir. Orijinal üyelik değerleri INT operatörü tarafından işlendikten sonra elde edilir.

2.10.1 Gürültü kaldırma için bulanık uzamsal süzgeç

Uzamsal süzgeç pürüzsüz bir görüntü oluşturmak için ortalama alma prosedürü izler. Ortalama alırken seçilen ağırlıklar genelde sabittir ve görüntüdeki piksel şiddetine bağımlı değildir. W matrisine sahip Böylece görüntünün keyfi komşuluğu altındaki bütün bölgelerin ortalaması alınarak eşit şekilde etkilenir. Böyle bir metodu sınırlamada aşağıdakiler dikkate alınır:

- Merkezdeki piksel ile komşu pikseller arasındaki gri seviyelerdeki farklılık etkisi
- Merkezi piksellerden artan uzaklıkta bulunan piksellerin azaltma etkisi.

Bulanık uzamsal süzgeç tasarlanırken, konvansiyonel uzamsal filtrelemedeki bu iki temel sınırlama hesaba katılır. Verilen görüntüyü ortalama alma tekniklerini kullanarak pürüzsüzleştiren bulanık uzamsal filtre, yukarıdaki açıklamalar ışığında maskelerindeki ağırlıkları belirler.

Ortalama alırken, belirli bir komşuluktaki tek bir pikselin katkısı, aynı piksel artan derecede merkezdeki pikselden farklılaşırsa, azalabilir. Bu prensip bir pikselin bulanık üyelik değerlerini tanımlamada yol gösterir. Bu üyelik değerleri, sırası gelince, komşuluktaki piksellerin ortalama alma yöntemindeki ağırlıklar gibi yol gösterir. Böylece filtrede kullanılan ağırlıklar sabit değildir ve merkezi pikselin komşuluk bilgisine bağlıdır.

2.10.2 Bulanık pürüzsüzleştirme algoritması

Üyelik fonksiyonu, komşuluktaki tek bir pikselin merkezi pikseli belirtebilme derecesini tanımlar. Piksel, merkezi pikselden uzaklaşırsa üyelik değeri düşer. Aynı zamanda eğer pikselin gri değeri merkez pikselinkinden çok farklıysa; üyelik değeri, mesafe küçük olduğu zamandaki değerden daha küçük hale gelebilir.

Bunları hesaba katarsak üyelik fonksiyonu çift çan şekilli eğriyle modellenebilir. Üyelik fonksiyonu beklenildiği gibi iki parametreye bağlıdır. Gri değerlerin farklılığı ve mesafe (m,n) konumundaki pikselin gri seviyesi x_{mn} ile verilmiş olsun. Eğer merkezi pikselin gri seviyesi x_c ile verilirse, x_c 'nin komşuluğundaki herhangi bir pikselin üyelik değeri $\mu(x_{ij})$ aşağıdaki ifadeyle gösterilebilir.

$$\mu(x_{ij}) = \exp \left[\frac{-(x_c - x_{ij})^2}{\alpha} \right] \exp \left[\frac{-d^2}{\beta} \right] \quad (2.10-4)$$

Burada d merkezi piksel x_c ile komşuluğundaki piksel x_{ij} arasındaki mesafedir; α ve β üyelik fonksiyonunun yassılık derecesini tanımlayan iki ölçme faktörüdür. Dikkat edilecek husus, üyelik fonksiyonu sadece komşu piksel ile merkezi piksel çakıştığı durumda 1 olur. Bu durumu kısaca $x_c = x_{ij}$ olarak gösterilebilir. Bu durumda, merkezi piksel, değişmiş değeri tanımlamada maksimum katkı yapar.

Ortalama alma işleminde üyelik değerleri, komşuluktaki piksellerin gri seviyelerinin ağırlıklarını kendilerine göre verirler. Yukarıdaki tartışmalar ışığında, algoritma kısaca aşağıdaki gibi verilebilir:

- Merkezi piksel x_c için bazı uygun boyutlarda W komşuluğu tanımlanır.
- Komşuluktaki her bir piksel x_{ij} için üyelik değeri μ_{ij} tanımlanır.
- Buradan merkezi pikselin değiştirilmiş gri değeri;

$$x'_c = \frac{\left\lfloor \sum \sum \mu_{ij} x_{ij} \right\rfloor}{\left\lfloor \sum \sum \mu_{ij} \right\rfloor}, (i, j) \in W, x_{ij} \neq x_c \quad (2.31)$$

İfadesiyle verilir.

2.10.3 Bulanık metotlar kullanılarak görüntü ayrıştırma

Bulanık küme teorisi görüntü eşikleme ve ayrıştırmada geniş çapta kullanılır. Literatürde belli sayıda eşikleme yaklaşımı önerilmektedir. Birçok değişik bulanık mesafe fonksiyonu ve benzerlik ölçümleri kullanılmaktadır. Bu ölçümler, görüntü eşiklemede mükemmel sonuçlar elde edildiğinin kanıtlarıdır. Bazı araştırma raporları, bulanık kümelerin düz eşleniklerine göre görüntü ayrıştırmadaki üstünlüklerini göstermektedir. Görüntü histogramı her zaman iyi gözlenebilir tepeler göstermez, bu yüzden uygun eşikleri belirlemek zorlaşır. Benzer şekilde aynı cisme ait piksellerin, zayıf eşik seçimi nedeniyle değişik gruplara bölünme olanağı da vardır. Bu eşikler aynı cismin farklı kısımlarındaki muhtemel farklı aydınlıkların etkisiyle hesaba katılamayabilir.

Eşikleme problemi optimal eşik T 'yi belirlemeyi içerir ve görüntüyü iki anlamlı bölgeye cisim (O) ve arka plan (B) ayrıştırır.

$$\begin{aligned} O &= \{(m, n) | I_{mn} \geq T\} \\ B &= \{(m, n) | I_{mn} < T\} \end{aligned} \quad (2.32)$$

bu durumda

$$O \cup B = G \text{ ve } O \cap B = \phi \text{ 'dir.}$$

Algoritmalar, bu formülleri pikselin kesin olarak cisim sınıfında mı yoksa arka plan sınıfında mı olduğunu belirlemede kullanır bundan dolayı orijinal gri dağılımda

bulunan bazı yapısal detayları yansıtmada başarısızdır. Bu tasarıların çoğu bazı görüntü sınıflarında zayıf sonuç verir.

Kuramsal bulanık küme fikirleri temelinde, görüntüye yumuşak eşiklenmiş tanımlama sağlar. Cisim arka plan boyutunu geniş oranda birleştirir, ufak farklılıkları dağıtır ve görüntüdeki gri dağılım varsayımlarına çok fazla bağlı değildir.

Bulanık eşikleme görüntüyü, bu bölgelerdeki $\mu_{\tilde{O}}$ ve $\mu_{\tilde{B}}$ üyelik dağılımlarını tanımlayarak cisim veya arka plan oluşuna göre $\tilde{O}$ ve $\tilde{B}$ gibi iki ayrı bulanık kümeye ayırmayı da kapsar. Burada görüntü tekdüze üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{O}}$ ile nitelendirilmiştir:

$$\mu_{\tilde{O}}(I_{mn}) < 0.5 \quad \text{if } I_{mn} < T \quad (2.33)$$

$$\mu_{\tilde{O}}(I_{mn}) > 0.5 \quad \text{if } I_{mn} > T, \quad (2.34)$$

ve üyelik fonksiyonunun karşılık gelen noktası sert bir eşikle eşleşir. Arka plan bölgesi $\tilde{B}$, cisim bölgesi $\tilde{O}$ 'nin bulanık tümleyeni olarak tanımlanır:

$$\mu_{\tilde{B}}(j) + \mu_{\tilde{O}}(j) = 1.0 \quad \forall j \quad (2.35)$$

Huang ve Wang, eşiklenmiş tanımlamalarda bulanıklılığı minimize eden ve aynı zamanda her bir bölgede bulunan değişimleri barındırabilen bir bulanık eşikleme tasarısı önermişler ve üyeliği aşağıdaki ifadelerle belirlemişlerdir:

$$\mu_{\tilde{O}}(f_{mn}) = \begin{cases} \left[1 + \frac{\mu f_{mn}}{K} \right]^{-1} & \text{if } f_{mn} \geq T \\ 0 & \text{if } I_{mn} < T \end{cases} \quad (2.36)$$

burada μ , $\tilde{O}$ 'nin gerçek gri değeridir ve K parametresi ayrılmış tanımlamadaki bulanıklık miktarını kontrol eder. Benzer üyelik ataması $\tilde{B}$ için de kullanılır.

Bunlar, sert eşik T yardımıyla, pikselleri cisim bölgesi veya arka plan bölgesi olarak sınıflandırılır. Bu suretle, cisim ve arka plan bölgelerindeki üyelik dağılımlarında keskin bir süreksizlik oluştururlar:

$$\tilde{O} \cup \tilde{B} \subseteq G$$

$$\tilde{O} \cap \tilde{B} = \phi$$

Olayın frekansını gösteren histogram şöyle modellenir:

$$h_j = \rho_1 f(d(j, \mu_1), \sigma_1) + \rho_2 f(d(j, \mu_2), \sigma_2), j \in L \quad (2.37)$$

Burada, ρ_1 görüntüdeki cisim ve arka plan bölgelerinin boyutlarının oranını belirtirken, başka bir parametre $\rho_2 = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$ saçılma oranının ölçüsünü belirler. $\rho_1 = \rho_2 = 1.0$ olduğu zaman, cisim ve arka plan bölgeleri eşit boyut ve eşit dağılımdadır. $f(.)$ 'in tipik bir örneği, toplam piksel sayısı N_i olan bir Gaussian fonksiyonudur:

$$f(d(j, \mu_i), \sigma_i) = \frac{N_i}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} \exp \left(-d(j, \mu_i)^2 / (2\sigma_i^2) \right) \quad (2.38)$$

Bayes karar teorisi, bütün cisim ve arka plan dağılımlarının eşit gri yoğunlukta olduğu, minimum optimal eşik T^* yi oluşturur. Eğer histogram çift model ise ve minimum hatadaysa; eşik, histogramların vadisine karşılık gelir. Bu her zaman histogram vadisi anlamına gelmez, ama her zaman optimal eşik T^* ye karşılık gelir veya histogramların modellerle oluşturduğu her zaman çift modeldir.

Değişik bulanık küme kavramsal uzaklık ve farklılık ölçümleri; eşik seçimi, bulanık farklılığıyla görüntü ayrıştırma, bölge çıkartma ve renkli görüntülerde görüntü çıkartma gibi bir çok uygulamada kullanılmıştır.

2.10.4 Piksel ayrıştırmada bulanık mantık

Piksel sınıflandırmasında bulanık yaklaşım, model sınıflarında kesin bilgi olmadığı, parametrelerin istatistiksel ifadelerinde çok sayıda model örneği olmadığı,

modellerin farklı sınıflarda taraflı üyelikleri olduğu problemlerdeki uygulamalarda kullanılmaktadır.

Sert kümelenme yaklaşımında, her örneğin sadece bir kümeye ait olduğu farz edilir ve kümeler, bağımsız bilgi kümeleri olarak tanımlanır. k -anlamli algoritma verilen bir örnek kümesini, iteratif yaklaşımla parçaları yeniden hesaplayarak k sınıfa ayırır. Her iterasyonda tüm sınıfların anlamları hesaplanır ve anlamı örnek modele en yakın olan örnek sınıfa tahsis edilir. Matematiksel olarak, k -anlamli algoritma küme dağılımlarının toplamını minimize eder ve sınıflar sıkı ve iyi ayrılmış olduğu durumlarda kesin sonuçlar sağlar.

Bununla beraber pratikte, kümelerin bağımsız olmadığı ve görüntüdeki bir örnek model veya bir piksel farklı kümelerle ait olabileceği gibi birçok durum vardır. Böyle bir durum, düz kümeleme teknikleri ile ele alınamaz. Mesela, bir manzara resminde, nehir yatağının üzerindeki özel bir piksel kısmen *su* sınıfında ve kısmen *ıslak zemin* sınıfında olabilir. Bulanık ayırtırmada, böyle problemler daha iyi ele alınabilir. Sınıf ayırımının tam olarak tanımlanamadığı durumlarda, görüntü ayırtırma için bir çok algoritma mevcuttur .

Denetlenmiş model sınıflandırması ve kümeleşme için bulanık yaklaşımlar bulanık mantık kuralları ile bulunabilir. Bulanık mantık gereği; bir üyenin, bir çok bulanık kümede sınıflandırılmış taraflı üyelikleri bulunabilir. $[0,1]$ Aralığında bir üyelik değeri, kesin ölçümler temelinde, her kümede ki her bir örnek için tahsis edilir [29].

3. BULANIK ADAPTİF MEDYAN FİLTRESİ KULLANARAK TIBBİ GÖRÜNTÜLERDEKİ DARBE GÜRÜLTÜSÜNÜN BASTIRILMASI

3.1. Giriş

Bulanık mantık ile görüntü işleme, Rosenfeld'in bulanık sayısal topoloji üzerindeki çalışması ile başlamakta ve Abreu ve arkadaşlarının bulanık mantık kuralları kullanılarak gürültü bastırılması veya görüntünün iyileştirilmesi üzerindeki çalışmaları ile devam etmektedir. Wang ve arkadaşları histogram tabanlı gürültü bastırmayı bulanık mantık kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Kong ve Guan adaptif filtre tekniğini kullanarak görüntülerdeki darbe gürültüsünü yok etmişlerdir. Russo ve Peng ve Lucke bulanık kural tabanını kullanarak bir görüntüdeki gürültülerin arındırılması üzerine çalışmalar yapmıştır. Arakawa medyan süzgeç temelli bulanık mantık kuralları kullanarak yüksek miktarda darbe gürültüsü bulaşmış görüntülerin gürültüden arındırılması üzerine çalışmıştır. Lee ve arkadaşları ağırlıklı medyan filtresi kullanarak görüntü iyileştirme çalışması yapmışlardır .

Toprak A. ve Güler [30] İ bulanık adaptif medyan filtresi kullanarak %70 darbe gürültüsü bulaşmış görüntüleri düzeltmişlerdir. Yaptıkları çalışmada anahtarlamalı bir filtreleme yapıp gürültünün miktarına bağlı olarak bulanık mantıkla gürültü tespitinde bulunmuşlardır. Daha sonra çeşitli kurallar belirlenerek bu gürültüler görüntüden arındırılmıştır.

Yine Toprak A. ve Güler İ. [31] yaptıkları başka bir çalışma ile üyelik fonksiyonlarını değiştirmek suretiyle kural sayısı ile beraber üyelik fonksiyonlarını da artırarak bir gürültü süzgeci gerçekleştirmişlerdir. Geliştirmiş oldukları anahtarlamalı ve kural tabanlı bu filtreleme yöntemi ile gürültüler büyük oranda bastırılmıştır. Ancak kural sayısının artmasıyla beraber gürültü eliminasyonu yapılırken yapılan işlemlerde büyük bir yavaşlama meydana geldiği için kural sayısında bir azaltma olması gerekliliğine karar vermişlerdir.

Görüntülerdeki darbe gürültüsünün bastırılmasında kullanılan en etkin yöntemlerden biri medyan filtresidir. Medyan filtresi düşük yoğunluklu (%20) gürültülerin bastırılmasında kullanılan bir yöntem olmakla birlikte bu tür gürültüleri yok etmede bile yetersiz kaldığı söylenebilir. MF gürültüyü bastırırken görüntüdeki bazı detaylar da kaybolmaktadır. Bu durum, özellikle tıbbi görüntüleme ve teşhiste çok sakıncalıdır. Medyan filtresinin tarama penceresinin boyu küçültüldüğü zaman daha az gürültüyü bastırırken pencerenin boyu artırıldığında ise resimdeki detaylar büyük oranda kaybolmaktadır.

Medyan filtre kullanıldığı zaman gerçek piksel değeri bile medyan değeri ile değiştirildiğinden dolayı hemen hemen her piksel hatalı bir değerle değiştirilmiş olacaktır. Bu nedenle MF'ye göre daha başarılı olan adaptif medyan filtre (AMF) özellikle yoğun gürültülerin yok edilmesinde kullanılmaktadır [32]. Diğer filtrelerde olduğu gibi AMF için de bir S_{xy} penceresi seçilir. Ancak AMF'nin diğer filtrelerden ayrılan bir özelliği bu pencere büyüklüğünün değiştirilebilir olmasıdır. Ne yazık ki AMF darbe gürültülerini yok etmede başarılı olmakla birlikte bunu yaparken beraberinde görüntüdeki detayları da yok etmektedir.

Gürültü büyük ölçüde giderilirken detayların kaybolmaması için bu tez çalışmasında, piksel değerleri bulanık mantık kuralları ile tespit edilerek hızlı bulanık adaptif medyan filtresi (KTBAMF) tanımlanmıştır. KTBAMF filtresi temelde üç bölümden oluşur. Bunlar: medyan filtresi, bulanık mantık kuralları ve gürültünün olup olmadığına karar veren karar birimidir. Bu filtrenin kullanılmasındaki temel amaç görüntü üzerindeki gürültüyü yok ederken görüntüdeki detayların kaybolmasının önüne geçmektir. Bu nedenle KTBAMF darbe gürültüsünü yok etmede kullanılabilecek etkili bir filtredir. MR görüntülerine dijital olarak bulaşan darbe gürültüsü MR görüntüsünün tanı amaçlı kullanılamaz hale gelmesine hatta gürültü miktarının çokluğuna bağlı olarak görüntünün tanınmaz hale veya yanıltıcı bilgiler barındıran görüntü haline bile gelmesine neden olmaktadır. Bu gürültü MR görüntülerinin yeniden oluşturma aşamasında oluşabileceği gibi dışardan gelen bazı RF dalgalarından da kaynaklanabilir. Ayrıca MR çekimi esnasında birçok hatadan kaynaklanan gürültüler oluşabilmektedir. Bu durumda MR görüntüsünü bu tür gürültülerden arındırmak gerekir. Bu amaçla bu tezde önerilmiş olan model yüksek

oranlarda gürültü bulaşmış görüntülerde bile iyi bir filtreleme görevi görmekte ve özellikle MR görüntülerinin daha anlaşılır bir hale gelmesini sağlamaktadır.

Görüntülerdeki darbe gürültüsünün bastırılmasında kullanılan en etkin yöntemlerden biri medyan filtresidir. Medyan filtresi kullanılarak görüntüye bulaşmış gürültüler bastırılabilir ancak bu filtrenin kendisine ait bazı olumsuzlukları mevcuttur. Bunlar maddeler halinde özetlenirse;

Medyan filtresi daha çok %20 lik gürültü miktarının bastırılmasında etkili bir yöntemdir. Ancak bu oranda da yeterli bir başarı göstermemektedir.

Medyan filtresi kullanılarak gürültü bastırıldığı zaman görüntüdeki, bazı önemli detaylar da kaybolabilmekte ve bu durum çok önemli bir bilginin kullanıcı tarafından göz ardı edilmesine sebebiyet verebilmektedir.

Medyan filtresinin tarama penceresinin boyu küçültüldüğü zaman daha az gürültüyü bastırırken pencerenin boyu artırıldığında ise resimdeki detaylar büyük oranda kaybolmaktadır.

Medyan filtresi gürültü pikselinin yerine koyacağı yeni piksel değerini tespit ederken sadece ortanca değeri göz önüne aldığından dolayı bazen önemli derecelere varan hatalı değerleri kullanmaktadır.

Medyan filtre kullanıldığı zaman gerçek piksel değeri bile medyan değeri ile değiştirildiğinden dolayı hemen hemen her piksel hatalı bir değerle değiştirilmiş olacaktır.

Günlük hayatta kullanılan görüntülerde bazı detayların kaybolmasının öneminin yanı sıra bu görüntülerin tıpta tanı amaçlı kullanılacağını düşünürsek kaybolan detayların ne kadar önemli olacağı tartışmasızdır. Bazen medikal görüntüdeki tek bir gürültü sinyalinin bile tanıda çok önemli hatanın oluşmasına neden olabileceği ve bu durumun geri dönüşümsüz bir boyut kazanabileceği göz önünde bulundurulması gereken parametredir.

Geliştirilen model filtre ile bulanık mantıkla gürültü tespiti yapılmış ve tespit edilen bu gürültü pikselin değeri medyan kullanılarak yeni bir değerle değiştirilmiştir.

Ancak anahtarlama filtre kullanılarak yapılan bu işlemde gürültü bulaşmamış görüntü üzerinde herhangi bir işlem yapılmazken sadece gürültülü durumlarda filtre devreye girmiştir. Bu durumda da gürültü bulaşmamış pikseller aynen korunurken gürültü pikselleri en uygun olan medyan değeri ile değiştirilmiştir. Ancak bazı durumlarda seçilen görüntü penceresindeki piksellerin medyan değeri de gürültü değeri olabilmekte ve bu durumda görüntüde gürültünün varlığı devam edebilmektedir. Özellikle bu durum gürültü miktarının %40 değerini aştığı durumlarda belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır. Medyan değerinin de gürültü olduğu durumlarda seçilen görüntü penceresinin boyu bir birim daha büyütülerek yeni bir medyan değerinin elde edilmesi sağlanır. Medyan değerinin gürültü olup olmadığı da yine bulanık mantık kullanılarak tespit edilmiştir.

3.2.Yöntem ve Model

3.2.1. Genel tanımlar

$X_{[i,j]}$ görüntü matrisinin $p(k,l)$ piksel değerlerinden oluştuğunu ve 3×3 lük bir matrisin de $W[(k,l)] \in X_{[i,j]}$ şeklinde olduğu göz önüne alınsın. Bu pencere matris bütün $X_{[i,j]}$ matrisini soldan sağa doğru ve yukarıdan aşağıya doğru tarasın. Bu durumda her bir 3×3 lük taramada 9 tane pikseli gri yoğunluğuna göre sınıflandırır. $P(k,l) \in X_{imp}$, eğer $p(k,l) = \text{Min}\{W[k,l]\}$ veya $\text{Max}\{W[k,l]\}$ [33].

Gürültüden arındırılacak görüntünün tamamı üzerinden taranacak pencere $W[(k,l)]$ 3×3 lük bir matris olup bu matris aşağıdaki gibi gösterilmiştir. X_{imp} matrisi ise $X_{[i,j]}$ görüntü matrisine bulaşmış gürültü matrisidir.

Bu durumda

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1j} & \cdots & x_{1W} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2j} & \cdots & x_{2W} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{iW} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{H1} & x_{H2} & \cdots & x_{Hj} & \cdots & x_{HW} \end{bmatrix} = [x_{ij}]_{H \times W},$$

Burada H ve W yükseklik ve genişlik olmak üzere ve $x_{ij} \in \{0,1,2,\dots,255\}$ X matrisinde i,j koordinatındaki pikselin gri seviyesini göstermektedir.

$$x_1 = p(k-1, l-1), x_2 = p(k-1, l), x_3 = p(k-1, l+1), x_4 = p(k, l-1), x_5 = p(k, l), x_6 = p(k, l+1), x_7 = p(k+1, l-1), x_8 = p(k+1, l), x_9 = p(k+1, l+1).$$

Bu durumda,

$$W[(k,l)] = [p(k-1, l-1), p(k-1, l), p(k-1, l+1), p(k, l-1), p(k, l), p(k, l+1), p(k+1, l-1), p(k+1, l), p(k+1, l+1)]$$

Her bir unsur bir bulanık değişken olarak tanımlanıp üyelik fonksiyonu ise her bir giriş pikselinin yoğunluk değeridir.

3.2.2. Bulanık kümelerde görüntü

Görüntü tanımlamadaki belirsizliği çözmek için $\mu(g)$ üyelik fonksiyonu tanımlanır. Bu fonksiyon g değerindeki bir gri pikselin koyu veya açık derecede olduğunu ikna edici şekilde verir.

Örnek olarak; koyuluğu belirtmek için, gri seviye skalasının sonundaki pikseller yüksek üyelik değerlerine sahip olacaktır (1'e yakın). Piksel, gri seviyesi koyuluktan açıklığa doğru değiştikçe, düşük değerlerin (0'a yakın) yanına aşamalı olarak yaklaşacaktır. Bulanık kümeler, belirsiz ve keskin olmayan görüntü bilgilerinde ikna edici şekilde uygulanılabilir. Burada keskin olmayan görüntü bilgisi ile bir pikselin koyuluk veya açıklığına dikkat edilmelidir.

Benzer şekilde, görüntüdeki soluk yerlerin belirsiz çözümlemesi; bir çizgi kısmının sürekliliği, objelerin şekli, bölgelerin benzerliği,..vb; düz matematikle bulanık kümeler kullanılarak uygun şekilde sunulamaz.

Geleneksel olarak; $M \times N$ boyutlu ve piksel yerleşimi (i,j) $i=0,\dots,M-1$; $j=0,\dots,N-1$ olan, bir X görüntüsü; x_{ij} şeklinde tanımlanır. n -bitlik gri skala görüntüsü x_{ij} 0 dan $L-1$ 'e kadar değerler alır. Burada $L=2^n$ 'dir ve matematiksel olarak:

$$X = \bigcup_i \bigcup_j x_{ij} \quad (3.1)$$

Bir bulanık görüntü tanımında x_{ij} gri değeriyle, $\mu(x_{ij})$ üyelik değeri birlikte bulunur. Bu üyelik değeri $\mu(x_{ij})$, özel nitelikli bir sınıfa ait yerleşimi (i,j) olan bir pikselin derecesini tanımlar. Bu yüzden bulanık küme teorisinde, L kadar farklı seviyede gri içeren $M \times N$ boyutlu X görüntüsü bulanık değişkenler dizisi olarak gösterilir ve her biri bir üyelik değeri ile veya fonksiyonu ile birleştirilir. Böylece bir bulanık görüntü şöyle sunulur:

$$X = \bigcup_i \bigcup_j x_{ij} \mid \mu(x_{ij}) \quad (3.2)$$

Gri değerlerin üyelik fonksiyonu esnasında kesin bir sınıftaki pikselin üyeliğini veya ait olma durumunu yansıtır.

3.2.3. Darbe Gürültüsünün Tanımlanması

Genellikle darbe gürültüsünü bozuk sensörler üretirler veya görüntünün bir yerden başka bir yere transferi esnasında bu gürültüler meydana gelebilir. Darbe gürültüsünün yoğunluk dağılım fonksiyonu şu şekilde tanımlanabilir.

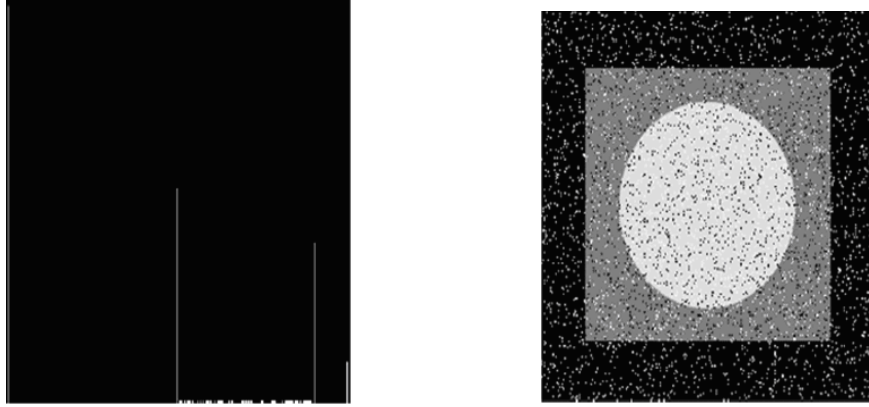
$$P(z) = \begin{cases} P_a & z = a \text{ ise} \\ P_b & z = b \text{ ise} \\ 0 & \text{diğer} \end{cases} \quad (3.3)$$

Eğer $b > a$ ise b nin gri seviyesi görüntü içinde beyaz bir nokta olarak görünecektir. Tam tersi durumda ise a 'nın gri seviyesi görüntü içinde siyah bir nokta olarak görünür. 8 bitlik bir görüntü içinde $a=0$ ve $b=255$ olacaktır. Gri değeri 0 olan bir piksel siyah ve gri değeri 255 olan bir piksel ise beyaz olarak görünür [34].

Bu durumda gürültülü bir görüntü aşağıdaki şekilde matematiksel olarak modellenebilir.

$$g(x, y) = (1 - p)f(x, y) + p.i(x, y) \quad (3.4)$$

Burada $i(x, y)$ darbe gürültüsü olup p ise ikili bir sayı olup değeri 1 veya 0'dır. Darbe gürültüsünü gürültülü bir görüntüde tespit etmek son derece kolaydır. Çünkü darbe gürültüsü görüntü içerisinde siyah veya beyaz noktalar şeklinde görünür. Bundan dolayı bu gürültüye salt&pepper (tuz ve biber) gürültüsü de denmektedir. Darbe gürültüsünün tespiti, genellikle komşu piksellerinden olan gri seviye farklılığından dolayı rahatça yapılabilir. Zira darbe gürültüsünün kontrastı görüntü içerisinde kendisini hemen fark ettirir. Darbe gürültüsü aşağıdaki şekilde rahatça görülmektedir [35].



Şekil 3.1. Darbe gürültüsünün histogramı ve görüntü üzerindeki etkisi

Şekil 3.1'de de görüldüğü gibi belli bazı pikseller komşu piksellerden belirgin bir şekilde gri seviye değeri itibariyle farklılık göstermektedir. Görüntünün darbe gürültüsünden arındırmak için aşağıdaki işlemleri takip etmek gerekir.

1.Adım: Pikselin gürültü bulaşmış piksel olup olmadığının tespit edilmesi. Eğer gürültü bulaşmışsa 2.adıma geç. Bulaşmamışsa pikselin değerini değiştirme.

2.Adım: Gürültülü pikselin değerini uygun bir piksel değeri ile değiştir.

Yukarıdaki adımları gerçekleştirmek için görüntüdeki her bir pikselin etrafını saracak $(2N+1) \times (2N+1)$ şeklinde bir pencere seçmek gerekir. Piksele gürültünün bulaşıp bulaşmadığını anlamak için piksel değerinin seçilen pencerenin medyanı ile arasındaki farka bakmak gerekir. Eğer bu fark değeri eşik değerinden daha büyük ise

o zaman piksel gürültülü pikseldir değilse piksel gürültüsüz bir pikseldir denir. Ancak bazı durumlarda penceredeki gürültü miktarı fazla ise pencerenin medyanı da gürültü değerine eşit olacağından bu durumda pencerenin büyüklüğünü değiştirerek daha kapsamlı bir pencere seçmek gerekir. Bu durumda da görüntüde bulanıklık artar ve kenarlar belirsizleşir. Bu durumda adaptif medyan filtresinden faydalanılır.

3.2.4. Üyelik fonksiyonunun seçimi:

Üyelik fonksiyonu insanın görsel seziş modeline göre seçilmelidir. Piksel gri seviyesi 0'dan $L-1$ 'e değişirken (L seviyeli görüntü için) doğrusal biçimdeki piksellerin üyelik değerlerindeki değişimler modellenenir. Bununla beraber, aydınlanmaya karşı insanın görsel yanıtı, doğrusal değil yaklaşık olarak üsteldir. Bir gölge çok koyu veya çok aydınlık (açık) olduğu zaman insan gözü bunların etrafındaki ufak değişimleri ayırt etmede başarısız olur. Böylece bütün skalanın son derece düşük ve yüksek sonlarına karşılık gelen gri seviyelerin üyelik değerleri önemli ölçüde değişmez. Bununla beraber, insan gözünün orta seviyede farklı aydınlık derecelerdeki yanıtı yaklaşık doğrusaldır. Üyelik fonksiyonu, bu gri değerler aralığında daha az veya daha çok doğrusal tutulabilir. Bu nedenden dolayı da üçgensel üyelik fonksiyonu yerine üstel bir çan fonksiyonu seçilmiştir.

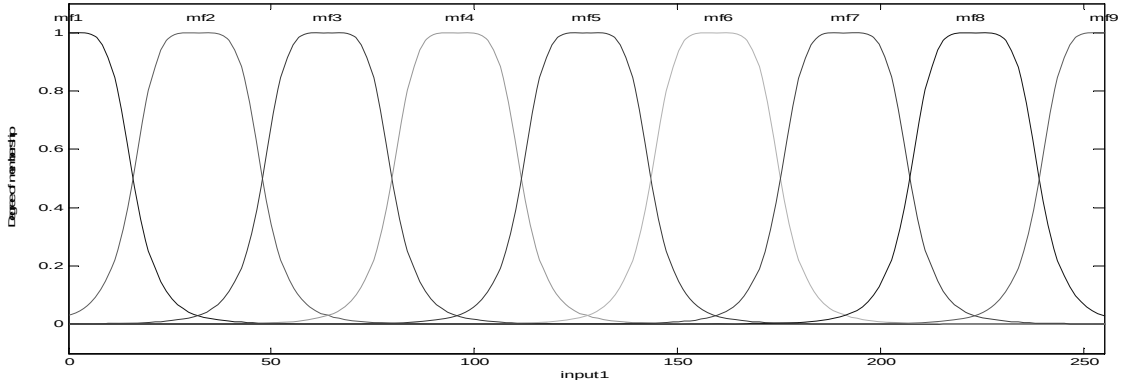
3.3. Kural Tabanlı Bulanık Adaptif Medyan Filtresi (KTBMF) :

Öncelikle gürültüden arındırmak için darbe gürültüsü bulaşmış bir görüntüye ihtiyaç vardır. Bunun için görüntünün 128 x 128 pikseli ve 0 ile 255 arasında gri seviyelerinin olduğu kabul edilmiştir. Görüntüye ilave edilmiş gürültü miktarı ve belirsizlik bulanık mantık değişkenleriyle tanımlanmaktadır. Daha uygun bir ifade ile KTBMF dokuz adet bulanık mantık üyelik fonksiyonu ve her biri için dokuz adet değişken tanımlanarak oluşturulacak bir sistem olup bu bulanık değişkenleri mf_1 , mf_2 , mf_9 olarak isimlendirilmektedir. Böylece giriş pikselinin yoğunluğu olan $p(x,y)$ yi bulanık değişken olarak kabul edilip bulanık kümelerin üyelik dereceleri de sırayla mf_1 (en siyah) , mf_2 (daha az siyah) mf_8 (çok beyaz) ve mf_9 (en beyaz) olarak ifade edilmiştir. Ancak pratikte üyelik fonksiyonlarını dokuz tane ile sınırlandırmak gerekmez bu daha çok arttırabilmektedir. Daha kolay bulanık görüntü işleme yapılabilmesi için her bir giriş piksel yoğunluk değeri bulanıklaştırıldıktan

sonra $0 \leq p(x,y) \leq 1$ aralığında normalize edilmesi gerekir. 3 x 3 lük bir görüntü matrisi görüntünün tamamını taramak için kullanılmıştır. Burada filtrelenmiş çıkış bu matrisin merkez pikseliyle değiştirilip bulanık filtre kullanarak görüntü üzerindeki gürültü bastırılmış olunur.

N_{imp} matrisi gürültü şeklindeki piksel değerleri olup 3 x 3 lük bir pencere matris $W[(k,l)]$ şeklinde olsun ve bütün şekli soldan sağa doğru ve yukarıdan aşağıya doğru tarasın. Her bir 3 x 3 lük taramada 9 tane pikseli gri yoğunluğuna göre sınıflandırır. $P(k,l) \in N_{imp}$, eğer $p(k,l) = \text{Min}\{W[k,l]\}$ veya $\text{Max}\{W[k,l]\}$. Bu durumda $x_1 = p(k-1,l-1)$, $x_2 = p(k-1,l)$, $x_3 = p(k-1,l+1)$, $x_4 = p(k,l-1)$, $x_5 = p(k,l)$, $x_6 = p(k,l+1)$, $x_7 = p(k+1,l-1)$, $x_8 = p(k+1,l)$, $x_9 = p(k+1,l+1)$. Her bir unsur bir bulanık değişken olarak tanımlanıp üyelik fonksiyonu ise her bir giriş pikselinin yoğunluk değeridir. Eş (3.5)' de KTBMF de kullanılan çan şekilli üyelik fonksiyonu verilmiştir. Şekil 3.2. te ise bu fonksiyonun 0-255 değerleri arasındaki üyelik dağılımı gösterilmiştir.

$$p_j(x_i) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x_i - c_j}{a_j} \right)^{2b_j}}, \quad i = 1, 2, \dots, 9; \quad j = 1, 2, 3 \quad (3.5)$$



Şekil 3.2. Üyelik fonksiyonu olarak kullanılan çan şekli üyelik fonksiyonu

Burada a_j , b_j , c_j isteğe bağlı ayarlanabilir parametrelerdir. KTBMF de kullanılacak bulanık anlam çıkarma kuralları için temel olarak Mamdani metodu kullanılmıştır. Temel kurallar şunlardır.

Eğer $p(k,l)$ en siyaha yakın ise $Y = \text{en siyah}$ değilse

Eğer $p(k,l)$ griye yakın ise $Y = \text{gri}$ değilse

.

.

Eğer $p(k,l)$ en beyaza yakın ise $Y = \text{en beyaz}$

Çan şekilli üyelik fonksiyonundaki parametreleri de ayarlayarak verilen dokuz pikseli alt imgeye Eş (3.5) uygulanarak bulanıklaştırma gerçekleştirilmiştir. b değerinin a ve c değerlerinden çok büyük seçilmesi darbe şeklindeki gürültünün üyelik fonksiyonunu uygun bir şekilde filtrelenmesini sağlar. 2. adımda ise her bir piksel değeri için Eş (3.6) ye göre normalize değerler hesaplanmıştır [36].

$$w_{ij} = \frac{m_j(x_i)}{\sum_{i=1}^9 m_j(x_i)}, \quad i = 1, 2, \dots, 9 \text{ ve } j = 1, 2, 3 \quad (3.6)$$

KTBMF de kullanılan 3x3 örnekleme penceresinin orta piksel değerinin gürültü olup olmadığı aşağıdaki kurallarla tespit edilmiştir. Şekil 3.3. te KTBMF filtresinin temel akış şeması görülmektedir. Akış şemasında görüldüğü gibi ilk aşamada bulanık kurallar çerçevesinde gürültü tespiti yapılmaktadır.

Kural 1- *IF* $x_1 = p(k-1, l-1) \in mf(1)$ $x_2 = p(k-1, l) \in mf(1)$ $x_3 = p(k-1, l+1) \in mf(1)$ $x_4 = p(k, l-1) \in mf(1)$ $x_5 = p(k, l) \in mf(1)$ $x_6 = p(k, l+1) \in mf(1)$ $x_7 = p(k+1, l-1) \in mf(1)$ $x_8 = p(k+1, l) \in mf(1)$ $x_9 = p(k+1, l+1) \in mf(1)$ *THEN* $x_5 = p(k, l) \notin X_{imp}$

Kural 2- *IF* $x_1 = p(k-1, l-1) \in mf(2)$ $x_2 = p(k-1, l) \in mf(2)$ $x_3 = p(k-1, l+1) \in mf(2)$ $x_4 = p(k, l-1) \in mf(2)$ $x_5 = p(k, l) \in mf(2)$ $x_6 = p(k, l+1) \in mf(2)$ $x_7 = p(k+1, l-1) \in mf(2)$ $x_8 = p(k+1, l) \in mf(2)$ $x_9 = p(k+1, l+1) \in mf(2)$ *THEN* $x_5 = p(k, l) \notin X_{imp}$

Kural 3- IF $x_1 = p(k-1, l-1) \in mf(2)$ $x_2 = p(k-1, l) \in mf(3)$ $x_3 = p(k-1, l+1) \in mf(3)$ $x_4 = p(k, l-1) \in mf(3)$ $x_5 = p(k, l) \in mf(3)$ $x_6 = p(k, l+1) \in mf(3)$ $x_7 = p(k+1, l-1) \in mf(3)$ $x_8 = p(k+1, l) \in mf(3)$ $x_9 = p(k+1, l+1) \in mf(3)$ THEN $x_5 = p(k, l) \notin X_{imp}$

Kural 4- IF $x_1 = p(k-1, l-1) \in mf(4)$ $x_2 = p(k-1, l) \in mf(4)$ $x_3 = p(k-1, l+1) \in mf(4)$ $x_4 = p(k, l-1) \in mf(4)$ $x_5 = p(k, l) \in mf(4)$ $x_6 = p(k, l+1) \in mf(4)$ $x_7 = p(k+1, l-1) \in mf(4)$ $x_8 = p(k+1, l) \in mf(4)$ $x_9 = p(k+1, l+1) \in mf(4)$ THEN $x_5 = p(k, l) \notin X_{imp}$

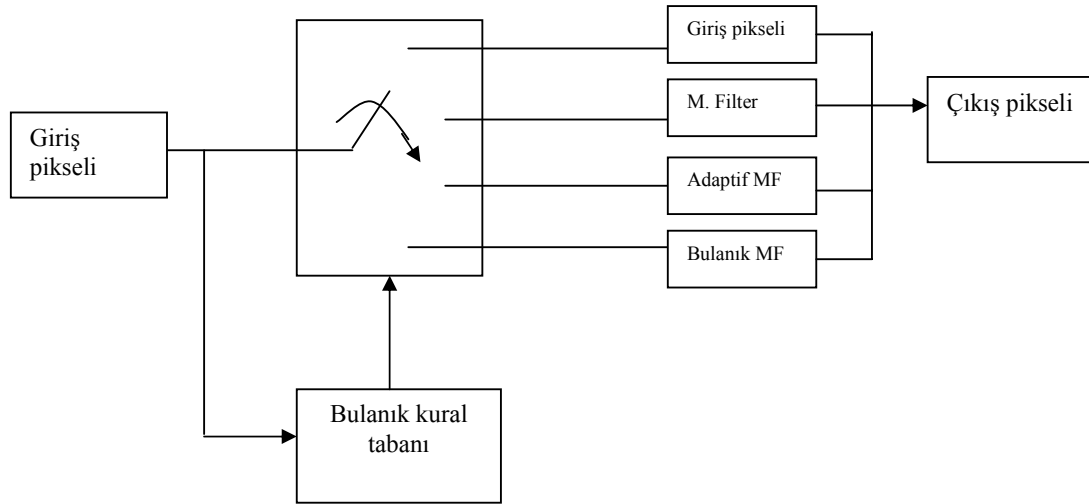
Kural 5- IF $x_1 = p(k-1, l-1) \in mf(5)$ $x_2 = p(k-1, l) \in mf(5)$ $x_3 = p(k-1, l+1) \in mf(5)$ $x_4 = p(k, l-1) \in mf(5)$ $x_5 = p(k, l) \in mf(5)$ $x_6 = p(k, l+1) \in mf(5)$ $x_7 = p(k+1, l-1) \in mf(5)$ $x_8 = p(k+1, l) \in mf(5)$ $x_9 = p(k+1, l+1) \in mf(5)$ THEN $x_5 = p(k, l) \notin X_{imp}$

Kural 6- IF $x_1 = p(k-1, l-1) \in mf(6)$ $x_2 = p(k-1, l) \in mf(6)$ $x_3 = p(k-1, l+1) \in mf(6)$ $x_4 = p(k, l-1) \in mf(6)$ $x_5 = p(k, l) \in mf(6)$ $x_6 = p(k, l+1) \in mf(6)$ $x_7 = p(k+1, l-1) \in mf(6)$ $x_8 = p(k+1, l) \in mf(6)$ $x_9 = p(k+1, l+1) \in mf(6)$ THEN $x_5 = p(k, l) \notin X_{imp}$

Kural 7- IF $x_1 = p(k-1, l-1) \in mf(7)$ $x_2 = p(k-1, l) \in mf(7)$ $x_3 = p(k-1, l+1) \in mf(7)$ $x_4 = p(k, l-1) \in mf(7)$ $x_5 = p(k, l) \in mf(7)$ $x_6 = p(k, l+1) \in mf(7)$ $x_7 = p(k+1, l-1) \in mf(7)$ $x_8 = p(k+1, l) \in mf(7)$ $x_9 = p(k+1, l+1) \in mf(7)$ THEN $x_5 = p(k, l) \notin X_{imp}$

Kural 8- IF $x_1 = p(k-1, l-1) \in mf(8)$ $x_2 = p(k-1, l) \in mf(8)$ $x_3 = p(k-1, l+1) \in mf(8)$ $x_4 = p(k, l-1) \in mf(8)$ $x_5 = p(k, l) \in mf(8)$ $x_6 = p(k, l+1) \in mf(8)$ $x_7 = p(k+1, l-1) \in mf(8)$ $x_8 = p(k+1, l) \in mf(8)$ $x_9 = p(k+1, l+1) \in mf(8)$ THEN $x_5 = p(k, l) \notin X_{imp}$

Kural 9- IF $x_1 = p(k-1, l-1) \in mf(9)$ $x_2 = p(k-1, l) \in mf(9)$ $x_3 = p(k-1, l+1) \in mf(9)$ $x_4 = p(k, l-1) \in mf(9)$ $x_5 = p(k, l) \in mf(9)$ $x_6 = p(k, l+1) \in mf(9)$ $x_7 = p(k+1, l-1) \in mf(9)$ $x_8 = p(k+1, l) \in mf(9)$ $x_9 = p(k+1, l+1) \in mf(9)$ THEN $x_5 = p(k, l) \notin X_{imp}$



Şekil 3.3. Gürültü pikselinin tespiti için modelin akış şeması

Bulanık mantık filtresi içinde aşağıdaki metod takip edilmiştir. Önce 128 x 128 boyutunda ve 8 bit (256 gri seviyesi) derinliğindeki bir görüntüye %70 oranında darbe gürültüsü eklenmiştir. Elde edilen 128x128 boyutundaki gürültülü görüntünün piksel değerleri satır satır alt alta dizilerek 1x16384 boyutunda bir kolan matris haline getirilmiştir. Daha sonra, n-1, n ve n+1 serileri elde edilmiştir. Böylece tek kolonlu bir matris şeklindeki veriler, üç kolonlu bir girdi seti haline getirilmiştir. Bundaki amaç herhangi bir pikselin bir önceki ve bir sonraki piksel değerini bir arada görebilmektir. Sonraki aşamada bu üç kolonluk girdi setleri arasında mantıksal ilişkiler kurulmuştur. Bu mantıksal ilişki aşağıdaki matematiksel ifade ile tanımlanmıştır [37].

$$X_i = \left\{ \begin{array}{l} X_{\min} < X_{n-1} < X_{\max} ; \quad X_{n-1} \text{ degilse} \\ X_{\min} < X_n < X_{\max} \quad \text{ve} \quad X_{\min} < X_{n+1} < X_{\max} ; \quad (X_n + X_{n+1})/2 \text{ degilse} \\ X_{\min} < X_n < X_{\max} ; \quad X_n \text{ degilse} \\ X_{\min} < X_{n+1} < X_{\max} ; \quad X_{n+1} \text{ degilse} \\ 0 \end{array} \right\} \quad (3.7)$$

(3.3-3) eşitliği kullanılarak elde edilen tek kolonlu veri matrisi bulanık sistemin tek girdisi olarak alınmıştır. Böylece bulanık sistemin girdi dosyası hazırlanmıştır. Çıktı

dosyası ise orijinal görüntünün 128x128 boyutlu matrisi benzer şekilde tek kolonlu matris haline getirilerek hazırlanmıştır. Hem girdinin hem de çıktının üyelik fonksiyonu sayıları 36 olarak seçilmiştir. Kural sayısı da üyelik fonksiyonu sayısına eşit yani 36 olarak belirlenmiştir. Üyelik fonksiyonlarının matematiksel ifadesi;

$$\tilde{U}_A(x) = \tilde{U}_A(x; a, b, c) = \begin{cases} (x-a)/(b-a) & \text{eğer } a \leq x < b \\ (c-x)/(c-b) & \text{eğer } b \leq x < c \\ 0 & \text{eğer } x > c \text{ veya } x < a \end{cases} \quad (3.8)$$

olarak seçilmiştir.

Kuralların ağırlık katsayıları birbirine eşit ve 1 olarak seçilmiştir. Durulaştırma metodu olarak centroid metot kullanılmıştır.

Eldeki gürültülü görüntü önce AMF ile gürültünün bir kısmı bastırıldıktan sonra, geri kalan gürültü (özellikle AMF'nin başarısız olduğu gürültü) ise bulanık model ile giderilmiştir. Modelin akış şeması Şekil 3.4.'de verildiği gibi tasarlanmıştır. Şekil 3.4'de görüldüğü gibi sistemin çalışması iki aşamada oluşmaktadır.

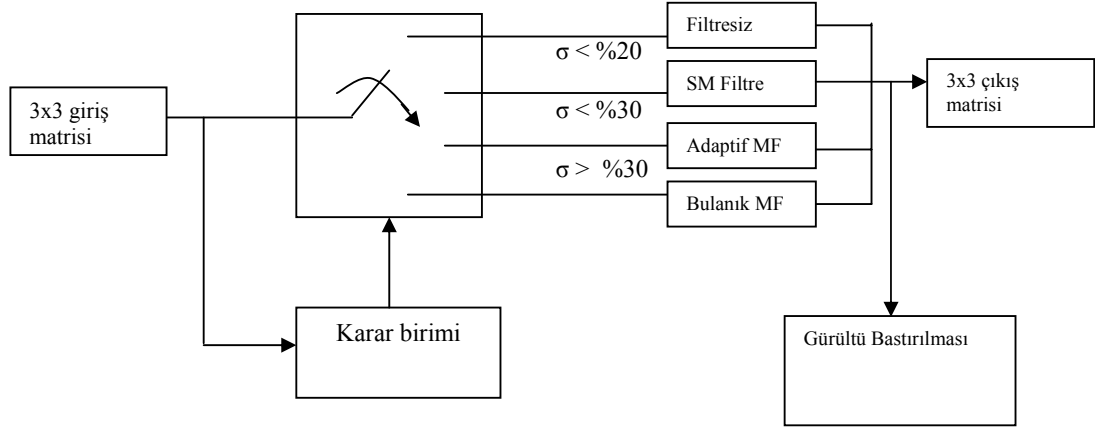
1.aşama: Giriş görüntü pikseli öncelikle gürültü tespitini yapan bulanık mantık denetleyicisine ve seçimin yapılacağı birime gitmektedir. Bulanık mantıkla giriş pikselin bilgisi hakkında bir karar verilerek seçme yönü belirlenir. Ancak işlemin bu aşamasında bulanıklık mekanizması kural tabanlı bir işlemde oluşmaktadır. Oluşturulan kurallar üyelik fonksiyonuna bağlı olarak pikselin gürültü matrisine ait olup olmadığını belirlemektedir. Bunun için 9 adet kural belirlenerek gürültü matrisi elemanı olan pikseller bulanık kurallar yöntemi ile belirlenmiştir.

2. aşama: Bu aşamada ise gürültü pikseller ve gürültüsüz pikseller tespit edildikten sonra bu piksellerin düzeltilip (gürültüden arındırılıp) çıkışa aktarılması işlemi yapılmaktadır. Eğer piksele herhangi bir gürültü bulaşmamış ise yani

$$f(x,y) \notin X_{imp} \text{ ise}$$

Bu durumda giriş pikseli herhangi bir işleme tabi tutulmadan çıkış görüntü pikseli olarak kabul edilir. Eğer 3x3 lük tarama matrisi içindeki gürültü miktarı %20 den az

ise medyan filtresi yeterli olacağından gürültü bastırma işlemi medyan filtresi ile yapılacaktır. Aynı şekilde gürültü miktarı %20 ile %30 arasında ise adaptif medyan filtresi ve gürültü miktarı daha üst değerlerde olduğu durumlarda ise bulanık adaptif medyan filtresi kullanılarak görüntü gürültüden arındırılmış olur.



Şekil 3.4. KTBAMF için kullanılan akış şeması

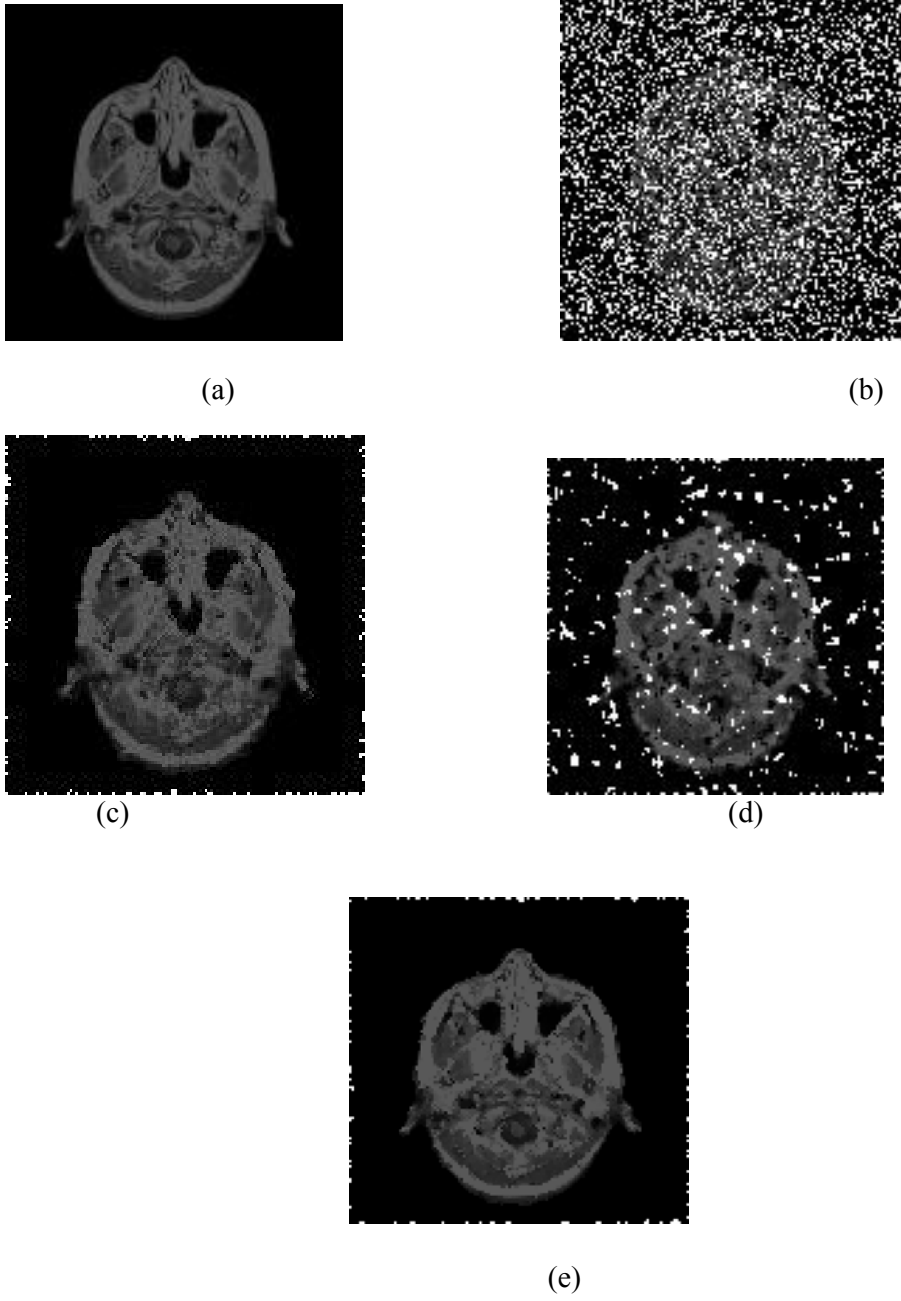
Kullanılan anahtarlama gürültü bastırılması yöntemi ile gürültü bulaşmamış pikseller aynen korunurken gürültü bulaşmış pikseller ise komşu piksellere en çok benzeyen bir piksel değeri ile gürültülü piksel değeri değiştirilmesi sağlanır. Bu vesile ile görüntüdeki gürültüler arındırılırken görüntüdeki detaylar da azami derecede korunmuş olur.

4. BULGULAR VE İRDELEME

Bu tez çalışması sonucunda kural tabanlı bulanık mantık medyan filtresi kullanılarak gürültü bastırma işleminin imge üzerindeki detayları daha çok koruduğu tespit edilmiştir. Bu durum özellikle tıbbi görüntüleme tekniklerinde son derece önemlidir. Ancak ele alınan görüntü penceresi 3x3 lük pencere olup dokuz adet giriş pikseli söz konusu olduğundan daha iyi bir görüntü elde edilmesi için daha fazla kural tanımlamak gerekir. Dokuz adet giriş pikseli ile dokuz adet üyelik fonksiyonu belirlenmesi durumunda 9^9 kadar bir kural tanımlanması gerekmektedir. Bu işlem ise günümüz bilgisayarlarıyla gerçekleştirilmesi son derece zor ve bilgisayar çalışması yavaş olacağından bu kurallar içinde belli bir optimizasyon yaparak 758 adet kural tanımlanmıştır. Ancak şurası kesindir ki kural sayısının artması görüntüyü daha çok iyileştirirken görüntünün bilgisayarda işlenmesini de o derece yavaşlatmaktadır. Piksellerin yeni değerleri tayin edilirken bulanık mantık kurallarından faydalanılarak o bölge içinde görüntünün dokusuna en uygun piksel değeri seçilir. Böylece standart bir kurala bağlı kalmaksızın görüntünün bölgelerine göre değişik değer tespitleri yapılmaktadır. Ayrıca gürültünün miktarına bağlı olarak da farklı filtre teknikleri devreye girmektedir. Bütün bu işlemler sonucunda darbe gürültüsü bastırılırken görüntüdeki detaylar korunmuş olur. Bu durum tıbbi amaçlı görüntülerde son derece önemli olduğundan işlem olarak çok kapsamlı olup bilgisayar sistemlerinde çok yavaş işlenmesine rağmen detayların tıptaki önemi açısından bu metot önemlidir.

Yapılan çalışmalar sonucunda KTBAMF ile gürültüsü bastırılmış MR görüntüsü ile ilgili sonuçlar şekil 4.1. de görülmektedir. Şekil 4.1. (a) da orijinal bir MR görüntüsü görülmektedir. Bu görüntü “Matlab R-14 image processing” klasöründen alınmıştır. (b) de ise bu görüntüye 0.6 oranında darbe gürültüsü ilave edilmiştir. (c) de adaptif medyan filtresi (AMF) kullanılarak gürültü bastırılmış olup medyan filtresinin boyutu gürültü miktarına göre değiştirilerek bir filtre elde edilmiştir. (e) de ise 0.6 oranında gürültü katkılanmış MR görüntüsünün 3x3 lük bir medyan filtresi ile gürültüden arındırılması sağlanmıştır. (f) de bu çalışmada kullanılan KTBAMF filtresi ile MR görüntüsüne bulaşmış 0.6 oranında darbe gürültüsünün bastırılması sonucunda elde edilen yeni görüntü görülmektedir. Görüntülerde de görüldüğü üzere medyan filtresi 0.6 oranındaki bir gürültüyü görüntüden arındırırken pek başarılı

olmadığı net olarak anlaşılmaktadır. Adaptif medyan filtresi ise aynı orandaki gürültüyü bastırırken orijinal görüntünün detaylarına pek sadık kalmadığı ve önemli oranda detay bilgisinin kaybolduğu veya orijinal görüntüde olmayan bazı kenar bilgilerinin yeni görüntüde meydana geldiği açıkça görülmektedir. Bu tür detayların tıbbi amaçlı görüntüleme sistemlerinde çok önemli olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada önerilen KTBAMF filtresi ile gürültü bastırılması esnasında detayların daha iyi korunduğu ve orijinal görüntüye daha çok sadık kalındığı görüntülerden anlaşılmaktadır.



Şekil 4.1.BAMF ile gürültü bastırılması (a) Orijinal MR görüntüsü (b) $\gamma = 0.7$ gürültülü görüntü (c) AMF ile gürültü bastırılması (d) Medyan filtresi ile gürültü bastırılması (e) KTBMF ile gürültü bastırılması

Bulanık mantık ile görüntüye bulaşmış gürültü bastırmanın performans kriteri olarak MSE ve RMSE kullanılmış olup eşitlik sonucu elde edilen veriler çizelge 4.1 de verilmiştir [38].

MSE: Ortalama Karesel Hata (mean square error), tahmini değerler ile gerçek (ölçülen) değerlerin farklarının karelerinin toplamının toplam veri sayısına oranıdır. En basit hata modu aritmetik farktır. Model sonuçlarını eldeki tüm veriler ile tek tek karşılaştırmak çoğu kez zor, veri ve sonuç sayısı fazla ise bunun kontrolü de adeta imkansızdır. Bu nedenle farkların ortalamaları alınır. Farkların ortalamaları alınırken, pozitif ve negatif farklar birbirini götürüleceği için bu durumda ortalamanın fiziksel bir anlamı olmayacak ve modelin hatasını veya başarısını yeterince gösteremeyecektir. Bu nedenle farkların kareleri alınıp (bu durumda hepsi pozitif değerler olacaktır) ondan sonra ortalaması alınır. Buna ortalama karesel hata (mean square error) denir ve böylece modelin hatası daha güvenli şekilde kontrol edilmiş olur. Kimi zaman MSE büyük sayılar olarak elde edilir ki bu büyük sayılardan kurtulmak için karekök karesel hata (root mean square error) kullanılır. MSE ile RMSE arasındaki fark istatistikteki varyans ile standart sapma arasındaki farka benzetilebilir. Bazı durumlarda hata modlarının 0 ile 1 arasındaki değerlerle ifade edilmesine ihtiyaç duyulur. Bu durumda hata normalize edilir. Tahmini ve ölçülen değerlerin farkının ölçülen değere (veya maksimumuna veya ortalamasına) bölünür. Bunlar toplanıp veri sayısına bölününce ondalık olarak ortalama bulunur. Sonuç 100 ile çarpılınca da yüzdelik olarak sonuç elde edilmiş olur ki buna da Normalize edilmiş hata denir. Bu durumda farkların mutlak değerlerinin veya karelerinin karekökünün alınması hata modunun yanıltıcı olmaması için daha uygundur [39-42].

Gürültüden temizlenmiş bir görüntünün güvenilirliği MSE, RMSE ve SNR kriterleri ile ölçülebilir. Özellikle SNR değeri veya PSNR değeri görüntünün kalitesi ile ilgili bilgi verirken MSE ve NMSE değerleri de gürültüden arındırılmış görüntünün orijinaline göre sahip olduğu hata değerini göstermektedir. Burada data olarak görüntüdeki piksellerin gri seviyeleri ele alınmıştır. Görüntüde yatay ve dikey eksen boyunca koordinatları M ve N olan bir matristen bahsedildiğinden dolayı hata analizi yapılırken iki boyutlu analiz yapılmıştır. Bir görüntünün kalitesi sinyal oranı ne kadar çok ve gürültü miktarı ne kadar az ise o kadar kaliteli bir görüntüden

bahsedilebilir. Dolayısıyla bir görüntü analizinde muhakkak SNR veya PSNR değerlerinin incelenmesi gerekir. Zira bu oranın büyüklüğü görüntü kalitesi ile doğru orantılıdır.

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \|F(i, j) - G(i, j)\|^2}{N.M} \quad (4.1)$$

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad (4.2)$$

Orijinal görüntü ile gürültülü görüntünün sinyal gürültü oranı ise aşağıdaki ifade ile belirlenerek elde edilen veriler Çizelge 4.1 de gösterilmektedir.

$$PSNR = 20 \log \left\{ \frac{255}{RMSE} \right\} \quad (4.3)$$

Normalize MSE değerinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılarak elde edilen değerler Çizelge 4.1'e kaydedilerek diğer tekniklerle karşılaştırıldı.

$$NMSE = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \|F(i, j) - G(i, j)\|^2}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \|F(i, j)\|^2} \quad (4.4)$$

Çizelge 4.1. Filtrelerin MSE, RMSE, PSNR, NMSE değerlerinin karşılaştırılması

		Darbe Gürültü Oranı						
Filtre Türü		10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%
MSE	KTBAF	8,9060	36,90	87,30	188,20	454,8000	821,00	2253,00
	Filtresiz	316,6788	1361,40	2460,90	4772,50	7828,9000	10648,00	13866,00
	Medyan(3x3)	274,2397	453,40	580,80	1077,50	2309,7000	4153,00	7053,00
	Medyan(5x5)	528,2368	701,10	688,00	927,80	1492,7000	2309,00	4199,00
	Medyan(7x7)	908,7732	1118,90	989,70	1236,80	1643,9000	2487,00	3416,00
RMSE	KTBAF	2,9843	6,10	9,30	13,70	21,3000	29,00	47,00
	Filtresiz	17,7955	36,90	49,60	69,10	88,5000	103,00	118,00
	Medyan(3x3)	16,5602	21,30	24,10	32,80	48,1000	64,0000	84,00
	Medyan(5x5)	22,9834	26,50	26,20	30,50	38,6000	48,0000	65,00
	Medyan(7x7)	30,1459	33,50	31,50	35,20	40,5000	50,0000	58,00
PSNR	KTBAF	38,6340	32,50	28,70	25,40	21,6000	19,0000	15,00
	Filtresiz	23,1246	16,80	14,20	11,30	9,2000	8,0000	7,00
	Medyan(3x3)	23,7495	21,60	20,50	17,80	14,5000	12,0000	10,00
	Medyan(5x5)	20,9025	19,70	19,80	18,50	16,4000	14,0000	12,00
	Medyan(7x7)	18,5462	17,60	18,20	17,20	16,0000	14,0000	13,00
NMSE	KTBAF	0,0001	3,0E-07	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,00
	Filtresiz	0,0029	1,01E-05	0,00	0,00	0,1000	0,0000	0,00
	Medyan(3x3)	0,0025	3,60E-06	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,00
	Medyan(5x5)	0,0048	5,40E-06	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,00
	Medyan(7x7)	0,0083	8,50E-06	0,00	0,00	0,0000	0,0000	0,00

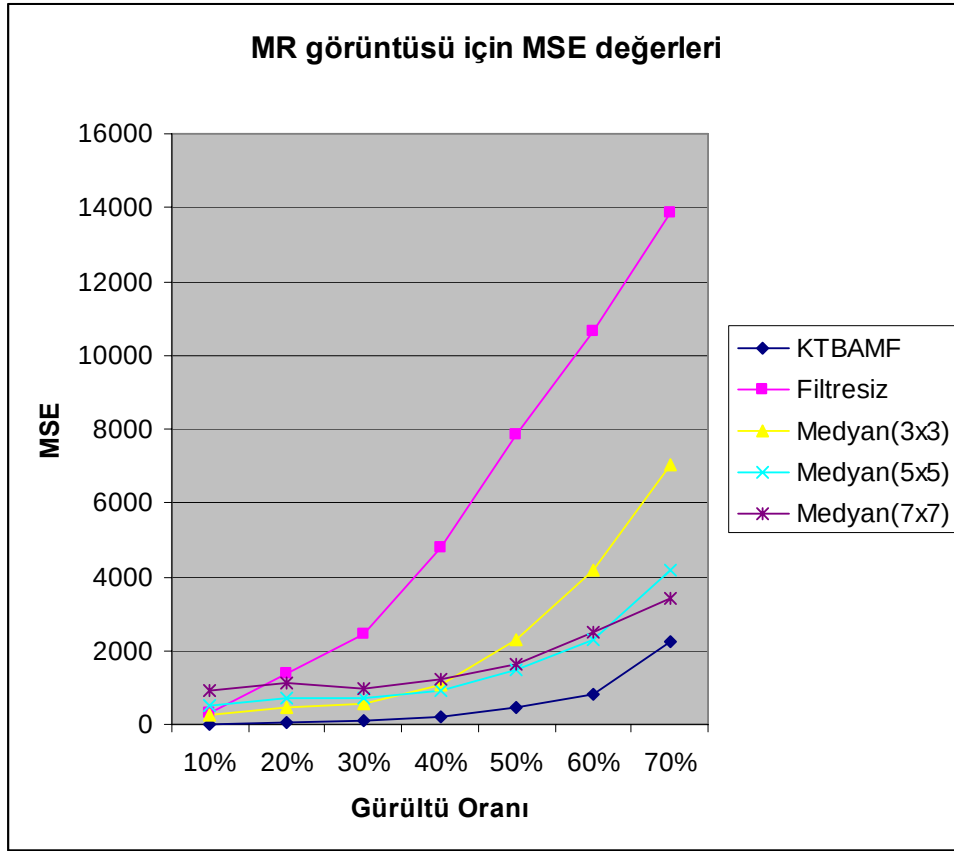
Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi bir MR görüntüsünün KTBMF, filtresiz, 3x3 medyan, 5x5 medyan ve 7x7 medyan filtreleri ile hata analizi yapılmıştır. Çizelgede karşılaştırma yaparken yapılırken özellikle işaret gürültü (PSNR) oranı ve MSE, NMSE, RMSE değerleri açısından KTBAMF’nin MR görüntüsünün gürültüden arındırılmasındaki başarısı irdelenmektedir.

Gürültü oranının 0,5 ten fazla olduğu durumlarda diğer tekniklerde MSE değerleri çok yüksek çıkmasına rağmen KTBAMF’nin MSE sonucunda anlamlı bir azalma görülmektedir. Bundan da anlaşılmaktadır ki KTBAMF filtresi diğer filtrelere göre daha az bir hata payı ile gürültü bastırması işlemini yapmaktadır.

Gürültü miktarının 0,5 ten fazla olduğu durumlarda işaret gürültü oranı (SNR) diğer tekniklerde düşük iken KTBAMF deki sonuçlarda daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Bu değerler KTBAMF’nin diğer tekniklere göre sinyal seviyesini daha iyi korurken gürültüyü de daha çok bastırmış olduğunu göstermektedir.

Özellikle çizelge 4.1.’deki normalize MSE değerleri incelendiğinde KTBAMF filtresinin hata analizindeki başarısı daha net bir şekilde görülmektedir.

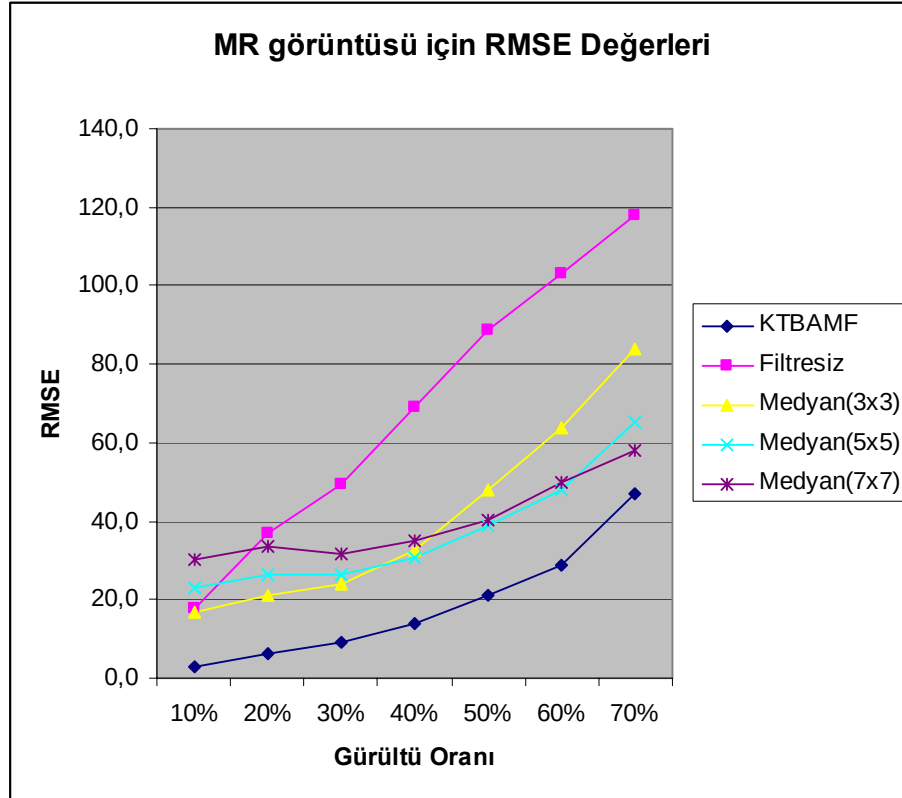
Medyan filtresi düşük gürültü oranlarında 3x3 lük bir pencere ile daha iyi sonuçlar vermesine rağmen 7x7 lik bir pencere seçildiğinde MSE oranı yükselmektedir. Ancak gürültü oranının daha yüksek olduğu durumlarda (>50%) 3x3 lük bir pencereye sahip medyan filtresi kötü bir sonuç verirken 7x7 lik pencereye sahip medyan filtresi daha iyi bir sonuç vermektedir. Bu durumda yapılması gereken gürültü oranı değiştikçe pencerenin büyüklüğünün değiştirilmesi gerekliliğidir. O halde iyi bir sonuç elde etmenin birinci koşulu gürültünün oranına bağlı olarak adaptif medyan filtresinin kullanılmasıdır.



Şekil 4.2. MR görüntüsü için hazırlanmış MSE değerlerinin karşılaştırılması

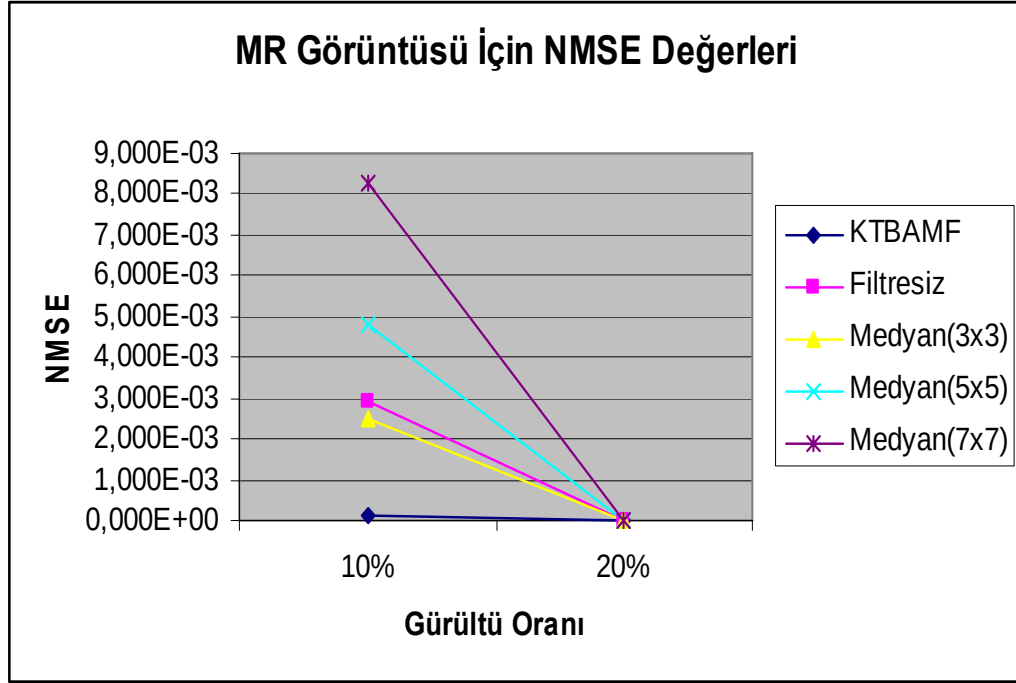
Şekil 4.2'deki grafikte görüldüğü gibi KTBAMF filtresinin MSE değeri diğer filtrelere göre daha düşük değerlerde seyrettiği ve gürültü oranının %60 değerini bulduğu durumda KTBAMF nin MSE değeri, 7x7 medyan filtresinin %20 gürültü oranındaki MSE değerinden bile daha düşük olduğudur. 3x3 lük medyan filtresi başlangıçta iyi bir sonuç vermesine rağmen gürültü miktarı %20'yi aştığı durumlarda kötü bir performans sergilemektedir. 7x7 medyan filtresi ise gürültü miktarının düşük olduğu oranlarda bile MSE değeri bir hayli yüksek olduğu çok net bir şekilde görülmektedir. Grafikte çok net olarak görülmektedir ki medyanın kullandığı pencere boyutu küçük olduğu durumlarda gürültü miktarının az olduğu yerlerde nispeten daha iyi bir MSE değeri verirken gürültü miktarı arttıkça MSE değerinin bir hayli yükseldiğidir. Diğer tarafta pencere büyüklüğü arttırılmış medyan filtresi ise gürültü miktarının düşük olduğu durumlarda MSE değeri bir hayli yüksek olduğu ancak gürültü miktarının yükseldiği durumlarda küçük pencereli medyan filtresinden

daha iyi bir MSE değeri elde edildiği görülmektedir. KTBAMF filtresi ise bütün gürültü oranlarında çok net bir şekilde iyi bir performans gösterdiği ve her durumda düşük bir MSE değeri olduğu gözlenmektedir.



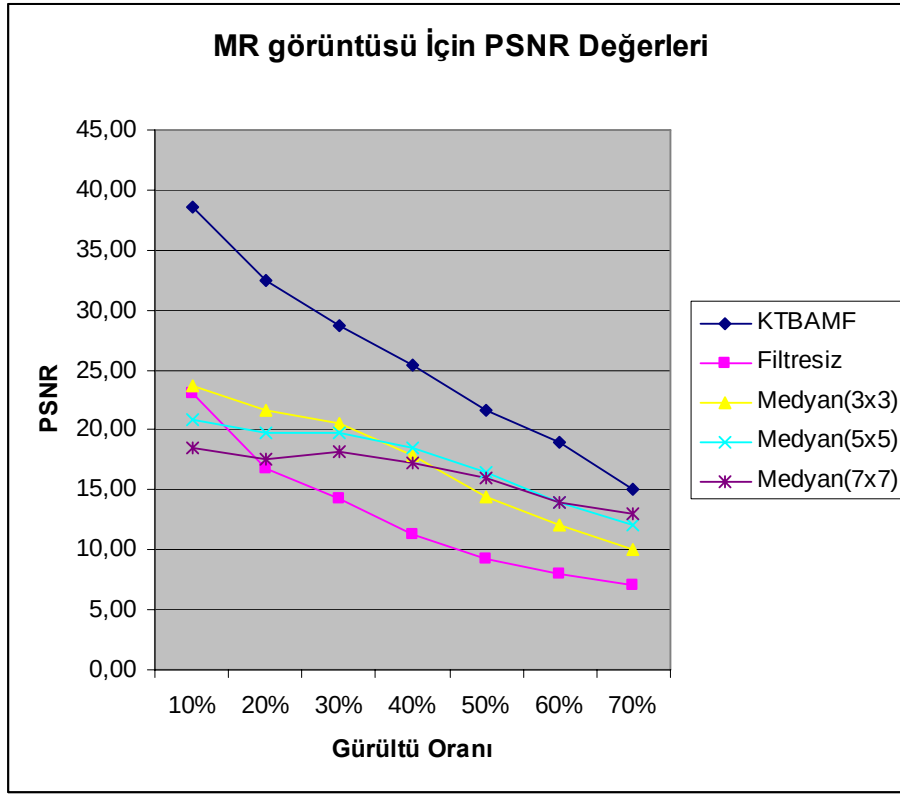
Şekil 4.3. MR görüntüsü için hazırlanmış RMSE değerlerinin karşılaştırılması

Filtreler arasındaki farkı daha bariz bir şekilde göstermenin diğer bir yolu da RMSE değerlerine bakmaktır. Şekil 4.3 teki grafikte görüldüğü gibi KTBAMF nin RMSE değerleri diğer filtrelerden daha düşük değerlerde seyrettiğidir. Yine 3x3 lük medyan filtresinin düşük gürültü oranlarında düşük RMSE değerlerine sahip iken gürültü oranı yükseldikçe RMSE değerlerinin de yüksek değerlere çıktığı net bir şekilde gözlemlenebilir. Ancak 7x7 lik medyan filtresi ise düşük gürültü oranlarında yüksek bir RMSE değerlerine sahip iken gürültü oranı yükseldikçe 3x3 lük medyan filtresine göre daha düşük RMSE değerlerine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 4.4 . MR görüntüsü için hazırlanmış NMSE değerlerinin karşılaştırılması

Normalize MSE değerleri şekil 4.4'teki grafikte gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi en iyi performansı gösteren filtre KTBAMF iken buna en yakın olan 3x3 medyan filtresidir.



Şekil 4.5. MR görüntüsü için hazırlanmış PSNR değerlerinin karşılaştırılması

İşaret işlemede en önemli faktörlerden biri de işaretin gürültüye oranıdır. Tezde kullanılan MR görüntüsüne ilave edilmiş olan darbe gürültüsünün bastırılması aşamasında görüntüdeki detayların korunması son derece önemli olduğundan gürültü bastırıldıktan sonra elde edilen görüntünün gürültüye oranı yüksek çıkması istenir. Şekil 4.5 te görüldüğü gibi bütün gürültü oranlarında KTBAMF filtresindeki PSNR değeri daha yüksek çıkmıştır. Bu da gösteriyor ki görüntüdeki detaylar daha iyi korunmuş iken gürültü miktarı da aynı oranda bastırmaktadır. Grafikte dikkat edildiği takdirde PSNR oranının 3x3 medyan filtresi için gürültünün az olduğu durumlarda yüksek iken gürültü miktarı arttıkça bu değer anlamlı bir şekilde düşmektedir. Ancak 7x7 medyan filtresinin PSNR değeri düşük gürültü oranlarında düşük iken gürültü oranı yükseldikçe 3x3 medyana göre PSNR değeri daha yüksek çıkmaktadır.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Görüntüye bulaşmış darbe gürültüsü bastırılırken detayların korunması son derece önemli olduğundan bu tezde özellikle tıbbi amaçlı görüntülerde detaylar çok önemli bazı bilgiler içerebilmekte ve bu detayların kaybolması halinde geri dönüşümü olmayan bazı hataların oluşmasına neden olabilmektedir.

Görüntüye bulaşmış gürültü miktarı artarken bu gürültüleri temizlemek detayların korunması açısından farklı tekniklerin kullanılmasını gerektirmektedir. Gürültü miktarının az olması durumunda ($< \%20$) medyan filtresi etkin bir görev yapar ve gürültüyü anlamlı bir şekilde yok eder. Ancak gürültü miktarı arttıkça medyan filtresi gürültüyü bastırmada yetersiz kalmakta veya gürültüyü tam anlamıyla bastırmak için medyanın penceresinin büyütülmesi gerekmektedir. Ancak bu durumda da detayların ciddi bir şekilde kaybolduğu sorunu ortaya çıkar ki bu durum telafisi imkânsız bazı hatalara neden olmaktadır.

Bu tezde önerilen filtre ile görüntü gürültüden arındırılırken detayların korunması amaçlanmış olup çeşitli bulanık kurallar kullanılarak gürültü tespiti yapılmış ve detayların korunması bu kurallar çerçevesinde sağlanmıştır. Bunun başka bir açıklaması şöyle yapılabilir. Görüntüyü oluşturan her bir piksel tek tek bulanık kurallarla incelenerek işlenmiş ve sinyal ile gürültü birbirinden net bir şekilde ayırt edilerek gürültü bastırılması gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla öncelikle düşük gürültü düzeylerinde etkili bir metot olan medyan fitresi kullanılmış yüksek gürültü seviyelerinde ise adaptif medyandan faydalanılmıştır. Ancak her iki teknikte kullanılırken gürültü tespiti bulanık mantık kurallarıyla gerçekleştirilmiştir. Bunun en önemli avantajı görüntüdeki bütün piksellerin yeni değerler ile değiştirilmesi yerine sadece gürültünün bulaşmış olduğu piksellerin yeni değerlerle değiştirilmesidir. Zira yeni bir değerle değiştirilen her bir piksel mutlak şekilde az veya çok bir hata payına sahip olacaktır.

Adaptif medyan filtresinin de yetersiz olduğu bazı gürültü değerleri söz konusu olabilmekte ve bu amaçla bulanık adaptif medyan filtresi kullanılması gerekmektedir. Bulanık adaptif medyan filtresinde ise medyan filtresinin pencere büyüklüğünün bulanık kurallar çerçevesinde belirlenmesi ve bu şekilde detayların

korunması için en etkin bir pencere büyüklüğünün seçilmesi sağlanmaktadır. Yapılan bütün bu işlemler gürültü bastırılırken detayların azami bir şekilde korunmasının sağlanmasıdır.

Kural tabanlı bulanık adaptif medyan filtresi yüksek oranlarda gürültü bulaşmış görüntüleri gürültüden arındırırken detayların korunmasında da o derece başarılı bir sonuç vermektedir. Bu amaçla KTBAMF filtresi tıbbi amaçlı görüntülerin gürültüden arındırılması işleminde kullanılması daha uygun olmaktadır.

Ancak KTBAMF filtresinin gürültü tespiti ve medyan penceresinin büyüklüğü bulanık kurallar kullanılarak sağlandığı için etkin kuralların belirlenmesi gerekir. Kurallar belirlenirken bir pikselin etrafındaki 3x3 lük pencere içerisinde yer alan diğer sekiz adet piksellerin gri seviyeleri göz önüne alınmalıdır. Bu durumda işlenecek piksel de göz önünde bulundurulduğunda 9⁹ adet kuralın belirlenmesi gerekir. Ancak günümüz bilgisayarları bu kadar kuralı üretilip işlemeye yavaş olacağından bu kuralların sayısı asgari değerlerde tutulmuştur. Gürültü pikselinin tespiti için dokuz adet kural belirlenirken medyan filtresinin boyutunun ayarlanması ve gürültü bastırılması işlemleri için 758 adet kural tanımlanmıştır.

KTBAMF de kullanılan bulanık mantık tekniği mamdani olarak seçildiğinden dolayı işlemlerin çoğu bulanık kurallarla gerçekleştirilmiştir. Genellikle darbe gürültüsünün bastırılmasında sugeno tekniği kullanılmakta ancak bu çalışmada piksel bazında gürültü tespitinin yapılması mamdani tekniğinden faydalanılmıştır.

Bundan sonraki çalışmalarda kural sayısı arttırılarak gürültü bastırılması daha iyi bir şekilde yapılabilir ve detaylar da o oranda korunabilir. Kural sayısının arttırılması her bir gürültü bulaşmış piksel değerinin en optimum bir gri seviyesi ile değiştirilmesini sağlayacak ve bu durumda gürültü bulaşmamış piksellerin değeri hiç değişmeyeceğinden detaylar da en iyi şekilde korunacaktır. Ancak kural sayısının arttırılması sinyal gürültü oranını iyileştirirken diğer taraftan görüntünün işlenmesini yavaşlatacaktır. Bu durumda da gerçek zamanlı görüntü işlemlerde büyük bir dezavantaj olacak ve hareketli görüntülerin gürültüden arındırılmasında büyük bir sorun olarak ortaya çıkacaktır. Bu amaçla hazırlanan KTBAMF filtresi gerçek zamanda çalışan görüntü işleme kartlarına yüklenerek daha hızlı bir işlem

geçmesi sağlanabilir ve böylece hareketli görüntülerin arındırılmasında büyük bir aşama kaydedilebilir.

Sonuç olarak bulanık kural sayısı arttırılarak gürültü miktarı daha çok olan görüntülerde gürültü bastırılırken detaylar daha iyi korunabilir. Bunun yapılması için en iyileme algoritmaları kullanılarak kural sayısı düşürülebilir ve daha hızlı işlem gerçekleştirebilen yeni metotlar geliştirilebilir.

6. KAYNAKLAR

1. Rosenfeld,A., “Fuzzy digital topology”, *Information and Control*, 40, 76-87. (1979).
2. Abreu, E., M. Lightstone, S. K. Mitra, and K. Arakawa, “A new efficient approach for the removal of impulse noise from highly corrupted images”, *IEEE Trans. Image Processing*, 5,1012-1025, (1996).
3. Wang, J. H., L. D. Lin, and M. D. Yu “Histogram-based adaptive neuro-fuzzy filter for image restoration. *Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(A)*, 21(6), 556-572, (1997).
4. Kong, H. and L. Guan A noise-exclusive adaptive filtering framework for removing impulse noise in digital image”, *IEEE Trans. Circuits and Systems*, 45(3), 422–428. (1998).
5. Russo,F. “A fuzzy filter for images corrupted by impulse noise”, *IEEE Trans. Signal Processing*. Vol.3, No.6, (1996).
6. S.Peng and L.Lucke, “Fuzzy filtering for mixed noise removal during image Processing”, *im. Proc. 3rd IEEE Int. Conf. Fuzzy System*, Orlando, FL, June 26-29, pp. 89–93. (1994).
7. Arakawa, K., “Median filter based on fuzzy rules and its application to image restoration”, *Fuzzy Sets Syst.* 77, 3–13, (1996).
8. C.-S. Lee, Y.-H. Kuo, and P.-T. Yu, “Weighted fuzzy mean filters for image processing,” *Fuzzy Sets Syst.*, no. 89, pp. 157–180, (1997).
9. Üstüntaş T, “Dijital fotogrametride yapısal görüntü işleme” *İTÜ Fen Bilimleri Enst.* Doktora tezi. (2004).
10. Yannis A. Tolias, “A fuzzy vessel tracking algorithm for retinal images based on fuzzy clustering”, *IEEE Trans. On Medical Imaging*, Vol. 17, no. 2, April (1998).
11. Haixiang Xu , Guangxi Zhu, Haoyu Peng, Desheng Wang , “Adaptive fuzzy switching filter for images corrupted by impulse noise”, *Pattern Recognition Letters*, 25 1657–663. (2004)
12. Xiaoyin Xu, Eric L. Mille “Adaptive two-pass rank order filter to remove impulse noise in highly corrupted images”, *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 13, No. 2, February, (2004).

13. Konstantinidis, K. “Image retrieval based on fuzzy color histogram processing”, *Optics Communications*, v 248, n 4-6, 15 p 375-86, April, (2005).
14. Hassanien, Aboul Ella “Detection of spiculated masses in mammograms based on fuzzy image processing”, Lecture Notes in Artificial Intelligence (Subseries of Lecture Notes in Computer Science), v 3070, *Artificial Intelligent and Soft Computing* - ICAISC 2004, p 1002–1007, (2004).
15. Robert M. Gray and David L. Neuhoff. “Quantization”, *IEEE Transactions on Information Theory*, 44(6):1.63, October (1998).
16. Internet: Dr. Brian Mac Name online <http://www.comp.dit.ie/bmacnamee/-LectureNotes/GraphicsAndImageProcessing/ImageProcessing5SpatialFiltering2.ppt> (2006).
17. Anil K. Jain. *Fundamentals of Digital Image Processing*. **Prentice Hall**, (1989).
18. Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods. “*Digital Image Processing*”, International Edition, **Prentice Hall**, p 50-140, (2002).
19. Bankman, Issac, *Handbook of Medical Imaging: Processing and Analysis Management Hardcover*, Academic Press, (2000).
20. D.A.F. Florencio, R.W. Schafer, Decision-based median “Filter using local signal statistics”, *Image. Proc. SPIE Symp., Visual Communication Image Processing*, vol. 2038, Chicago, USA, September, pp. 268–275. (1994).
21. E. Abreu, S.K. Mitra, “A signal-dependent rank ordered mean (SD-ROM) filter. A new approach for removal of impulses from highly corrupted images”, *Proc. IEEE ICASSP-95*, Detroit, MI, May (1995).
22. J. Astola, P. Kuosmanen, “Fundamentals of Nonlinear Digital Filtering”, **CRC Press, Boca Raton, FL**, (1997).
23. T. Chen, K.K. Ma, L.H. Chen, “Tri-state median filter for image denoising”, *IEEE Trans. Image Processing*. 8 1834–1838. (1999).
24. Internet, Paul Miller online, Sonic Arts and Computer Science Research Centre www.cs.qub.ac.uk/~P.Miller/csc312/image/presentations/csc312_4_02.ppt, 2006.
25. How-Lung Eng, Kai-Kuang Ma, “Noise Adaptive Soft-Switching Median Filter”, *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 10, No. 2, February, (2001).
26. T. Sun and Y. Neuvo, “Detail-preserving median based filters in image processing,” *Pattern Recognit. Lett.*, vol. 15, pp. 341–347, (1994).

27. W.Y. Han and J. C. Lin, “Minimum–maximum exclusive mean (MMEM) filter to remove impulse noise from highly corrupted image,” *Electron. Lett.*, vol. 33, pp. 124–125, (1997).
28. Tzu-Chao Lin, Pao-Ta Yu, “Partition fuzzy median filter based on fuzzy rules for image restoration”, *Fuzzy Sets and Systems*, 147, 75–97, (2004).
29. Acharya T., Ajoy K. “ Image processing principles and applications”, *John Wiley & sons, inc.*,209-223, (2005).
30. Toprak,A. Güler,İ., “Suppression of impulse noise in medical images with the use of fuzzy adaptive median filter”, *Journal of Medical Systems*, (Kabul edildi), (2006).
31. Toprak, A. Güler,İ. “Impulse noise reduction in medical images with the use of switch mode fuzzy adaptive median filter” *4th FEA International Symposium* (Sunuldu), Kıbrıs, (2006)
32. T. Chen, H.R. Wu, “Application of partition-based median type filters for uppressing noise in images”, *IEEE Trans. Image Processing*. 6 (10), 829–836, (2001).
33. Wang, J. H. and L. D. Lin, “An improved median filter using minmax algorithm for image processing”, *IEE Electronic Letter*, 33(16), 1362–1363, (1997).
34. I. Pitas and A. N. Venetsanopoulos. “*Nonlinear Digital Filters: Principles and Applications*”, *Kluwer Academic*, (1990).
35. Jyh-Yeong Chang and Jia-Lin Chen, “Classifier-Augmented Median Filters for Image Restoration”, *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 53, No. 2, April, (2004).
36. Jung-Hua Wang, Wen-Jeng Liu, and Lian-Da Lin, “Histogram-Based Fuzzy Filter for Image Restoration”, *IEEE Transaction on systems, Man, And Cybernetics – Part B Cybernetics*, Vol. 32 No. 2, April (2002).
37. A.Toprak, Z.F. Toprak. “Hızlı bulanık adaptif medyan filtresi kullanarak darbe gürültüsünün bastırılması” Bilimde *Modern Yöntemler Sempozyumu BMYS’2005*. 16-18, Kasım ,Kocaeli, (2005).
38. Peter J. Rousseeuw and Annick. M. Leroy, editors. “*Robust regression and outlier detection*. Wiley series in probability and mathematical statistics: Applied probability and statistics”, *John Wiley & Sons, Inc.*, (1987).
39. Toprak, Z.F Akarsularda Boyuna Dispersiyon Katsayısının Bulanık Mantık Yöntemi ile Belirlenmesi, Doktora Tezi, İTÜ, İnş. Fakültesi. (2003).

40. Z. F. Toprak, M. E. Savcı, C. B. Avcı, "Comparison of the dispersion model results using contour map method", *Sixth International Congress on Advances in Civil Engineering Bogazici University, Istanbul, Turkey, (2004)*.
41. Majid Rabbani and Paul W. Jones. "*Digital Image Compression Techniques*", *SPIE Optical Engineering Press, (1991)*.
42. Wang, Z., Zhang, D., "Progressive switching median filter for the removal of impulse noise from highly corrupted images", *IEEE Trans. Circuits Syst.* 46, 78–80, (1999).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : TOPRAK, Abdullah
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 13.06.1972 / DİYARBAKIR
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (412) 262 19 28
Mobile : 0(532) 423 43 17
e-mail : abdullah_21_72@hotmail.com

Eğitim

Derece tarihi	Eğitim Birimi	Mezuniyet
Yüksek lisans	Dicle Üniversitesi/Biyofizik	2002
Lisans	Erciyes Üniversitesi/Elektronik Mühendisliği	1993
Lise	Ali Emiri Lisesi	1989

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

- 1- S. Dasdag, M.Z. Akdag, A. Kaya A.Toprak et al.(2002), Electron microscopic evaluation of Bioeffects of short term cell phone exposure. Biological Effects of EMFs, 2nd Int. Workshop. 7-11 October, Rhodes, Greece.
- 2- A.Toprak, Z.F. Toprak. ‘Hızlı Bulanık Adaptif Medyan Filtresi Kullanarak Darbe Gürültüsünün Bastırılması’ Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu BMYS’2005. 16-18 Kasım 2005 ,Kocaeli.
- 3- Toprak,A. Güler,İ., Suppression of Impulse Noise in Medical Images with the use of Fuzzy Adaptive Median Filter, Journal of Medical Systems, 2006 (Accepted for publication).
- 4- Toprak, A. Güler,İ.Impulse Noise Reduction in Medical Images with the Use of Switch Mode Fuzzy Adaptive Median Filter (Accepted for publication).

Hobiler

Tenis, Bilgisayar teknolojileri, Sinema, Fotoğraf çekmek