

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BULANIK MANTIĞA DAYALI GÜRÜLTÜ AZALTMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tuğba PALABAŞ**

**MAYIS 2012**  
**TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BULANIK MANTIĞA DAYALI GÜRÜLTÜ AZALTMA**

**Tuğba PALABAŞ**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
"YÜKSEK LİSANS (BİLGİSAYAR YÜKSEK MÜHENDİSLİĞİ)"  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 08.05.2012**  
**Tezin Savunma Tarihi : 24.05.2012**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ali GANGAL**

**Trabzon 2012**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında**  
**Tuğba Palabaş tarafından hazırlanan**

**BULANIK MANTIĞA DAYALI GÜRÜLTÜ AZALTMA**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 08 / 05 / 2012 gün ve 1455 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**olarak kabul edilmiştir.**

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Prof. Dr. Temel KAYIKÇIOĞLU** .....

**Üye : Doç. Dr. Ali GANGAL** .....

**Üye : Doç. Dr. Cemal KÖSE** .....

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**  
**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

Sayısal bilginin elde edilmesi aşamasında çeşitli nedenlerle gürültü olarak ifade edilen işareti bozucu etkiler meydana gelmektedir. Gürültünün giderilmesi için bugüne kadar birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada çarpımsal nitelikli tuz ve biber gürültüsünün bulanık mantık temeline dayalı bir süzgeçleme yönteminden yararlanılarak giderilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmamın her aşamasında önerileri ile beni yönlendiren, ihtiyaç duyduğum her an benden yardımını esirgemeyen, öğrencisi olmaktan onur duyduğum sayın Doç. Dr. Ali GANGAL'a verdiği cesaret ve desteğinden dolayı sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Hayatımın her anında yanımda olan, her türlü fedakârlığı gösteren anneme, babama ve en değerli varlığım Sabri PALABAŞ'a saygı ve sevgilerimi sunarım.

Tuğba PALABAŞ  
Trabzon 2012

## **TEZ BEYANNAMESİ**

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Bulanık Mantığa Dayalı Gürültü Azaltma” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Ali GANGAL‘ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 08/05/2012

Tuğba PALABAŞ

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa No

ÖNSÖZ .....	III
TEZ BEYANNAMESİ .....	IV
İÇİNDEKİLER .....	V
ÖZET .....	VIII
SUMMARY .....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	X
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XV
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Sayısal Görüntü .....	2
1.3. Görüntünün Histogramı.....	2
1.4. Gürültü .....	2
1.4.1. Doğal Yollarla Oluşan Gürültü Çeşitleri.....	2
1.4.1.1. Foton Gürültüsü .....	2
1.4.1.2. Termal Gürültü .....	3
1.4.1.3. Yonga Üzerindeki Elektronik Gürültü .....	3
1.4.1.4. KTC Gürültüsü .....	3
1.4.1.5. Yükseltici Gürültüsü .....	3
1.4.1.6. Kuantalama Gürültüsü .....	3
1.4.2. Uzaysal Gürültü Modelleri.....	4
1.4.2.1. Toplamsal Gürültü.....	4
1.4.2.2. Çarpımsal Gürültü .....	4
1.4.3. İşaret Gürültü Oranı (İGO).....	5
1.4.4. Gürültünün azaltılması.....	6
1.4.4.1. Ortalama Süzgeç.....	6
1.4.4.2. Medyan Süzgeç.....	7
1.5. Görüntü İşleme .....	8
1.5.1. Görüntü İşleme Basamakları.....	8
1.5.1.1. Sayısal Görüntünün Elde Edilmesi .....	8

1.5.1.2. Ön İşleme.....	8
1.5.1.3. Segmentasyon .....	9
1.5.1.4. Özellik Çıkarma.....	9
1.5.1.5. Görüntünün Tanınması ve Yorumlanması .....	9
1.6. Bulanık Mantık.....	9
1.6.1. Bulanık Küme .....	10
1.6.2. Bulanık Küme ve Klasik Küme Farkı .....	10
1.6.3. Bulanık Küme Modelleme Operatörleri.....	11
1.6.3.1. T-Norm .....	11
1.6.3.2. T-Konorm(S-Norm).....	12
1.6.4. Üyelik Derecesi .....	12
1.6.5. Üyelik Fonksiyonu .....	12
1.6.5.1. Üçgen Şeklindeki Üyelik Fonksiyonu .....	13
1.6.5.2. Yamuk Şeklindeki Üyelik Fonksiyonu.....	14
1.6.5.3. Gaus Üyelik Fonksiyonu .....	15
1.6.6. Bulanık Kümelere İlişkin Kavramlar.....	15
1.6.6.1. Destek Kümesi.....	15
1.6.6.2. Normal Bulanık Küme.....	16
1.6.6.3. Bulanık Küme Yüksekliği.....	17
1.6.6.4. $\alpha$ Kesiti.....	17
1.6.6.5. Düzey Kümesi.....	18
1.6.6.6. Çekirdek ve Sınır Bölgeleri.....	19
1.6.6.7. Dış Bükey .....	19
1.6.6.8. İç Bükey.....	20
1.6.7. Bulanık Küme İşlemleri .....	21
1.6.7.1. Eşit Küme .....	21
1.6.7.2. Alt Küme .....	21
1.6.7.3. Tümleyen Kümesi .....	22
1.6.7.4. Birleşim Kümesi .....	22
1.6.7.5. Kesişim Kümesi.....	23
1.6.8. Bulanık Küme Özellikleri .....	24
1.6.9. Bulanık Mantık Sistemi .....	25
1.6.9.1. Bulanıklaştırıcı.....	25

1.6.9.2. Kurallar ve Çıkarıcı.....	25
1.6.9.3. Durulaştırıcı.....	26
2. YAPILAN ÇALIŞMA .....	27
2.1. Giriş.....	27
2.2. Gürültü Oranı Algılama .....	29
2.3. Adaptif Bulanık Süzgeç .....	29
2.3.1. Kuralların Uygulamalı Gösterimi.....	32
2.4. Medyan Destekli Adaptif Bulanık Süzgeç (MDABS) .....	33
2.4.1. Gürültü ve Doku Ayırıştırma .....	34
2.5. Medyan ile Birleştirilmiş Adaptif Bulanık Süzgeç (MBABS).....	35
3. BULGULAR VE İRDELEME .....	36
3.1. Giriş.....	36
3.2. Gürültü Oranının Algılanması.....	36
3.3. SMS ile Süzgeçleme.....	37
3.4. ABS ile Süzgeçleme.....	37
3.5. Medyan Destekli Adaptif Bulanık Süzgeç (MDABS) .....	45
3.5.1. Gürültülü ve Gürültüsüz Bölgelerin Tespit Edilmesi .....	45
3.5.2. İşaret Gürültü Oranı (İGO).....	49
3.5.3. Görüntünün Histogramı.....	52
3.5.4. Görsel Sonuçlar .....	54
3.6. Medyan ile Birleştirilmiş Adaptif Bulanık Süzgeç (MBABS).....	58
3.6.1. İşaret Gürültü Oranı .....	58
3.6.2. Görsel sonuçlar .....	61
3.7. Önerilen Yöntem .....	66
3.7.1. İşaret Gürültü Oranı .....	66
3.7.2. Görsel Sonuçlar .....	69
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	84
5. KAYNAKLAR .....	86
ÖZGEÇMİŞ .....	89



Yüksek Lisans

ÖZET

BULANIK MANTIĞA DAYALI GÜRÜLTÜ AZALTMA

Tuğba PALABAŞ

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Doç. Dr. Ali GANGAL  
2012, 88 Sayfa

Sayısal görüntülerde, çeşitli sebeplerle gürültüler ortaya çıkmaktadır. Bu gürültülerin varlığından dolayı görüntüden gerekli bilgilerin elde edilmesi zorlaşmakta veya imkânsız hale gelmektedir.

Bu çalışmada, görüntü işlemede bulanık mantık kurallarından yararlanılmıştır. Klasik küme kavramına göre; bir eleman bir kümeye aittir veya değildir; fakat bulanık küme kavrama göre; elemanların tümü  $[0, 1]$  aralığında değişen üyelik dereceleri ile kümeye aittir. Bu durum, insan mantık sistemine daha yakın yöntemler kullanarak sonuç üretebilmeyi sağlar.

Şimdiye kadar tuz ve biber gürültüsünü azaltmak için çeşitli bulanık süzgeçleme yöntemleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada yeni bir süzgeçleme metodu ile kenar, detay ve doku bilgilerini koruyarak tuz ve biber gürültüsünün azaltılması amaçlanmıştır. Süzgeçleme işlemi iki aşamada gerçekleşmiştir. İlk aşamada görüntüdeki gürültülü seviyesi algılanmış, ikinci aşamada ise Anahtarlamalı Adaptif Bulanık Süzgeç (AABS) ile süzgeçleme işlemi yapılmıştır. Önerilen yöntem gri seviyeli sayısal görüntülerde görüntü detaylarını ve dokusunu çok iyi şekilde koruyarak tuz ve biber gürültüsünü azaltabilmiştir.

Uygulamalardaki tüm sonuçlar MATLAB programı ile elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sayısal Görüntü, Bulanık Mantık, Bulanık Küme, Tuz ve Biber Gürültüsü, Adaptif Bulanık Süzgeç.

Master Thesis

SUMMARY

NOISE REDUCTION BASED ON FUZZY LOGIC

Tuğba PALABAŞ

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Science  
Computer Engineering Graduate Program  
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali GANGAL  
2012, 88 Pages

Digital images consist of noises for various reasons. Due to presence of these noises, obtaining the necessary information is difficult or impossible.

In this study, fuzzy logic rules are used for image processing. According to the concept of classical set: an element belong to the cluster or the element is not belong to the cluster; but according to the concept of fuzzy set, all of the elements having a degrees of membership at the range of  $[0,1]$  belong to the cluster. This situation, provide to produce the result using methods closer to human reasoning system.

Several fuzzy filtering methods for noise reduction have been developed so far. In this study, aimed that salt and pepper noise is reduced using a novel filtering method while preserving edge, detail and texture information. Filtering process is realized in two stages. In the first stage, noise level is detected in the image, in the second stage; filtering process is done with Switching Adaptive Fuzzy Filter (SAFF).The proposed method is able to reduce salt and pepper noise in gray level digital images while preserving image details, and textures very well.

All results of the applications were obtained by using the MATLAB program.

**Key Words:** Digital Image, Fuzzy Logic, Fuzzy Set, Salt and Pepper Noise, Adaptive Fuzzy Filter.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1. Ortalama süzgeç ile süzgeçleme; (a) orijinal görüntü ve (b) süzgeçlenmiş görüntü.....	7
Şekil 2. Medyan süzgeç ile süzgeçleme; (a) orijinal görüntü ve (b) süzgeçlenmiş görüntü.....	8
Şekil 3. Başarı durumu ifadesi; (a) kesin küme için ve (b) bulanık küme için .....	11
Şekil 4. Genç, orta, yaşlı sözel değişkenlerine ait üyelik fonksiyonu .....	13
Şekil 5. Üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonu .....	14
Şekil 6. Yamuk şeklindeki üyelik fonksiyonu.....	14
Şekil 7. Gaus üyelik fonksiyonu.....	15
Şekil 8. Destek kümesi .....	16
Şekil 9. Bulanık küme; (a) normal ve (b) normal olmayan .....	16
Şekil 10. Bulanık küme yüksekliği.....	17
Şekil 11. $\alpha$ -kesitinde alt kümeler .....	18
Şekil 12. Düzey kümesi .....	18
Şekil 13. Çekirdek ve sınır bölgeleri .....	19
Şekil 14. Dış bükey; (a) normalleşmiş ve (b) normalleşmemiş.....	20
Şekil 15. İç bükey (a) normalleşmiş ve (b) normalleşmemiş .....	20
Şekil 16. Bulanık kümelerde alt küme gösterimi .....	21
Şekil 17. Bulanık küme tümleyeni .....	22
Şekil 18. Birleşim kümesi.....	23
Şekil 19. Kesişim kümesi .....	23
Şekil 20. Bulanık mantık sistemi.....	25
Şekil 21. AABS akış çizelgesi .....	28
Şekil 22. ABS üyelik fonksiyonu .....	30
Şekil 23. ABS akış diyagramı.....	31

Şekil 24. Eklenen gürültü oranına karşılık algılanan gürültü oranı.....	37
Şekil 25. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Baboon görüntüsü; %10, %50, %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Baboon görüntüsü; ikinci sütun standart medyan süzgeç çıkışı; üçüncü sütun ABS çıkışı.....	42
Şekil 26. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Boats görüntüsü; %10, %50, %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Boats görüntüsü; ikinci sütun standart medyan süzgeç çıkışı; üçüncü sütun ABS çıkışı.....	43
Şekil 27. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Lena görüntüsü; %10, %50, %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Lena görüntüsü; ikinci sütun standart medyan süzgeç çıkışı; üçüncü sütun ABS çıkışı.....	44
Şekil 28. Doku ve gürültü ayrımı; (a) %1, (b) %10 tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş basit test görüntüsü; (c)%1, (d) %10 gürültülü basit test görüntüsü için.....	46
Şekil 29. Doku ve gürültü ayrımı; (a) %1, (b) %10 tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Lena görüntüsü; (c) %1,(d) %10 gürültülü Lena görüntüsü için.....	47
Şekil 30. Fark görüntüsü; (a) %1, (b) %10 tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Lena görüntüsü için.....	48
Şekil 31. Farklı oranlarda tuz ve biber gürültüsü eklenmiş Baboon, Boat ve Lena görüntüleri için; giriş görüntülerinden, standart medyan çıkışlarından ve MDABS çıkışlarından elde edilen işaret gürültü oranı değerleri.....	50
Şekil 32. Genişletilmiş test görüntüsü.....	51
Şekil 33. Universal test görüntüsü.....	51
Şekil 34. SMS çıkışı.....	52
Şekil 35. MDABS çıkışı.....	52
Şekil 36. Histogram grafiği; (a) genişletilmiş test görüntüsüne, (b) universal test görüntüsüne; (c) SMS çıkışına ve (d) ABS çıkışına ait.....	53
Şekil 37. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Baboon görüntüsü; %10, %50, %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Baboon görüntüsü; ikinci sütun SMS çıkışı; üçüncü sütun MDABS çıkışı.....	55
Şekil 38. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Boats görüntüsü; %10, %50, %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Boats görüntüsü; ikinci sütun SMS çıkışı; üçüncü sütun MDABS çıkışı.....	56
Şekil 39. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Lena görüntüsü; %10, %50, %90yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Lena görüntüsü; ikinci sütun SMS çıkışı; üçüncü sütun MDABS çıkışı.....	57

Şekil 40. Farklı oranlarda tuz ve biber gürültüsü eklenmiş Baboon, Boat ve Lena görüntüleri için; giriş görüntülerinden, standart medyan çıkışlarından ve MBABS çıkışlarından elde edilen işaret gürültü oranı değerleri.....	60
Şekil 41. 3x3 boyutlarında ABS kullanılarak elde edilen MBABS çıkışı.....	61
Şekil 42. 5x5 boyutlarında ABS kullanılarak elde edilen MBABS çıkışı.....	61
Şekil 43. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Baboon görüntüsü; %10, %50, %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Baboon görüntüsü; ikinci sütun SMS çıkışı; üçüncü sütun MBABS çıkışı.....	63
Şekil 44. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Boats görüntüsü; %10, %50, %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Boats görüntüsü; ikinci sütun SMS çıkışı; üçüncü sütun MBABS çıkışı.....	64
Şekil 45. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Lena görüntüsü; %10, %50, %90yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Lena görüntüsü; ikinci sütun SMS çıkışı; üçüncü sütun MDABS çıkışı.....	65
Şekil 46. Farklı oranlarda tuz ve biber gürültüsü eklenmiş Baboon, Boat ve Lena görüntüleri için; giriş görüntülerinden, standart medyan çıkışlarından ve önerilen yöntem çıkışlarından elde edilen işaret gürültü oranı değerleri.....	68
Şekil 47. Universal test görüntüsünün önerilen yöntem çıkışı.....	69
Şekil 48. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Baboon görüntüsü; %10, %50, %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Baboon görüntüsü; ikinci sütun SMS çıkışı; üçüncü sütun önerilen yöntem çıkışı.....	70
Şekil 49. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Boats görüntüsü; %10, %50, %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Boats görüntüsü; ikinci sütun SMS çıkışı; üçüncü sütun önerilen yöntem çıkışı.....	71
Şekil 50. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Lena görüntüsü; %10, %50, %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Lena görüntüsü; ikinci sütun SMS çıkışı; üçüncü sütun önerilen yöntem çıkışı.....	72
Şekil 51. Önerilen yöntemin angio görüntüsü üzerinde test edilmesi; (a) orijinal görüntü, (b) %50 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş angio görüntüsü ve (c) önerilen yöntem çıkışı.....	73
Şekil 52. Önerilen yöntemin angio görüntüsü üzerinde test edilmesi; (a) orijinal görüntü, (b) %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş angio görüntüsü ve (c) önerilen yöntem çıkışı.....	73
Şekil 53. Önerilen yöntemin ct görüntüsü üzerinde test edilmesi; (a) orijinal görüntü, (b) %50 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş ct görüntüsü ve (c) önerilen yöntem çıkışı.....	74
Şekil 54. Önerilen yöntemin ct görüntüsü üzerinde test edilmesi; (a) orijinal görüntü, (b) %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş ct görüntüsü ve (c) önerilen yöntem çıkışı.....	74

Şekil 55. Önerilen yöntemin mr görüntüsü üzerinde test edilmesi; (a) orijinal görüntü, (b) %50 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş mr görüntüsü ve (c) önerilen yöntem çıkışı.....	75
Şekil 56. Önerilen yöntemin mr görüntüsü üzerinde test edilmesi; (a) orijinal görüntü, (b) %50 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş mr görüntüsü ve (c) önerilen yöntem çıkışı.....	76
Şekil 57. (a) Orijinal Lena görüntüsü, (b) %25 tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Lena görüntüsü ve filtreleme sonuçları: (c) FRINR çıkışı, (d) önerilen yöntem çıkışı.....	77
Şekil 58. (a) Orijinal Baboon görüntüsü, (b) %40 tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Baboon görüntüsü, (c) FSM çıkışı ve (d) önerilen yöntem çıkışı.....	78
Şekil 59. (a) Orijinal Boats görüntüsü, (b) %50 tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Boatsgörüntüsü ve filtreleme sonuçları: (c) FRINR çıkışı, (d) önerilen yöntem çıkışı.....	79
Şekil 60. (a) Orijinal Baboon görüntüsü, (b) %70 tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Baboon görüntüsü, (c) diğer yöntem çıkışı ve (d) önerilen yöntem çıkışı.....	80
Şekil 61. (a) Orijinal Baboon görüntüsü, (b) %80 tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Baboon görüntüsü, (c) AFMF çıkışı ve (d) önerilen yöntem çıkışı.....	81
Şekil 62. (a) Orijinal Lena görüntüsü, (b) %90 tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Lena görüntüsü ve filtreleme sonuçları: (c) NAFSM çıkışı, (d) MDABF çıkışı ve (e) önerilen yöntem çıkışı.....	82
Şekil 63. Bölge genişletme tekniği ile elde edilmiş görsel sonuçlar: (a) Baboon (İGO: 9.36), (b) Boats (İGO: 9.30) ve (c) Lena görüntüsü (İGO: 9.37).....	83
Şekil 64. Bölge genişletme tekniği ardından SMS uygulanmış çıkış görüntüleri: (a) Baboon (İGO: 12.46), (b) Boats (İGO: 12.82) ve (c) Lena görüntüsü (İGO: 13.09).....	83

## TABLULAR DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1. Bulanık küme özellikleri.....	24
Tablo 2. 10x10 boyutlarında basit test görüntüsüne ait piksel değerleri.....	38
Tablo 3. Yüksek seviyede gürültü eklenmiş basit test görüntüsüne ait piksel değerleri .....	38
Tablo 4. ABS ile süzgeçlenmiş görüntüye ait piksel değerleri.....	40
Tablo 5. Baboon, Boats ve Lena görüntüleri için farklı gürültü oranlarında; gürültülü görüntü, SMS ve MDABS çıkışına ait İGO değerleri.....	49
Tablo 6. Baboon, Boats ve Lena görüntüleri için farklı gürültü oranlarında; gürültülü görüntü, SMS çıkışı ve MBABS çıkışına ait İGO değerleri .....	59
Tablo 7. Baboon, Boats ve Lena görüntüleri için farklı gürültü oranlarında; gürültülü görüntü, SMS çıkışı ve önerilen yöntem çıkışına ait İGO değerleri .....	67

## SEMBOLLER DİZİNİ

AABS	Anahtarlamalı adaptif bulanık süzgeç
ABS	Adaptif bulanık süzgeç
d	Doku
$E_{d1}, E_{d2}, E_{d3}$	Eşik değerleri
F	Bulanık filtre
g	Gürültülü görüntü
$g_o$	Gürültü oranı
$g_{yeni}$	Süzgeçlenmiş görüntü
I	Orijinal görüntü
$I_n$	Gürültü
İGO	İşaret gürültü oranı
MBABS	Medyan ile birleştirilmiş adaptif bulanık süzgeç
MDABS	Medyan destekli adaptif bulanık süzgeç
W	Pencere matrisi
$\mu(x), A(x)$	Üyelik derecesi



## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Görüntü üzerinde istenmeyen işaretlerin yok edilmesi için bu güne kadar birçok yöntem geliştirilmiştir. Gürültü azaltma konusunda önemli durumlardan biri yüksek frekans değerleri taşıyan bu işaretleri yumuşatılırken kenar ve detay bilgilerinin de korunabilmesidir. Görüntünün standart medyan ile süzgeçlenmesi dürtü gürültüsünün özel bir durumu olan tuz ve biber gürültüsünün yok edilmesinde oldukça kullanışlı bir yöntemdir ancak standart medyan süzgeç yüksek gürültü oranlarında etkili çalışmamaktadır. Yüksek gürültü oranlarında da başarı elde etmeyi amaçlayan birçok çalışma yapılmıştır [10]. [7] de bulanık geçişli medyan süzgeç kullanarak tuz ve biber gürültüsü algılama ve azaltma konusu incelenmiş ve %20 ve %40 yoğunluklu gürültü içeren görüntüler değerlendirilerek standart medyan süzgeçlemeye yakın sonuçlar elde edilmiştir. [23] de dürtü gürültüsü ile bozulmuş görüntülerde bir adaptif bulanık medyan süzgeçleme algoritması önerilmiş ve detayların az olduğu görüntülerde oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. [4] de anahtarlamalı medyan süzgeç için bir gürültü algılama algoritması önerilmiş ve yöntemin performansı dört farklı görüntü üzerinde test edilerek farklı bölgelerin az olduğu, özellikle yüksek oranda gürültü içeren görüntülerde etkili sonuçlar elde edildiği gözlenmiştir. [2] de bulanık mantık ve sezgisel medyan tabanlı gürültü algılama ve azaltma yöntemi önerilmiş ve yüksek oranlı gürültü içeren görüntülerde kenar ve detay unsurlarındaki küçük hatalar dışında oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. [17] de gürültüye uyarlanır bulanık anahtarlamalı medyan süzgeç (NAFSM) ile yüksek orandaki tuz ve biber gürültüsü azaltılabildiği ancak kenar ve detay bilgilerinde bozulmalar gözlenmiştir. [22] de görüntü onarmada tuz ve biber gürültüsü bulanık yapay sinir ağı kullanan karma bir teknikle azaltılmış ve kenarların ve detayların korunduğu gösterilmiştir. Bu yöntem çok iyi sonuç vermesine karşılık eğitim seti kullanılması ve yüksek işlem miktarı gerektirmesi nedeniyle biraz yavaştır.

Bu çalışmada, tuz ve biber gürültüsünün azaltılmasına yönelik hızlı, pratik ve etkili bir yöntem önerilmiştir. Bulanık mantık temeline dayalı yöntemin yoğun gürültü seviyelerinde dahi kenar, detay ve doku bilgilerini koruyarak gürültüyü etkili bir şekilde azalttığı görülmüştür.

## **1.2. Sayısal Görüntü**

Görüntülerin bilgisayar ortamında değerlendirilebilmesi için sayısal ortama uygun hale getirilmesi gerekmektedir (URL-24, 2011). Görüntüdeki piksellerin satır ve sütun indislerine karşılık gelen matris, sayısal görüntü olarak adlandırılmaktadır.

Sayısal görüntü, doğrudan sayısal ortamda oluşturulabilmekte ya da görüntü çeşitli yöntemlerle sayısal ortama aktarılabilir.

## **1.3. Görüntünün Histogramı**

Görüntü histogramı, görüntü üzerindeki piksellerin grafiksel olarak ifadesini içerir. Görüntüdeki renk değerlerinin sayısını göstererek görüntüye ilişkin bilgilerin elde edilebilmesini sağlar.

## **1.4. Gürültü**

Gürültü, sayısal görüntüde ortaya çıkan işareti bozucu etkidir. Ortam, alet ya da kişilerden kaynaklanarak görüntünün yakalanması, aktarılması, kaydedilmesi, kopyalanması veya taratılması sırasında ortaya çıkabilir [1, 11].

### **1.4.1. Doğal Yollarla Oluşan Gürültü Çeşitleri**

#### **1.4.1.1. Foton Gürültüsü**

Işığı oluşturan enerji paketlerine, foton; ışığın beraberinde getirdiği gürültüye, foton gürültüsü denir(URL 25 ve 26, 2011).

#### **1.4.1.2. Termal Gürültü**

Elektronlar sabit veya rastgele hareket halindedir. Sıcaklık etkisiyleelektron hareketlerinin oluşturduğu parazitlere termal gürültü denir. CCD çipi soğutularak termal gürültü etkisi azaltılabilir [1].

#### **1.4.1.3. Yonga Üzerindeki Elektronik Gürültü**

CCD yongası içindeki sinyalinokunması sırasında oluşan gürültüye yonga üzerindeki elektronik gürültü denir. Yonga üzerindeki elektronik gürültü, işaret-gürültü oranını etkileyen önemli faktörlerden biridir [1].

#### **1.4.1.4. KTC Gürültüsü**

(K:Boltzman sabiti, T:Sıcaklık, C:Kapasite) İki yarı iletkenin birleşiminden oluşan gate, drain, source ayakları olan transistor deki sıcaklık ve gate bacağındaki gerilime bağlı olarak değişen, ihmal edilemeyen gürültüdür [1] (URL-27, 2011).

#### **1.4.1.5. Yükseltici Gürültüsü**

CCD yüzeyine düşen ışınlar elektronlara dönüşür, elektronlar yükselticiden geçirilerek sayısal değerlere dönüştürülür. Bu dönüşüm sırasında yükselticilerin veride oluşturduğu elektronik gürültülere yükseltici gürültüsü denir (URL-28, 2012).

#### **1.4.1.6. Kuantalama Gürültüsü**

Analog işaretin dijital işarete dönüştürülmesi için işaretin kuantalanması gerekmektedir. Genlik kuantalama işleminden kaynaklanan ve genellikle ihmal edilebilen gürültü, kuantalama gürültüsüdür [1].

## 1.4.2. Uzaysal Gürültü Modelleri

### 1.4.2.1. Toplamsal Gürültü

Bir kanalda iletilen görüntünün istenmeyen işaretlerden etkilenmesi sonucu ortaya çıkan, görüntüdeki işaretlerden bağımsız hareket eden gürültü çeşididir. İmge üzerindeki piksel değerlerini doğrudan artırma ya da azaltma etkisine sahiptir. Toplamsal gürültü Eşitlik (1)'deki formül ile ifade edilir.

$$g(m,n)=I(m,n)+I_n(m,n) \quad (1)$$

burada I, orijinal görüntüyü;  $I_n$ , gürültüyü ve g, gürültülü görüntüyü temsil etmektedir. Formülden de anlaşıldığı gibi; toplamsal gürültüde görüntünün piksel değeri, gürültü değeri kadar artar ya da azalır.

Yoğunluğu frekansa göre değişmeyen gürültü beyaz gürültü olarak adlandırılmaktadır. Gaus gürültüsü de, beyaz gürültünün özel bir çeşididir ve toplamsal nitelikli gürültüdür. Gaus gürültüsünün, gaus eğrisi ile ifade edilen bir boyutlu olasılık yoğunluk fonksiyonu Eşitlik (2)'de ifade edildiği gibidir.

$$p(g) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(g-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

burada g, gri ton seviyesini;  $\mu$ , gaus gürültüsünün ortalama değerini;  $\sigma$ , gaus gürültüsünün standart sapmasını temsil etmektedir [1, 20].

### 1.4.2.2. Çarpımsal Gürültü

Gürültünün büyüklüğü, görüntüye ait işaretin büyüklüğünden çok büyükse bu durum çarpımsal gürültü olarak adlandırılmaktadır. Görüntünün piksel değeri, görüntü pikseli ile gürültü pikselinin çarpım değerini alır. Çarpımsal gürültü aşağıdaki Eşitlik (3)'teki formül ile ifade edilir.

$$g=I+I*I_n=I(1+n)\cong I*I_n \quad (3)$$

burada I, orijinal görüntüyü;  $I_n$ , gürültüyü ve g, gürültülü görüntüyü temsil etmektedir. Formülden de anlaşıldığı gibi; görüntünün piksel değeri, gürültü bileşeninin piksel değeri ile çarpımı kadar bozulmaya uğramaktadır.

Tuz ve biber gürültüsü görüntünün sadece beyaz, siyah ve bunlara yakın piksellerle bozulmasını gösteren çarpımsal nitelikli gürültüdür. Görüntüdeki pikseller (p/2) olasılıkla beyaz piksel, (p/2) olasılıkla siyah piksel ve (1-p) olasılıkla gürültüsüz piksel olabilir Bu gürültüye ait olasılık karakteristiği Eşitlik (4)'de ifade edildiği gibidir.

$$g(m,n)= \begin{cases} I(m,n) & , & 1-p \\ 0 & , & p/2 \\ 255 & , & p/2 \end{cases} \quad (4)$$

Benek gürültüsü de, görüntüdeki tüm piksel değerlerini belli oranda değiştirdiğinden çarpımsal nitelikli bir gürültüdür [1, 20].

### 1.4.3. İşaret Gürültü Oranı (İGO)

İşaret gürültü oranı görüntü kalitesinin sayısal değerlerle ifade edilebilmesini sağlar. Bu oranın yüksek olması, görüntü kalitesinin yüksek olduğunu; düşük olması, görüntü kalitesinin kötü olduğunu belirtir. Görüntüde yüksek orandaki gürültü, görüntünün kalitesinin ve İGO değerinin düşmesine neden olmaktadır. İGO değeri Eşitlik (7)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$P_1=\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \frac{I^2}{M.N} \quad (5)$$

$$P_2=\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \frac{(I-g_{yeni})^2}{M.N} \quad (6)$$

$$\text{İGO}=10\log\left(\frac{P_1}{P_2}\right) \quad (7)$$

burada  $I$ , orijinal görüntüyü;  $g_{yeni}$ , süzgeçlenmiş görüntüyü;  $P_1$  görüntü gücünü;  $P_2$  gürültü gücünü ve İGO işaret gürültü oranını göstermektedir.

#### 1.4.4. Gürültünün Azaltılması

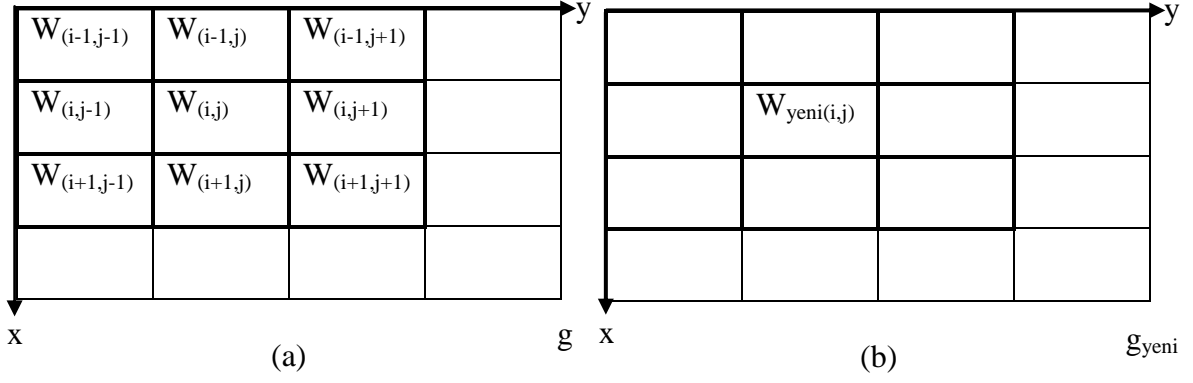
Görüntü elde edilmesi ve aktarılması sırasında çeşitli sebeplerle görüntüde gürültüler ortaya çıkabilir. Segmentasyon, özellik çıkarma, görüntü tanıma gibi görüntü işleme basamaklarında başarılı sonuçlar elde etmek için görüntünün gürültüden en doğru şekilde arındırılması gerekmektedir.

Gürültü azaltmada en önemli sorun detaylı yapıya sahip olan gürültü bastırılırken görüntünün detay, kenar ve doku bilgilerinin korunamaması durumudur. Yüksek frekans bilgileri bastırılarak gürültü azaltılır, bunun için alçak geçiren süzgeç kullanılır. Bu süzgeç sayesinde gürültülü değerler yumuşatılır; ancak görüntüde bulanıklaşma meydana gelir ve görüntüye ait gerekli bilgiler kaybolabilir. Gürültü azaltmada görüntüdeki detayları, kenarları ve dokuyu koruyarak gürültüyü en iyi şekilde yok eden yöntemler amaçlanmaktadır.

##### 1.4.4.1. Ortalama Süzgeç

Belirlenen süzgeç boyutlarında tüm görüntüyü tarayarak süzgeç içindeki piksel değerlerinin ortalamasını hesaplayan ve bu değeri merkez piksel değeri olarak atayan süzgeçtir. Pencere matrisi için yeni değer Eşitlik (8)'de gösterildiği gibi elde edilir.  $M \times N$  boyutlarında  $g$  görüntüsünün,  $(2K+1) \times (2K+1)$ ,  $(K=Z^+)$  boyutlarındaki  $W$  ortalama süzgeç ile süzgeçlenmesi ve ortalama değer merkez pikselin yeni değeri olarak belirlenip süzgeçlenmiş  $g$  görüntüsünün elde edilmesi sırası ile Şekil 1 (a) ve Şekil 1 (b)'de gösterilmiştir.

$$W_{yeni(i,j)} = \frac{1}{(2K+1)(2K+1)} \sum_{i=0}^{2K+1} \sum_{j=0}^{2K+1} W_{(i,j)} \quad (8)$$



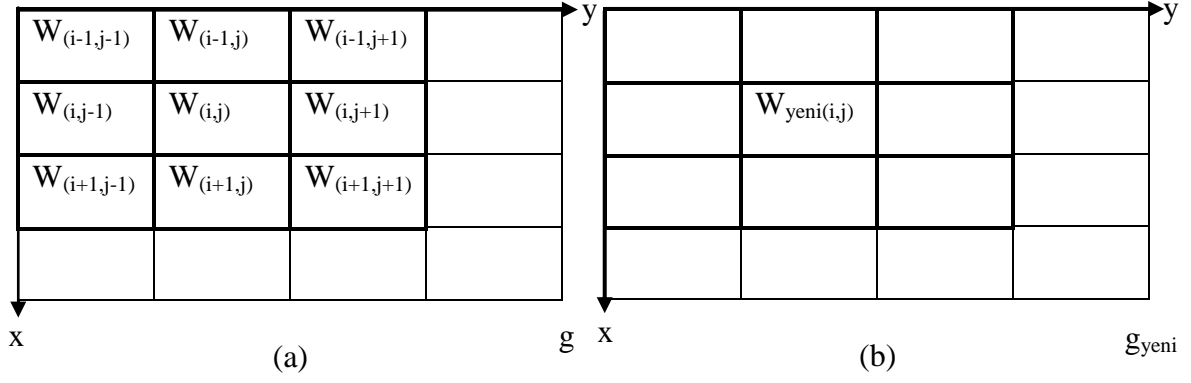
Şekil 1. Ortalama süzgeç ile süzgeçleme; (a) orijinal görüntü ve (b) süzgeçlenmiş görüntü

Görüntü üzerindeki tüm piksel değerleri için aynı hesaplama yapılarak süzgeçlenmiş görüntü elde edilir.

#### 1.4.4.2. Medyan Süzgeç

Belirlenen süzgeç boyutlarında tüm görüntüyü tarayarak her piksel için komşulundaki piksel değerlerini küçükten büyüğe ya da büyükten küçüğe sıralayan ve ortada bulunan değeri merkez piksel değeri olarak atayan süzgeçtir. Pencere matrisi için yeni değer Eşitlik (9)'da gösterildiği gibi elde edilir.  $M \times N$  boyutlarında  $g$  görüntüsünün,  $(2K+1) \times (2K+1)$ , ( $K=Z^+$ ) boyutlarındaki medyan süzgeç ile süzgeçlenmesi ve ortanca değerini merkez pikselin yeni değeri olarak belirlenip süzgeçlenmiş  $g$  görüntüsünün elde edilmesi sırası ile Şekil 2 (a) ve Şekil 2 (b)'de gösterilmiştir.

$$W_{yeni(i,j)} = \text{median}\{W_{(i,j)}\} \quad (i,j=1,2,\dots, 2K+1) \quad (9)$$



Şekil 2. Medyan süzgeç ile süzgeçleme; (a) orijinal görüntü ve (b) süzgeçlenmiş görüntü

Görüntü üzerindeki tüm piksel değerleri için aynı hesaplama yapılarak süzgeçlenmiş görüntü elde edilir.

## 1.5. Görüntü İşleme

Sayısal görüntülere ait özelliklerin, amaca yönelik değiştirilmesi ve yeni görüntü elde edilmesi işlemidir. Gürültü temizleme, parlaklık ayarlama, görüntü keskinleştirme ve bulanıklaştırma, doğru renk ayarlama gibi işlemler görüntü işleme uygulamalarındandır (URL-29, 2011).

### 1.5.1. Görüntü İşleme Basamakları

#### 1.5.1.1. Sayısal Görüntünün Elde Edilmesi

Görüntü, gerçek dünyadan sayısal ortama alınarak sayısal görüntü elde edilebilir veya doğrudan sayısal ortamda oluşturulabilir.

#### 1.5.1.2. Ön İşleme

Elde edilen sayısal görüntünün bir takım ön işlemlerden geçirilerek belirgin ve anlaşılır ifadelerle diğer adımlara hazır hale getirilmesidir. Ön işleme; karşıtlık ayarlama, gürültü azaltma, resimdeki bölgelerin birbirinden ayrılması gibi işlemleri kapsamaktadır [13].



### 1.5.1.3. Segmentasyon

Görüntüdeki farklı özelliklere sahip bölgelerin birbirinden ayrıştırılması işlemidir. Segmentasyon, görüntüye ait istenilen bilgilerin elde edilmesini sağlar.

### 1.5.1.4. Özellik Çıkarma

Görüntüde tespit edilen nesne veya bölgelerin, tanıma basamağı için gerekli özelliklerinin çıkarılması ve gruplanması işlemidir.

### 1.5.1.5. Görüntünün Tanınması ve Yorumlanması

Önceden belirlenen özelliklere göre görüntüdeki nesnelerin veya bölgelerin tanımlanması işlemidir.

## 1.6. Bulanık Mantık

Gerçek dünyada belirsizlik içeren birçok durum vardır. Aristo mantığı olarak bilinen klasik mantık iki değerlidir(0,1) ve gerçek dünya olgularını tasvir etmekte yetersizdir. Örneğin hava durumu ifadesinde, klasik mantık kavramına göre hava sıcak ya da soğuktur; oysa havanın çok sıcak, çok soğuk ya da ılık olması gibi durumlar da söz konusudur. Klasik mantık kavramının tanımlayamadığı bu belirsizlikleri bulanık mantık kavramı, sözel değişkenlere  $[0, 1]$  aralığında sonsuz sayıda üyelik derecesi atayarak gerçek dünyadaki olgulara daha yakın şekilde açıklayabilmektedir.

Bulanık mantığın gelişiminde birçok bilim adamı önemli adımlar atmıştır. 1920'li yılların başında Heisenberg belirsizlik kavramını ortaya atmıştır.1930'lu yılların başında Polonyalı bilim adamı Lukasiewicz doğru, yanlış, belki şeklindeki üç değerli mantığı ileri sürmüştür. Donald Erwin Knuth ise üç değerli mantığı  $[0, 1, 2]$  tamsayı aralığı yerine  $[-1, 0, 1]$  tamsayı aralığını kullanarak ifade etmiştir. Yine aynı dönemde Kuantum filozofu Black de sürekli değerler sahip mantığı tanımlamıştır. Fakat bu yaklaşımların hiçbiri bilim çevrelerince kabul görmemiş ve uzun süre yaygınlaşmamıştır. 1960'lı yılların başında ise Azerbaycanlı bilim adamı Lotfi A. Zadeh ilk kez bulanıklık kavramını ileri sürmüştür.

Bulanıklık kavramı, klasik mantığın savunulmasından dolayı kabul görmemiştir; ancak Zadeh çalışmalarını devam ettirmiş ve 1965 yılında bulanıklık ile ilgili daha önce yapılan tüm çalışmaları kapsayan Fuzzy Sets konulu makalesini yayınlarak bulanık mantığın gerçek dünya olgularını tanımlamada klasik mantıktan daha iyi olduğunu kanıtlamıştır. Zadeh ilk olarak n değerli mantıktan sonsuz değerli mantığa geçmeyi başarmış ve bunun için önce bulanık küme kavramını geliştirmiştir.

Zadeh'ten sonra da Rescher, Dubois, Prade, Lakeoff, Yager ve Kandel gibi bilim adamları da önemli çalışmalar yapmıştır. 1975'te Mamdani ve Assilian tarafında yapılan buhar makinesi kontrolü ile bulanık mantık, dünyanın değişik merkezlerinde dikkat çekmiştir. Günümüzde de birçok ülkede bulanık mantık ile ilgili araştırmalar yapılmakta ve değişik alanlarda bulanık mantık kavramlarından yararlanılmaktadır [3, 19].

### 1.6.1. Bulanık Küme

Bulanık küme, günlük hayatta kullandığımız kesinlik bildirmeyen ifadelerin matematiksel modelidir [20]. X boş olmayan bir küme ve A kümesi, X evrensel kümesinin bulanık kümesini ifade ederse; kesikli ve sınırlı evrensel küme için bulanık A kümesi sembolik olarak Eşitlik (10)'daki gibi ifade edilir.

$$A = \{x \in X, \mu_A(x) \in [0,1] \mid \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \frac{\mu_A(x_3)}{x_3} + \dots\} \quad (10)$$

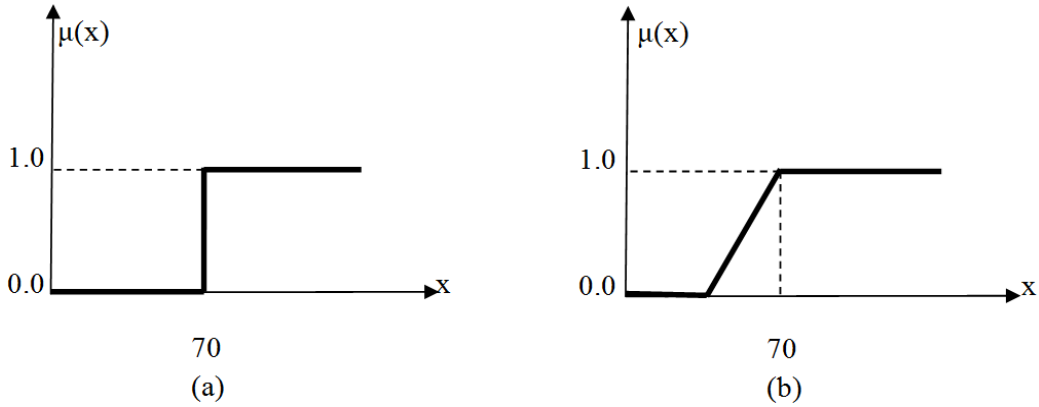
Burada  $x_1, x_2, x_3$  evrensel küme elemanlarını;  $\mu_A(x_1), \mu_A(x_2), \mu_A(x_3)$  evrensel küme elemanlarına ait üyelik derecelerini temsil etmektedir. Sürekli ve sınırsız evrensel küme için ise bulanık A kümesi sembolik olarak aşağıdaki Eşitlik (11)'deki gibi ifade edilir [19].

$$A = \{x \in X, \mu_A(x) \in [0,1] \mid \int \frac{\mu_A(x)}{x}\} \quad (11)$$

### 1.6.2. Bulanık Küme ve Klasik Küme Farkı

Klasik küme mantığında iki durum vardır; bir eleman bir kümenin elemanıdır ya da elemanın değildir. Ancak bulanık kümede belirsizlik vardır ve sonsuz durum söz

konusudur; bir eleman bir kümenin  $\alpha$  üyelik derecesinde elemandır. Bir sınıfta sınavdan 70 ve üzeri alan öğrencilerin başarılı olduğu düşünülürse; klasik küme kavramına göre 10 alan öğrenci gibi 69 alan öğrenci de başarısız olarak değerlendirilir. Başarı durumu bulanık küme kavramına göre değerlendirilirse; öğrencinin aldığı notun 70'e yakın olması göz önünde bulundurulur ve 1'e yakın üyelik derecesi ile 69 alan öğrenci de başarılı sayılır. Böylece daha doğru saptamalar yapılmış olur. Başarı durumuna ait kesin küme ve bulanık küme ifadeleri sırası ile Şekil 3 (a) ve Şekil 3 (b)' de gösterilmiştir.



Şekil 3. Başarı durumu ifadesi; (a) kesin küme için ve (b) bulanık küme için

### 1.6.3. Bulanık Küme Modelleme Operatörleri

Bulanık küme modelleme operatörleri; bulanık kesişimi belirten t-norm ve bulanık birleşimi belirten t-konorm operatörleridir.

#### 1.6.3.1. T-Norm

T-norm olarak bilinen üçgensel norm operatörü bulanık mantıktaki VE işlemini modellemek için kullanılır. X kümesi, evrensel küme; A ve B kümeleri bulanık kümeler olmak üzere; A ve B bulanık kümelerinin kesişimini ifade eden T-norm gösterimi Eşitlik (12)'deki gibidir [16].

$$T: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$$

$$\mu_{A \cap B}(x) = T(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (12)$$

### 1.6.3.2. T-Konorm(S-Norm)

T-konorm olarak bilinen üçgensel konorm operatörü bulanık mantıktaki VEYA işlemini modellemek için kullanılır.  $X$  kümesi, evrensel küme;  $A$  ve  $B$  kümeleri bulanık kümeler olmak üzere;  $A$  ve  $B$  bulanık kümelerinin birleşimini ifade eden T-konorm gösterimi Eşitlik (13)'deki gibidir [16].

$$S: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$$

$$\mu_{A \cup B}(x) = S(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (13)$$

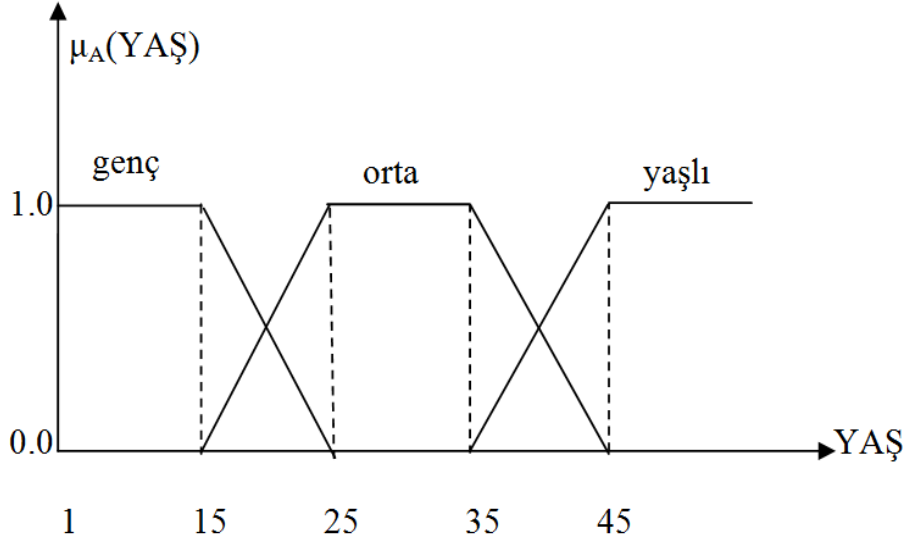
### 1.6.4. Üyelik Derecesi

Bulanık küme elemanlarının o kümeye olan üyeliklerini belirleyen değerler üyelik derecesi olarak ifade edilir. Elemanların üyelik dereceleri  $[0, 1]$  aralığında değişmektedir. Bir elemanın 0 üyelik derecesine sahip olması, o elemanın bulanık kümenin dışında kaldığını gösterir; 1 üyelik derecesine sahip olması, o elemanın bulanık kümenin kesin bir elemanı olduğunu gösterir.  $(0, 1)$  aralığında üyelik derecesine sahip olan eleman ise bulanık kümenin kısmi üyesidir.

$$\forall x \in X \text{ için } x \text{'in üyelik derecesi } \mu_A(x) \in [0,1] \text{ ya da } A(x) \text{ olarak ifade edilir.}$$

### 1.6.5. Üyelik Fonksiyonu

Bulanık kümeler üyelik fonksiyonları ile tanımlanmaktadır. En çok kullanılan üyelik fonksiyonları; üçgen şeklindeki, yamuk şeklindeki ve gaus üyelik fonksiyonlarıdır.  $X$  uzayı için YAŞ sözel değişkeni; genç, orta, yaşlı bu sözel değişkene ait sözel değerleri ifade ederse; sözel değerlere ait üyelik fonksiyonları da sırasıyla  $\mu_{\text{genç}}(x)$ ,  $\mu_{\text{orta}}(x)$  ve  $\mu_{\text{yaşlı}}(x)$  şeklinde ifade edilir. İfade edilen üyelik fonksiyonlarının grafiksel olarak gösterimi Şekil 4'deki gibidir.

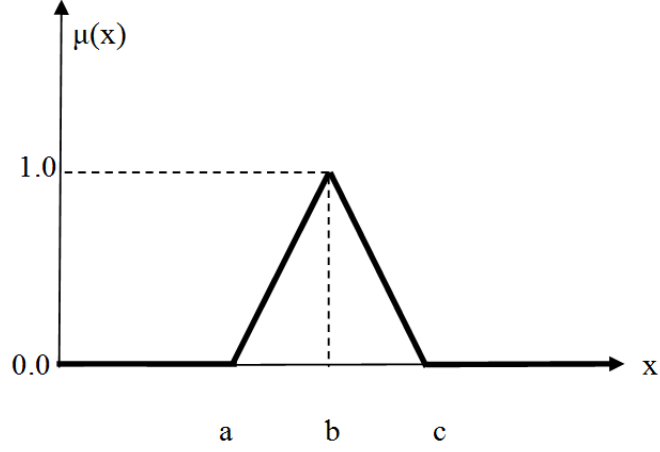


Şekil 4. Genç, orta, yaşlı sözel değişkenlerine ait üyelik fonksiyonu

#### 1.6.5.1. Üçgen Şeklindeki Üyelik Fonksiyonu

Üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonu  $a$ ,  $b$ ,  $c$  gibi üç parametre ile ifade edilir. Üçgen üyelik fonksiyonu, eşitlik (14)'deki gibi tanımlanır ve Şekil 5'deki gibi gösterilir [18].

$$\mu_A(x; a, b, c) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & , a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & , b \leq x \leq c \\ 0 & , x > c \text{ veya } x < a \end{cases} \quad (14)$$

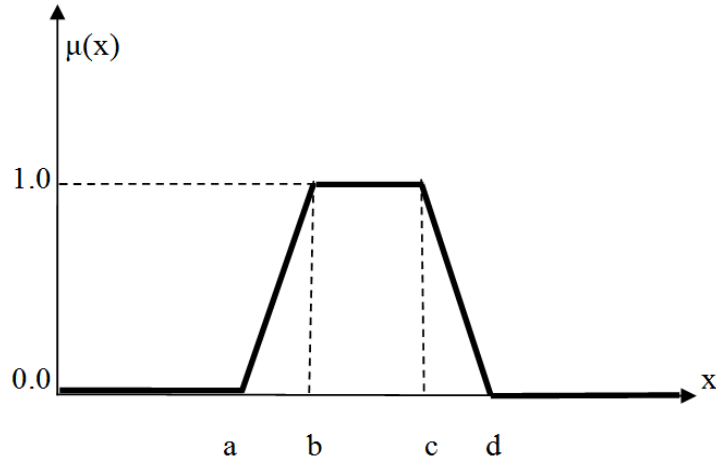


Şekil 5. Üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonu

### 1.6.5.2. Yamuk Şeklindeki Üyelik Fonksiyonu

Yamuk şeklindeki üyelik fonksiyonu a, b, c, d gibi dört parametre ile ifade edilir. Yamuk şeklindeki üyelik fonksiyonu, eşitlik (15)'teki gibi tanımlanır ve Şekil 6'daki gibi gösterilir [18].

$$\mu_A(x;a,b,c) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & , a \leq x \leq b \\ 1 & , b \leq x \leq c \\ \frac{c-x}{c-b} & , c \leq x \leq d \\ 0 & , x > d \text{ veya } x < a \end{cases} \quad (15)$$

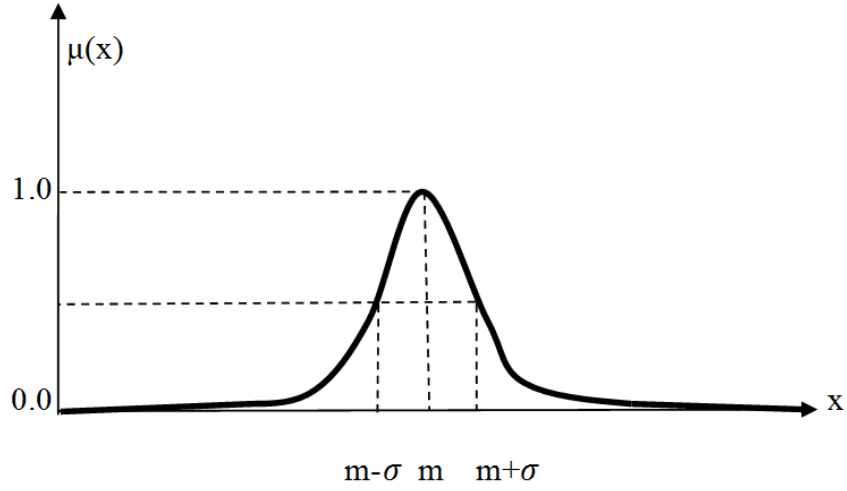


Şekil 6. Yamuk şeklindeki üyelik fonksiyonu

### 1.6.5.3. Gaus Üyelik Fonksiyonu

Gaus üyelik fonksiyonu  $m$  ve  $\sigma$  gibi iki parametre ile ifade edilir. Gaus üyelik fonksiyonu, eşitlik (16)'daki gibi tanımlanır ve Şekil 7'deki gibi gösterilir [18].

$$\mu_A(x; m, \sigma) = e^{\frac{-(x-m)^2}{2\sigma^2}} \quad (16)$$



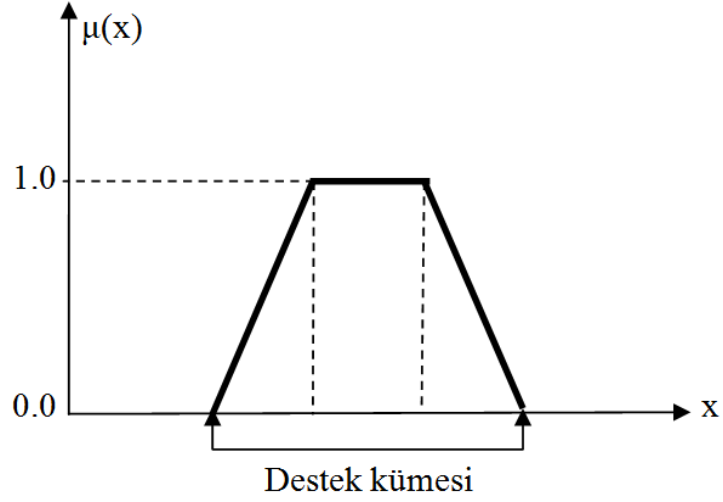
Şekil 7. Gaus üyelik fonksiyonu

### 1.6.6. Bulanık Kümelere İlişkin Kavramlar

#### 1.6.6.1. Destek Kümesi

$X$  kümesi, evrensel küme;  $A$  kümesi  $X$  evrensel kümesinin bulanık kümesi olmak üzere;  $X$ 'in sıfırdan farklı elemanlarından oluşan alt kümeye  $A$  kümesinin destek kümesi denir. Destek kümesi Eşitlik (17)'deki gibi ifade edilir ve grafiksel olarak Şekil 8'deki gibi gösterilir [9] (URL-30, 2011).

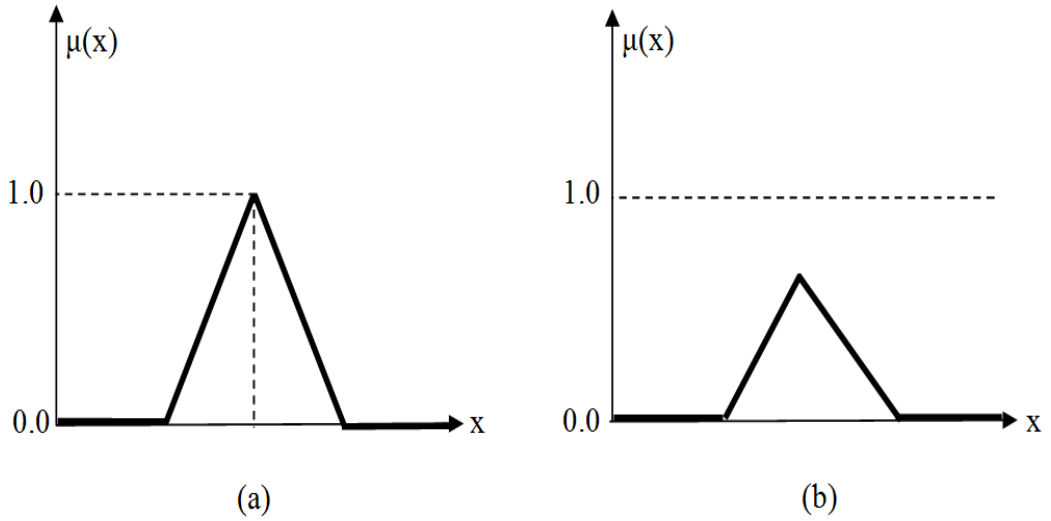
$$\text{supp}(A): \{x \in X, \mu_A(x) > 0\} \quad (17)$$



Şekil 8. Destek kümesi

### 1.6.6.2. Normal Bulanık Küme

X kümesi, evrensel küme; A kümesi X evrensel kümesinin bulanık kümesi olmak üzere; herhangi  $x \in X$  ve A bulanık kümesi için en az bir noktada x'in üyelik derecesi  $\mu_A(x)=1$  oluyorsa A kümesine normal bulanık küme, diğer durumlarda A kümesine normal olmayan bulanık küme denir (URL-30, 2011). Normal bulanık küme ve normal olmayan bulanık küme sırası ile Şekil 9 (a) ve Şekil 9 (b)'de gösterilmiştir.



Şekil 9. Bulanık küme; (a) normal ve (b) normal olmayan

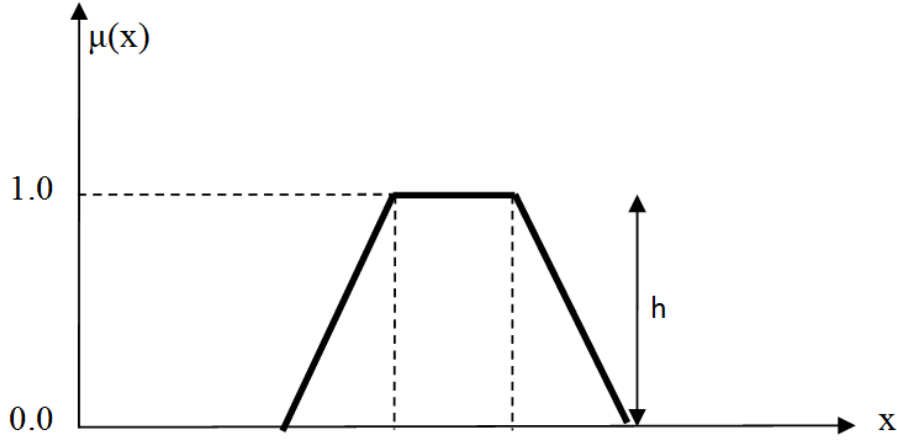


### 1.6.6.3. Bulanık Küme Yüksekliği

Bulanık kümedeki en büyük üyelik dereceli üyelik fonksiyonu o bulanık kümenin yüksekliğidir.  $X$  kümesi, evrensel küme;  $A$  kümesi  $X$  evrensel kümesinin bulanık kümesi olmak üzere;  $A$  bulanık kümesi için bulanık küme yüksekliği Eşitlik (18)'deki gibi ifade edilir ve grafiksel olarak Şekil 10'daki gibi gösterilir.

$$h(A) = \sup_x \mu_A(x) \quad (18)$$

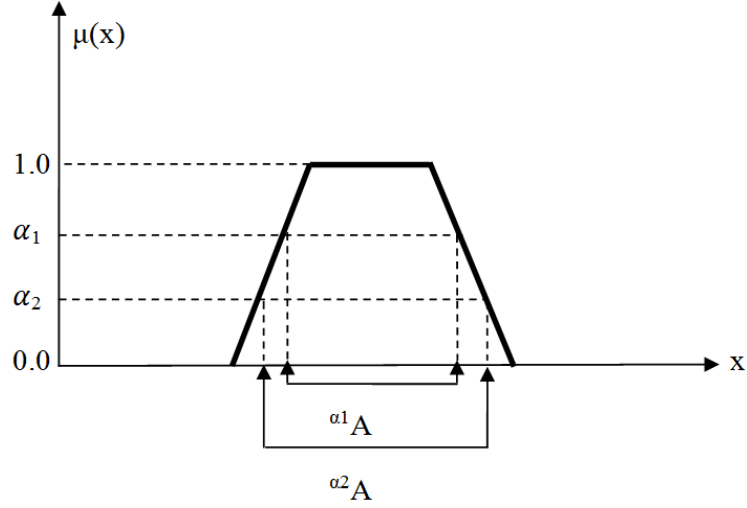
Normalize edilmiş üyelik fonksiyonunda en büyük yükseklik değeri 1'dir (URL-30, 2011).



Şekil 10. Bulanık küme yüksekliği

### 1.6.6.4. $\alpha$ Kesiti

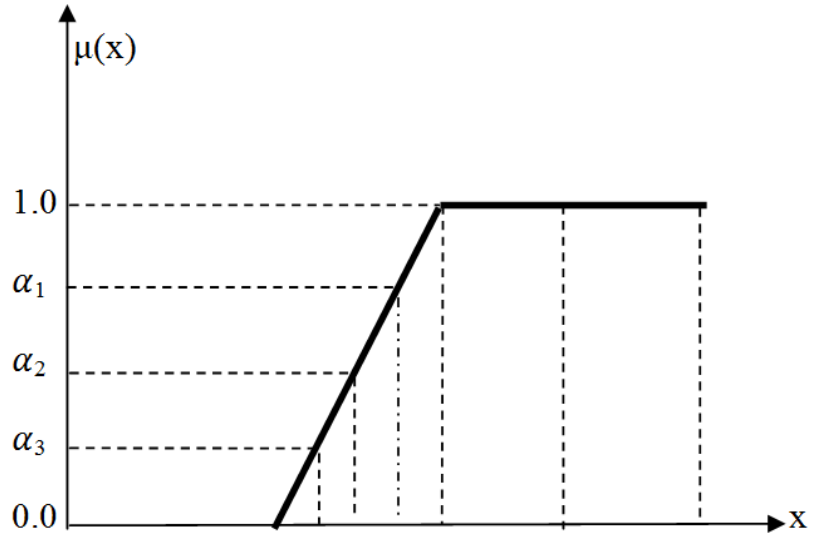
$\alpha$  kesiti; bulanık kümenin  $\alpha$  seviyesindeki alt kümelerini ifade eder.  $X$  kümesi, evrensel küme;  $A$  kümesi  $X$  evrensel kümesinin bulanık kümesi olmak üzere;  $A$  bulanık kümesi için  $\alpha$  kesitinde alt kümeler Şekil 11'de gösterilmiştir.

Şekil 11.  $\alpha$ -kesitinde alt kümeler

#### 1.6.6.5. Düzey Kümesi

Bulanık kümenin bütün farklı  $\alpha$ -kesitlerini gösteren sayılar kümesidir. X kümesi, evrensel küme; A kümesi X evrensel kümesinin bulanık kümesi olmak üzere; A bulanık kümesi için düzey kümesi Eşitlik (19)'daki gibi ifade edilir ve grafiksel olarak Şekil 12'deki gibi gösterilir (URL-30, 2011).

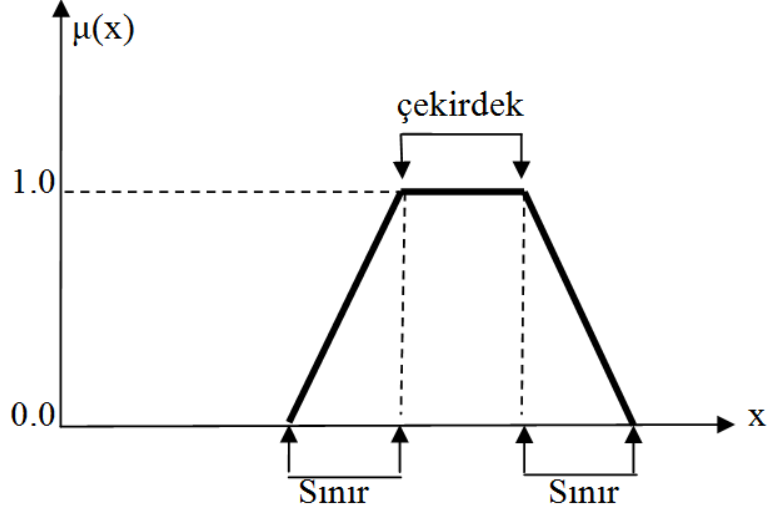
$$\wedge(A) = \{\alpha \in [0,1] \mid \mu_A(x) = \alpha, x \in X\} \quad (19)$$



Şekil 12. Düzey kümesi

### 1.6.6.6. Çekirdek ve Sınır Bölgeleri

Üyelik derecesi 1 olan bütün elemanları kapsayan bölge, çekirdek bölgesi; üyelik derecesi 0 ve 1 aralığında olan elemanları kapsayan bölge sınır bölgesi olarak adlandırılır, Bulanık küme için çekirdek ve sınır bölgeleri Şekil 13’de gösterilmiştir [18].

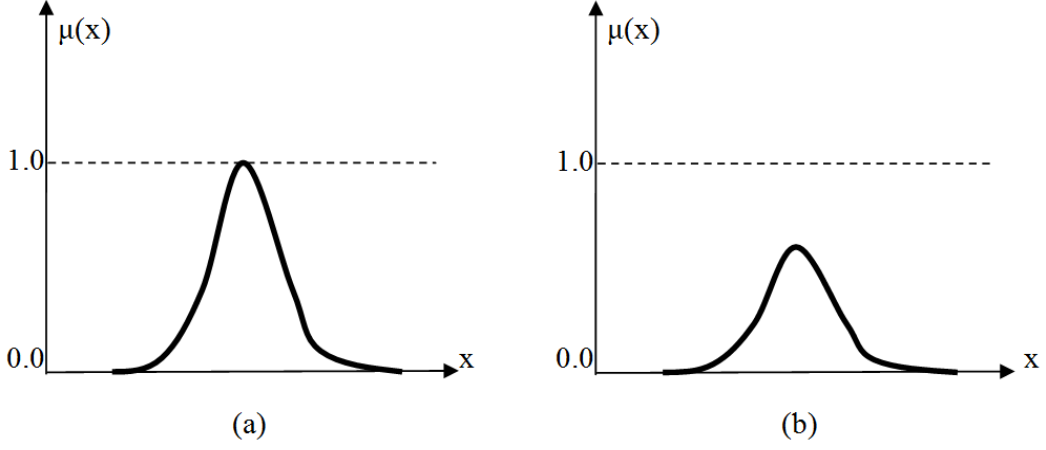


Şekil 13. Çekirdek ve sınır bölgeleri

### 1.6.6.7. Dış Bükey

X kümesi, evrensel küme; A kümesi X evrensel kümesinin bulanık kümesi ve  $x_1, x_2 \in X$  olmak üzere; A bulanık kümesinin dışbükey olabilmesi için sağlaması gereken şart eşitlik (20)’deki gibi ifade edilir. Dış bükey bulanık küme en az bir noktada üyelik derecesi 1 olan elemana sahipse normalleşmiş dış bükeydir denir ve grafiksel olarak Şekil 14(a)’daki gibi gösterilir; kümenin tüm elemanları 1’den küçük üyelik derecesine sahip ise normalleşmemiş dış bükeydir denir ve grafiksel olarak Şekil 14(b)’deki gibi gösterilir [5].

$$\mu_A(\alpha x_1 + (1-\alpha)x_2) \geq \min\{\mu_A(x_1), \mu_A(x_2)\} \quad (20)$$

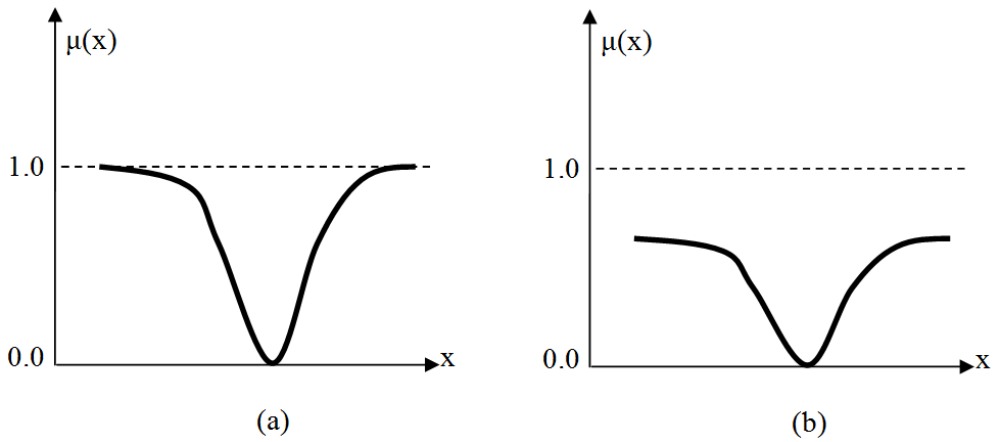


Şekil 14. Dış bükey; (a) normalleşmiş ve (b) normalleşmemiş

### 1.6.6.8. İç Bükey

X kümesi, evrensel küme; A kümesi X evrensel kümesinin bulanık kümesi ve  $x_1, x_2 \in X$ , olmak üzere; A bulanık kümesinin içbükey olabilmesi için sağlaması gereken şart Eşitlik (21)'deki gibi ifade edilir. İç bükey bulanık küme en az bir noktada üyelik derecesi 1 olan elemana sahipse normalleşmiş iç bükeydir denir ve grafiksel olarak Şekil 15(a)'daki gibi gösterilir; kümenin tüm elemanları 1'den küçük üyelik derecesine sahip ise normalleşmemiş iç bükeydir denir ve grafiksel olarak Şekil 15(b)'deki gibi gösterilir [3].

$$\mu_A(\alpha x_1 + (1-\alpha)x_2) \leq \max\{\mu_A(x_1), \mu_A(x_2)\} \quad (21)$$



Şekil 15. İç bükey (a) normalleşmiş ve (b) normalleşmemiş

## 1.6.7. Bulanık Küme İşlemleri

### 1.6.7.1. Eşit Küme

X kümesi, evrensel küme; A ve B kümeleri X evrensel kümesinin bulanık kümeleri olmak üzere; A ve B kümelerinin eşit olabilmesi için X evrensel kümesindeki tüm elemanların A ve B kümelerindeki üyelik dereceleri eşit olmalıdır yani;  $\forall x \in X$  için Eşitlik (22)'deki şart sağlanmalıdır.

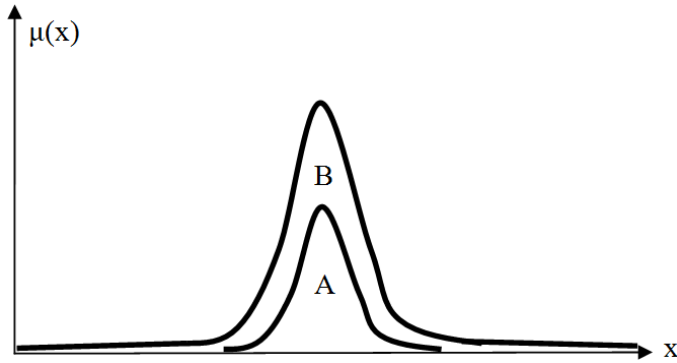
$$\mu_A(x) = \mu_B(x) \quad (22)$$

X kümesinin elemanlarından bir tanesi bile bu şartı sağlamıyorsa A ve B bulanık kümeleri eşit değildir denir [6, 9].

### 1.6.7.2. Alt Küme

X kümesi, evrensel küme; A ve B kümeleri X evrensel kümesinin bulanık kümeleri olmak üzere; X kümesindeki her bir eleman için A kümesindeki üyelik derecesi B kümesindeki üyelik derecesinden küçük veya eşitse yani ;  $\forall x \in X$  için Eşitlik (23) şartı sağlanıyorsa B kümesi A kümesini kapsar denir. B kümesinin A kümesini kapsadığı durum Şekil 16'daki gibi gösterilir [6, 9].

$$\mu_A(x) \leq \mu_B(x) \quad (23)$$



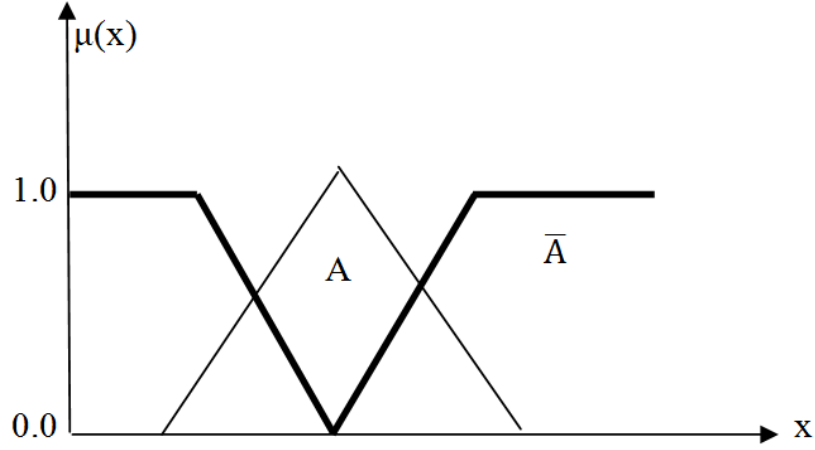
Şekil 16. Bulanık kümelerde alt küme gösterimi

### 1.6.7.3. Tümleyen Kümesi

X kümesi, evrensel küme; A kümesi X evrensel kümesinin bulanık kümesi olmak üzere; A kümesinin üyelik derecesi ile tümleyeninin üyelik derecesi toplamı 1'e eşittir. A bulanık kümesinin tümleyen kümesi ve üyelik fonksiyonu sırası ile Eşitlik (24) ve Eşitlik (25)'deki gibi ifade edilir. A kümesi ve A kümesinin tümleyeni Şekil 17'de grafiksel olarak ifade edilmiştir [6].

$$\bar{A} = \{\forall x \in X \mid \mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)\} \quad (24)$$

$$\mu_{\bar{A}}(x) = \{ \forall x \in X \mid \mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \} \quad (25)$$



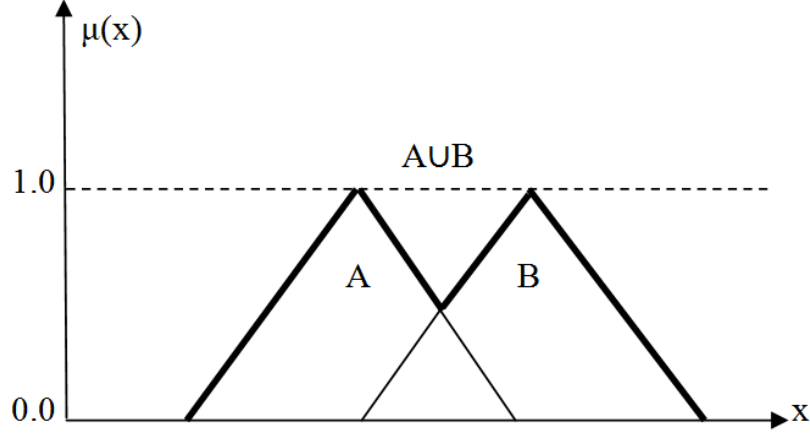
Şekil 17. Bulanık küme tümleyeni

### 1.6.7.4. Birleşim Kümesi

X kümesi, evrensel küme; A ve B kümeleri X evrensel kümesinin bulanık kümeleri olmak üzere; A ve B kümelerinde üyelik değeri olan elemanlar için en büyük üyelik derecesine sahip olan elemanların oluşturduğu küme birleşim kümesidir. A ve B kümelerinin birleşim kümesi ve üyelik fonksiyonu sırası ile Eşitlik (26) ve Eşitlik (27)'deki gibidir. A ve B kümelerinin birleşim kümesi Şekil 18'de grafiksel olarak gösterilmiştir [6].

$$A \cup B = \{\forall x \in X \mid \max(\mu_A(x), \mu_B(x))\} \quad (26)$$

$$\mu_{A \cup B}(x) = \{\forall x \in X \mid \max(\mu_A(x), \mu_B(x))\} \quad (27)$$



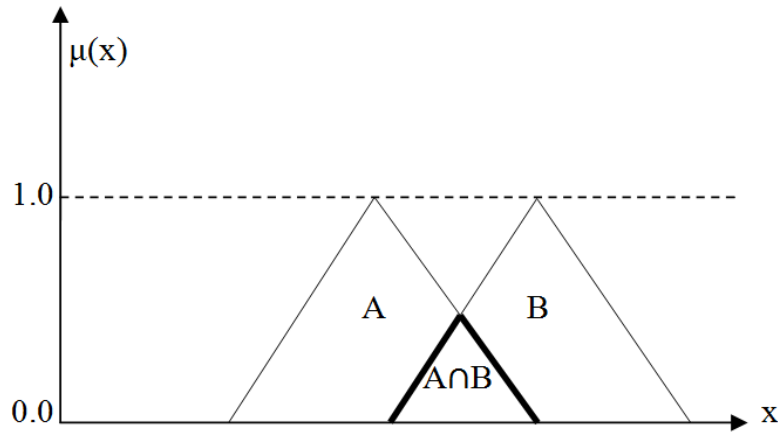
Şekil 18. Birleşim kümesi

### 1.6.7.5. Kesişim Kümesi

X kümesi, evrensel küme; A ve B kümeleri X evrensel kümesinin bulanık kümeleri olmak üzere; A ve B bulanık kümelerinin ortak elemanlarının üyelik dereceleri karşılaştırılır, en küçük üyelik derecesine sahip olan elemanların oluşturduğu küme kesişim kümesini ifade etmektedir. Kesişim kümesi ve üyelik fonksiyonu sırası ile Eşitlik (28) ve Eşitlik (29)'daki gibidir. A ve B kümelerinin birleşim kümesi grafiksel olarak Şekil 19'da gösterilmiştir [6].

$$A \cap B = \{ \forall x \in X \mid \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \} \quad (28)$$

$$\mu_{A \cap B}(x) = \{ \forall x \in X \mid \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \} \quad (29)$$



Şekil 19. Kesişim kümesi

### 1.6.8. Bulanık Küme Özellikleri

X kümesi, evrensel küme; A, B ve C kümeleri X evrensel kümesinin bulanık kümeleri olmak üzere; bulanık kümelere ait özellikler Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Bulanık küme özellikleri [18, 19].

Özellik	Tanım
Boş küme	$A \cup \emptyset = A$
	$A \cap \emptyset = A$
Evrensel küme	$A \cup X = X$
	$A \cap X = A$
Yansıma	$A \cup A = A$
	$A \cap A = A$
Değişme	$A \cup B = B \cup A$
	$A \cap B = B \cap A$
Birleşme	$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap C$
	$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup C$
Dağılma	$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$
	$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$
Çift deęilleme	$\overline{\overline{A}} = A$
De Morgan	$\overline{A \cup B} = \overline{A} \cap \overline{B}$
	$\overline{A \cap B} = \overline{A} \cup \overline{B}$

Tablo 1’deki tüm özellikler, klasik kümeler için de geçerlidir. Bulanık ve klasik kümelerin birbirinden farklı özellikleri de vardır. Bunlar; Eşitlik (30), Eşitlik (31), Eşitlik (32) ve Eşitlik (33)’de ifade edilmiştir [19]:

$$A \cup \overline{A} = X \text{ (klasik kümelerde)} \quad (30)$$

$$A \cap \overline{A} = \emptyset \text{ (klasik kümelerde)} \quad (31)$$

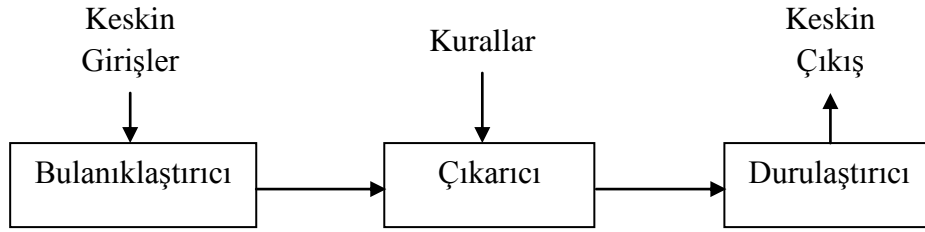
$$A \cup \overline{A} \neq X \text{ (bulanık kümelerde)} \quad (32)$$

$$A \cap \overline{A} \neq \emptyset \text{ (bulanık kümelerde)} \quad (33)$$



### 1.6.9. Bulanık Mantık Sistemi

Bulanık mantık sistemi; keskin girişleri bazı işlemlerle bulanıklaştıran bulanıklaştırıcı birim, sistemin modellenmesi için gerekli olan kurallar birimi, girişlere uygulanan kurallardan çıkarımlar elde etmeyi sağlayan çıkarıcı birim ve bulanık çıkışlardan keskin çıkış üretmek için gerekli durulaştırıcı birim olmak üzere dört bileşenden oluşmaktadır. Bulanık mantık sistemi ve bileşenleri Şekil 20’de gösterilerek her biri kısaca ifade edilmiştir [15].



Şekil 20. Bulanık mantık sistemi

#### 1.6.9.1. Bulanıklaştırıcı

Bulanıklaştırma aşamasında,  $\{0,1\}$  değerlerini alan klasik kümeye ait keskin girişler  $[0,1]$  aralığında değişik üyelik derecelerine sahip olurlar böylece bazı belirsizlikler ortaya çıkmış olur [16, 19].

#### 1.6.9.2. Kurallar ve Çıkarıcı

Bulanık çıkarım aşaması EĞER-İSE yani kelimeleri ile ayrılan iki bölümden oluşur. EĞER ve İSE kelimeleri arasında belirlenen kurallar karşılığında İSE kelimesinden sonra kurallar sonucunda elde edilecek çıkarımlar belirlenir.

Eğer  $x$  A ise öyleyse  $y$  B’dir bulanık kuralında Eğer  $x$  A ise bölümü kurallar, öyleyse  $y$  B’dir bölümü karar yani belirlenen kurallar sonucu elde edilen çıkarımlardır [16, 19].

### 1.6.9.3. Durulaştırıcı

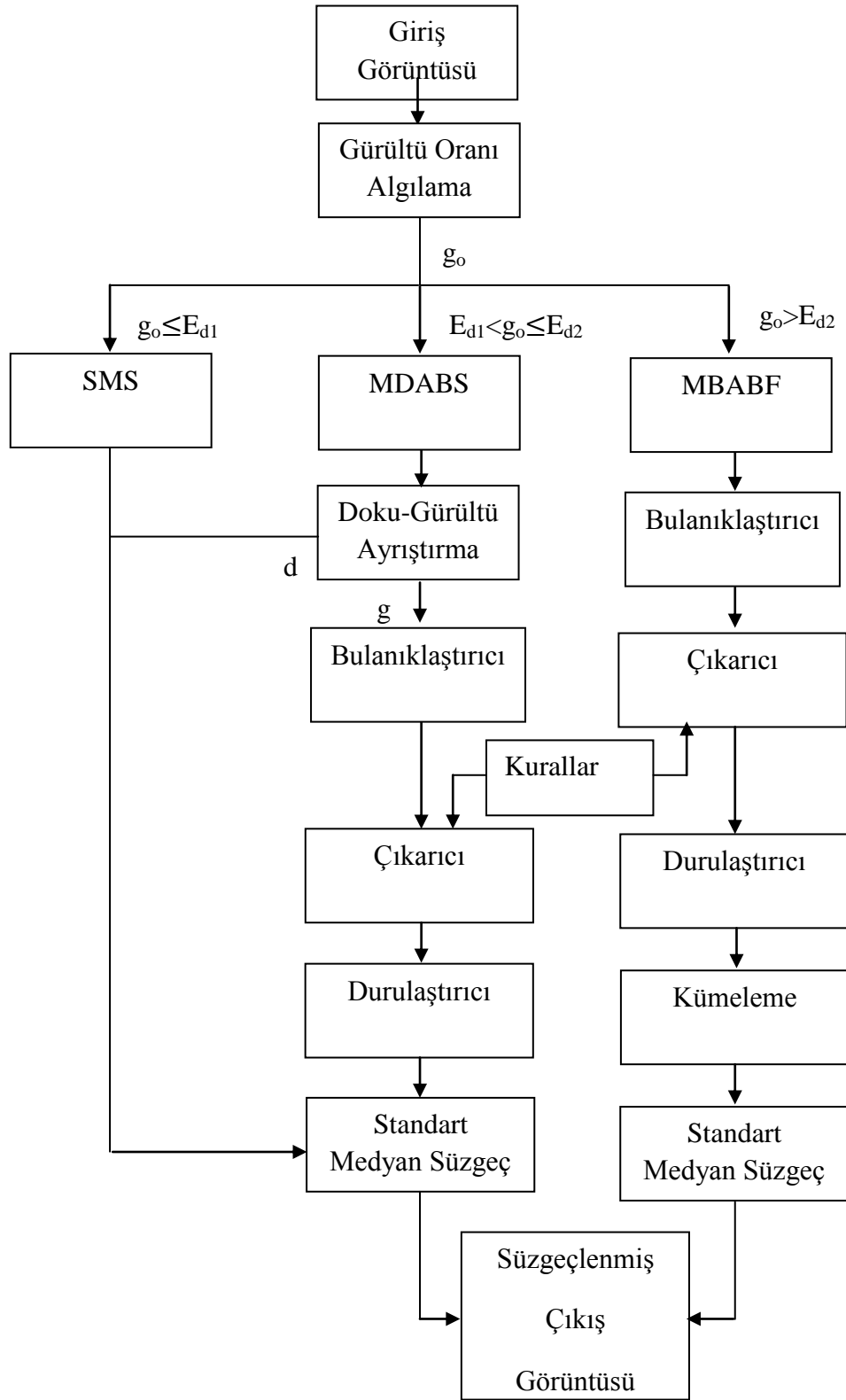
Keskin girişler bulanıklaştırılıp elde edilen bulanık kümelere bir takım bulanık küme işlemleri uygulandıktan sonra keskin çıkışların elde edilebilmesi için durulaştırma işlemi yapılır. Bu adımda, karara ait bulanık kümeler duru bir değere çevrilir. Durulaştırma sonucunda kesin sayısal değerler elde edilir, farklı bulanık kümelerin durulaştırılması sonucu aynı sayısal değerler de elde edilebilir. Birçok durulaştırma yöntemi vardır; en büyük üyelik yöntemi, ağırlık merkezi yöntemi, en büyüklerin ortası yöntemi, en büyük alan merkezi, en büyük ilk ve en küçük son üyelik derecesi yöntemi başlıca durulaştırma yöntemlerindedir [8].

## 2. YAPILAN ÇALIŞMA

### 2.1. Giriş

Bu çalışmada, önerilen karma bir yöntem ile tüm gürültü oranlarında tuz ve biber gürültüsünün azaltılması amaçlanmıştır. Gürültüyü azaltırken görüntüye ait bilgilerin korunması gürültünün azaltılması kadar önemlidir. Bu sebeple düşük ve yüksek gürültü oranlarında gürültüyü etkili bir şekilde azaltıp gerekli bilgileri koruyarak en iyi performansı sağlayacak farklı yöntemler geliştirilmiştir. Gürültü oranına ( $g_o$ ) göre standart medyan ve geliştirilen yöntemler arasında anahtarlamalı geçiş sağlanmıştır ve yöntem Anahtarlamalı Adaptif Bulanık Süzgeç olarak (AABS) olarak adlandırılmıştır.

Önerilen bu yöntemde ilk adım görüntüdeki gürültü oranının belirlenmesidir. Görüntüden algılanan gürültü oranı önceden tanımlı eşik değerlerine ( $E_{d1}$ ,  $E_{d2}$ ) göre değerlendirilmiş ve hangi süzgecin aktif olacağına karar verilmiştir.  $E_{d1}$ 'e eşit ve  $E_{d1}$ 'den küçük gürültü oranlarında görüntüye yalnızca standart medyan süzgeç (SMS) uygulanmıştır.  $E_{d1}$ 'den büyük,  $E_{d2}$ 'ye eşit veya  $E_{d2}$ 'den küçük gürültü oranına sahip görüntüler için önce gürültü ve doku ayrıştırma işlemi yapılmıştır. Gürültülü pikseller ( $g$ ) katsayıları bulanık kurallarla belirlenen Adaptif Bulanık Süzgeç (ABS) ile süzgeçlenmiştir. Dokuya ait pikseller ( $d$ ) süzgeçleme işlemine dâhil edilmemiştir. Bu işlemlerin ardından görüntüde iyileşme oranını artırmak için tüm görüntüye standart medyan süzgeç uygulanmıştır ve bu yöntem Medyan Destekli Adaptif Bulanık Süzgeç (MDABS) olarak adlandırılmıştır.  $E_{d2}$ 'den büyük gürültü oranına sahip görüntüler için ise görüntü ve doku ayrıştırması yapılmadan görüntü, doğrudan ABS ile süzgeçlenmiştir. Bu yöntemde kullanılan ABS boyutu algılanan gürültü oranına göre değişmektedir. Bunun için de  $E_{d3}$  eşik değeri belirlenmiştir. İkinci süzgeçleme işlemine geçmeden önce küme aralıkları tanımlanmış ve ABS ile elde edilen çıkış görüntüsü pencere boyutlarında taranarak küme aralıklarına aykırı değer bulunduran her pencere kümesine boyutları yine gürültü oranına göre değişen standart medyan süzgeç uygulanmıştır. Bu yöntem Medyan ile Birleştirilmiş Adaptif Bulanık Süzgeç (MBABS) olarak adlandırılmıştır. Önerilen yönteme ilişkin akış çizelgesi Şekil 21'de gösterilmiştir.



Şekil 21. AABS akış çizelgesi

## 2.2. Gürültü Oranı Algılama

Piksellerin gürültülü olup olmadığı belirlenmiş ve görüntüdeki gürültü oranını dikkate alan bir süzgeçleme işlemi yapılmıştır. Süzgeçleme işleminde iyi sonuç elde edilebilmesi için gürültü oranının en doğru şekilde algılanması gerekmektedir.

Görüntüdeki gürültünün algılanmasında varyans ölçütünden yararlanılmıştır. Bunun için;  $g(m,n)$ , görüntü matrisi;  $W_{(2K+1) \times (2K+1)}(i,j)$  ( $K \in \mathbb{Z}^+$  |  $i,j=1, 2, \dots, 2K+1$ ) pencere matrisi tanımlanmıştır. Pencere matrisi ile  $g(m,n)$  görüntüsü soldan sağa ve yukarıdan aşağıya doğru taranmıştır. Her harekette  $W$  matrisinin varyans hesaplanmıştır. Varyans değerinin hesaplanmasına ilişki formül Eşitlik (35)'de verilmiştir.

$$\text{Ortalama} = \mu = \frac{\sum_{i=1}^{2K+1} \sum_{j=1}^{2K+1} W(i,j)}{(2K+1) \cdot (2K+1)} \quad (34)$$

$$\text{Varyans} = \sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{2K+1} \sum_{j=1}^{2K+1} (W(i,j) - \mu)^2}{(2K+1) \cdot (2K+1)} \quad (35)$$

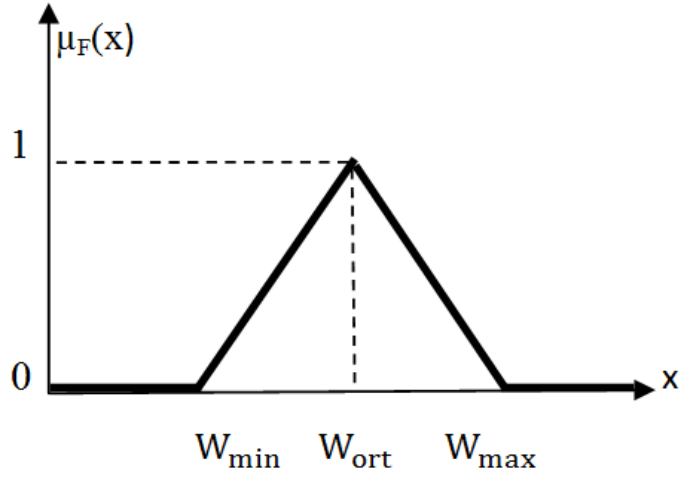
Önceden belirlenmiş olan eşik değerinden büyük veya eşit varyans değerine sahip pencerelerin merkez piksel değeri araştırılmıştır. Gürültü aralığı olarak belirlenen değer aralığında bulunan merkez piksellerinin sayısı hesaplanmış ve görüntünün içerdiği tuz ve biber gürültüsü oranı belirlenmiştir.

## 2.3. Adaptif Bulanık Süzgeç

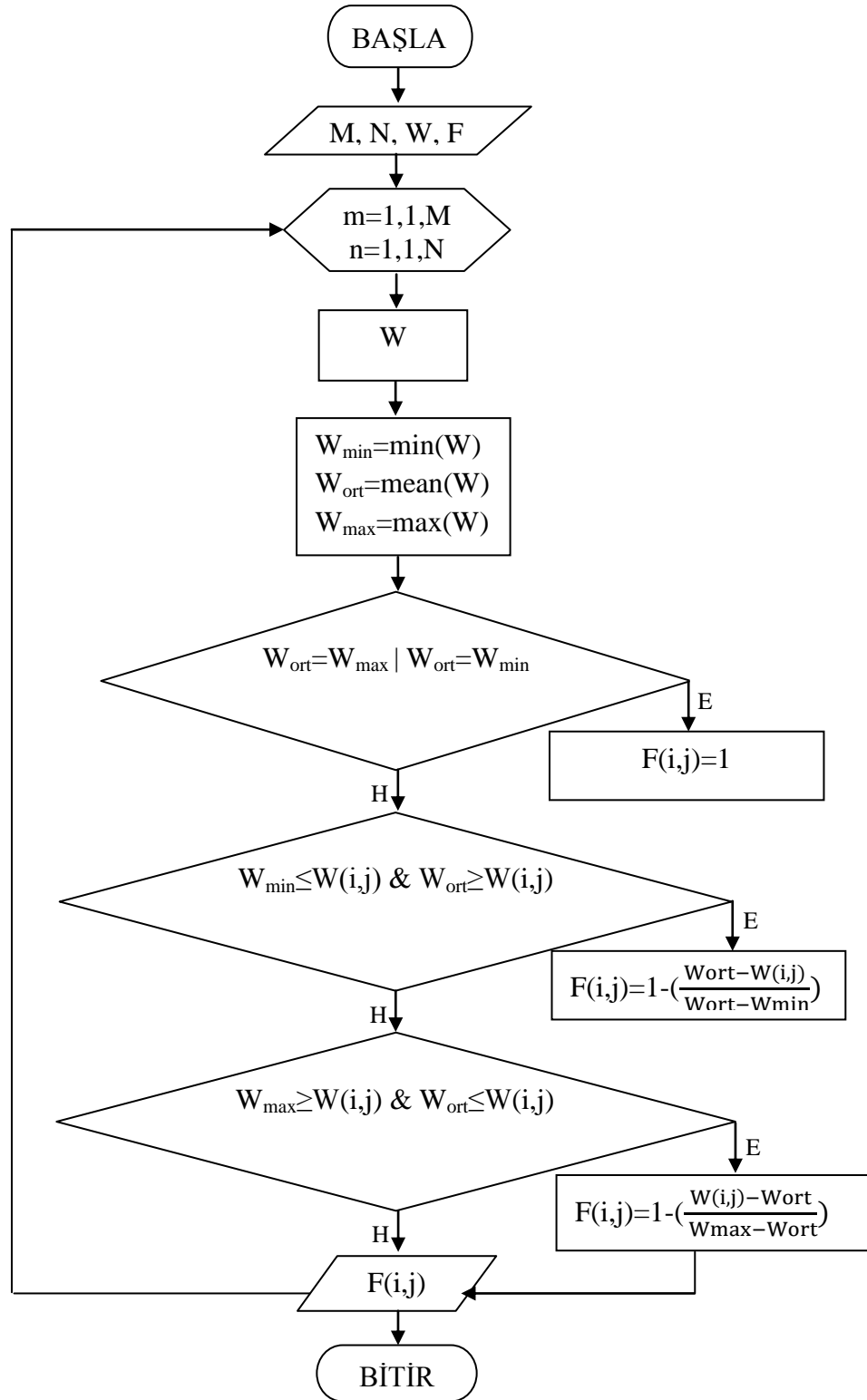
Bulanık süzgece ait üçgen tipindeki üyelik fonksiyonu için tanımlanan belirsizlik bölgesi ve üyelik sınırlarına göre bulanık süzgeç kuralları belirlenmiş ve bu kurallardan elde edilen çıkarımlar sonucunda  $(2K+1) \times (2K+1)$  boyutlarında  $F$  bulanık süzgecin katsayıları oluşturulmuştur.  $M \times N$  boyutlarındaki görüntüde pencere matrisinin soldan sağa ve yukarıdan aşağıya her hareketinde tüm kurallar tekrarlanmış ve  $F$  bulanık süzgeç katsayıları yeniden elde edilmiştir böylece bulanık süzgecin adaptif çalışması sağlanmıştır. ABS için üyelik fonksiyonu ve akış diyagramı sırası ile Şekil 22 ve Şekil 23'te gösterilmiştir.

Aşağıda ABS akış diyagramında ve üyelik fonksiyonunda kullanılan parametreler ve tanımları verilmiştir:

- $m, n$  – görüntünün index değerleri  
 $W$ - pencere matrisi  $(2K+1) \times (2K+1)$   
 $i, j$  - pencerenin index değerleri  
 $W_{\text{ort}}$  - pencerenin ortalama değeri  
 $W_{\text{min}}$  - pencerenin en küçük değeri  
 $W_{\text{max}}$  - pencerenin en büyük değeri



Şekil 22. ABS üyelik fonksiyonu



Şekil 23. ABS akış diyagramı

Bulanık süzgecin üyelik fonksiyonu tanımına göre bulanık kurallar uygulanarak bunlara ait çıkışlar elde edilmiştir. Bulanık girişler ve bu girişlere ait bulanık çıkışlar aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:

- Eğer ortalama değer, en küçük değer veya en büyük değere eşit ise bulanık süzgecin katsayı değeri Eşitlik (36)'daki gibi hesaplanır [11].

$$F(i,j)=1 \quad (36)$$

- Eğer  $W(i,j)$ , en küçük değerden büyük veya en küçük değere eşit ve  $W(i,j)$ , ortalama değerden küçük veya ortalama değere eşit ise bulanık süzgecin katsayı değeri Eşitlik (37)'deki gibi hesaplanır [11].

$$F(i,j)=1-\left(\frac{W_{ort}-W(i,j)}{W_{ort}-W_{min}}\right) \quad (37)$$

- Eğer  $W(i,j)$ , ortalama değerden büyük veya ortalama değere eşit ve  $W(i,j)$ , en büyük değerden küçük veya en büyük değere eşit ise bulanık süzgecin katsayı değeri Eşitlik (38)'deki gibi hesaplanır [11].

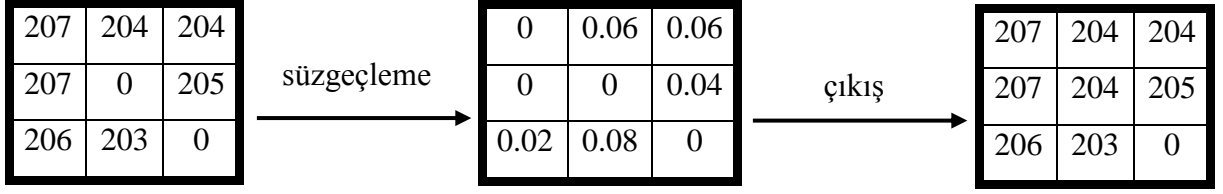
$$F(i,j)=1-\left(\frac{W(i,j)-W_{ort}}{W_{max}-W_{ort}}\right) \quad (38)$$

### 2.3.1. Kuralların Uygulamalı Gösterimi

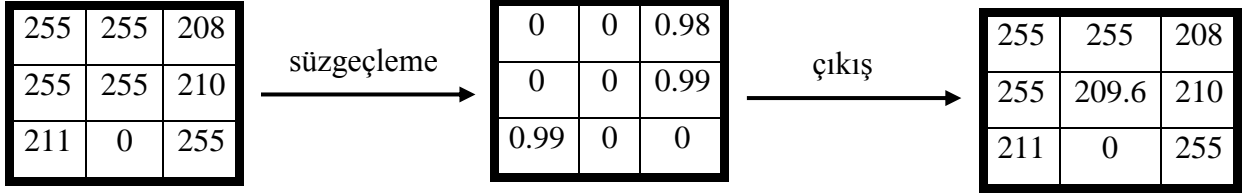
Aşağıda farklı oranlarda gürültü içeren Lena görüntüsünden alınmış görüntü parçaları, bu görüntülere ait ABS matrisleri ve süzgeçleme sonucu elde edilen yeni değerler gösterilmiştir.

- Merkez pikselinin orijinal değeri 204 olan ve %30 oranında tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Lena görüntü parçası:

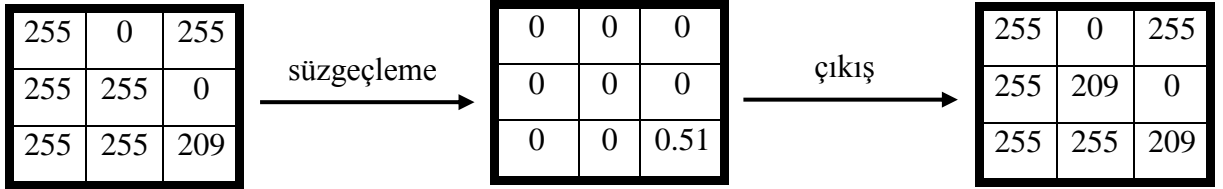




- Merkez pikselinin orijinal değeri 208 olan ve %60 oranında tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Lena görüntü parçası:



- Merkez pikselinin orijinal değeri 208 olan ve %90 oranında tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Lena görüntü parçası:



#### 2.4. Medyan Destekli Adaptif Bulanık Süzgeç (MDABS)

Gürültü oranının algılanmasının ardından; orta seviyedeki yoğunluklarda tuz ve biber gürültüsü içeren görüntülerde gürültü azaltmak için geliştirilen Medyan Destekli Adaptif Bulanık Süzgeç (MDABS) ile süzgeçleme yapılmıştır. Görüntülerde dokuya ait bölgelerin belirlenip süzgeçleme ağırlığının azaltılması ile gerçek görüntüye daha yakın sonuçlar elde etmek mümkündür. Bu sebeple süzgeçlemeye geçmeden önce dokuya ait bölgeler ve gürültülü bölgeler belirlenmiştir. Gürültü bölgelerde belirlenen çerçeve boyutlarında ABS ile süzgeçleme yapılarak gürültü seviyesi en aza indirilmiş ardından, daha düşük gürültü seviyelerinde etkili sonuçlar elde ettiği bilinen standart medyan süzgeç uygulanmıştır.

### 2.4.1. Gürültü ve Doku Ayırıştırma

Gerçek görüntüye daha yakın sonuçlar elde edebilmek için önceden tanımlanmış eşik değerinden düşük gürültü oranına sahip görüntülerde doku ve gürültüye ait bölgeler belirlenmiştir. Bu belirleme görüntüye ait bilgilerin kaybolmasını önleyerek kenar, detay ve doku özelliklerinin en iyi şekilde korunmasını sağlamıştır.

Bu adımda, varyans ve uzamsal komşulukları dikkate alan genlik değişimelerindeki düzensizlikler incelenmiş ve görüntü dokusu ile gürültü birbirinden ayırt edilmiştir. Bunun için;  $g(m,n)$ , görüntü matrisi;  $W_{(2K+1) \times (2K+1)}(i,j) (K \in Z^+ | i,j=1, 2, \dots, 2K+1)$  pencere matrisi tanımlanmıştır. Pencere matrisi ile  $g(m,n)$  görüntüsü soldan sağa ve yukarıdan aşağıya doğru taranmıştır. Her harekette  $W$  matrisinin varyans değeri hesaplanmıştır.  $M \times N$  boyutlarındaki gürültülü  $g$  görüntüsü,  $(2K+1) \times (2K+1)$  boyutlarındaki pencere matrisi ile taranmıştır. Her pencere için varyans değeri hesaplanmış ve önceden belirlenmiş olan eşik değerinden küçük varyansa sahip; aynı zamanda merkez piksel değeri, belirlenen sınır değerlerinin dışında kalan pencereler için; asıl köşegen vektörü, ters köşegen vektörü, en yakın komşu değerlerini içeren dairesel komşuluk vektörü tanımlanmıştır. Asıl köşegen vektörünün içerdiği değerler Eşitlik (39) ile belirlenmiştir. Söz konusu olan pencere matrisinin sütunlara göre yansıması alınarak  $W_y$  ile gösterilen yansıma pencere matrisinden Eşitlik (40)'da gösterildiği gibi ters köşegen vektörünün içerdiği değerler belirlenmiştir. Merkez piksel değerinin en yakın komşu değerlerini içeren dairesel komşuluk vektörü ise Eşitlik (41) ile belirlenmiştir.

$$\text{Asıl\_Köşegen} = [W(i,j)], \forall i=j \quad (39)$$

$$\text{Ters\_Köşegen} = [W_y(i,j)], \forall i=j \quad (40)$$

$$\begin{aligned} \text{Dairesel\_Komşuluk} = & [W_{(K,K)} \ W_{(K,K+1)} \ W_{(K,K+2)} \ W_{(K+1,K+2)} \\ & W_{(K+2,K+2)} \ W_{(K+2,K+1)} \ W_{(K+2,K)} \ W_{(K+1,K)}] \end{aligned} \quad (41)$$

Asıl köşegen ve ters köşegen vektörleri, sınır değerleri arasında ve birbirine yakın sayılar içeriyorsa, dairesel komşuluk vektörü de sınır değerleri arasında sayılar içeriyorsa ve bu vektörde ard arda gelen sayılar birbirine yakın değerlerde ise; belirlenen  $W$  pencere matrisi için merkez pikselinin görüntü dokusuna ait olduğuna karar verilmiştir.

Yukarıda anlatılan kuralların dışında kalan tüm piksellerin gürültü pikseli olduğuna karar verilmiştir ve katsayıları pencerenin içerdiği piksel değerlerine göre uyarlamalı olarak belirlenecek olan bulanık süzgeç ile süzgeçleme işlemine geçilmiştir.

### **2.5. Medyan ile Birleştirilmiş Adaptif Bulanık Süzgeç (MBABS)**

Düşük gürültü seviyelerinde SMS, orta seviyedeki gürültü seviyelerinde MDABS gürültüyü azaltmada yeterlidir; ancak gürültü yoğunluğu çok yüksek seviyelere çıktığında bu süzgeçler tuz ve biber gürültüsünü azaltmada yetersiz kalmıştır. Bu sebeple gürültü yoğunluğu belirlenen seviyenin üzerine çıktığında uygulanan Medyan ile Birleştirilmiş Adaptif Bulanık Süzgeç (MBABS) olarak adlandırılan yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Yüksek yoğunluklarda gürültü içeren görüntülerde bütün pencerelerde gürültülü piksellere rastlanacağından doku ve gürültü ayrıştırması yapılamadan görüntü doğrudan belirlenen boyutlarda ABS ile süzgeçlenmiştir. ABS süzgecin yüksek seviyede gürültü içeren görüntülerde elde ettiği çıkış görüntüleri değerlendirildiğinde bu süzgecin görüntünün içerdiği piksel değerlerine bağlı olarak çıkışta tüm pikselleri belirli küme değerlerine eşitlediği görülmüştür. Bu sonuçlar dikkate alınarak tüm gri seviye değerleri belirli aralıklara bölünmüş ve kümeler oluşturulmuştur. ABS süzgeç çıkışı pencere matrisi ile taranmış ve belirlenen pencere boyutu kadar olan kümede aykırı değer olup olmadığı tespit edilmiştir. Aykırı değere rastlanan kümelerde medyan süzgeçleme yapılmıştır.

### **3. BULGULAR VE İRDELEME**

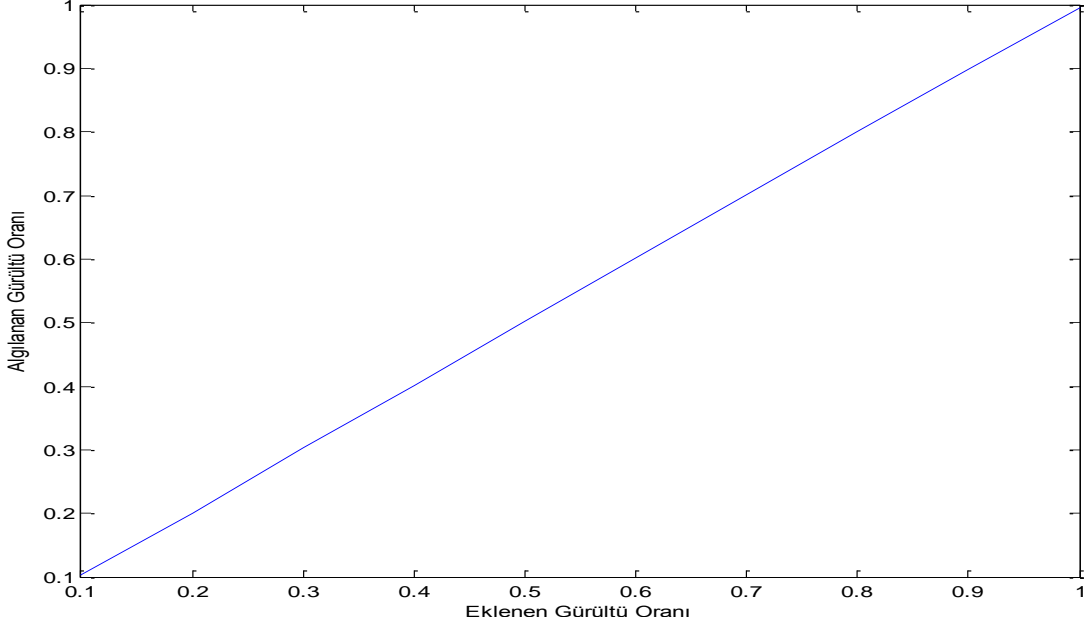
#### **3.1. Giriş**

Sayısal ortamda oluşturulmuş veya daha sonra sayısal ortama aktarılmış çeşitli görüntülere %10'dan %100'e değişen yoğunluklarda tuz ve biber gürültüsü eklenmiştir. Elde edilen görüntüler üzerinde gürültü algılama ve süzgeçleme algoritmalarının performansları test edilmiştir.

Farklı oranlarda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş görüntülere ABS, MDABS ve MBABS yöntemleri ayrı ayrı uygulanmıştır. Çıkış görüntülerine ait görsel ve sayısal sonuçlar elde edilmiştir. Tüm sonuçlar ışığında Standart Medyan Süzgecin (SMS) düşük gürültü seviyelerindeki başarısını da göz önünde bulunduran karma bir yöntem önerilmiştir. Anahtarlamalı Adaptif Bulanık Süzgeç (AABF) olarak adlandırılan bu yöntem ile elde edilen çıkış görüntüleri daha önce yapılmış çalışmaların sonuçları ile birlikte değerlendirilmiş ve yöntemin tüm gürültü oranlarında görüntüye ait bilgileri çok iyi şekilde koruyarak tuz ve biber gürültüsünü azalttığı görülmüştür.

#### **3.2. Gürültü Oranının Algılanması**

Hangi yöntemin kullanılacağına belirlenen gürültü oranı ile karar verileceğinden; süzgeçlemeden başarılı bir sonuç elde etmek için hesaplanan gürültü oranının gerçek gürültü oranına yakın değerlerde olması önemli bir husustur. Gürültü oranı algılamada belirlenen algoritmanın performansını ifade etmek için Baboon, Boats ve Lena görüntüleri ele alınmıştır. Orijinal görüntülere %10'dan %100'e değişen oranlarda tuz ve biber gürültüsü eklenmiştir. Üç görüntü için ayrı ayrı eklenen gürültü oranına karşılık algılanan gürültü oranı hesaplanmış ve ortalama değer elde edilmiştir. Eklenen gürültü oranına karşılık algılanan gürültü oranı grafiği Şekil 24'te gösterilmiştir. Doğrusal artış gösteren grafik sonucu, gürültü oranının başarılı bir şekilde tespit edildiğini göstermiştir.



Şekil 24. Eklene gürültü oranına karşılık algılanan gürültü oranı

### 3.3. SMS ile Süzgeçleme

SMS'in tuz ve biber gürültüsünün düşük seviyelerindeki başarısı değerlendirilerek algılanan gürültü oranı için ilk eşik değeri  $E_{d1}$ , %10 olarak belirlenmiştir. %10 ve %10'dan daha az yoğunlukta gürültüye sahip görüntülere yalnızca SMS uygulanmıştır.

### 3.4. ABS ile Süzgeçleme

Süzgeç matrisinin katsayıları, pencere matrisi içerisindeki piksel değerlerini dikkate alarak bulanık mantık temeline dayalı kurallarla belirlenmiştir ve algılanan gürültü oranına göre de süzgecin boyutlarına karar verilmiştir. Yöntemin başarısını ifade etmek için Tablo 2'de gösterilen 10x10 boyutlarında basit bir test görüntüsü oluşturulmuş, bu görüntü %90 seviyesinde tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuştur. Yüksek seviyelerdeki süzgeçlemede 5x5'lik süzgeç kullanıldığından süzgeç boyutlarını göz önüne alan sıfır ile doldurma işlemi yapılmış ve elde edilen gürültülü görüntüye ait piksel değerleri Tablo 3'de verilmiştir.





$$F = [ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.82 \ 0.00 \ 0.00 \\ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.88 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \\ 0.00 ]$$

Süzgeçlenmiş piksel değeri= 105

$$9) \ W = [ 0 \ 0 \ 255 \ 255 \ 110 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 100 \ 255 \ 255 \ 0 \ 0 \ 255 \ 0 \ 255 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 ]$$

$$F = [ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.78 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \\ 0.83 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \\ 0.00 ]$$

Süzgeçlenmiş piksel değeri= 105

$$10) \ W = [ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 100 \ 255 \ 255 \ 0 \ 0 \ 255 \ 0 \ 255 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 ]$$

$$F = [ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.73 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \\ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \ 0.00 \\ 0.00 ]$$

Süzgeçlenmiş piksel değeri= 100

Süzgeçleme sonucu elde edilen tüm yeni değerler Tablo 4’de gösterilmiştir. Gürültü seviyesi çok yüksek olduğu için görüntüye ait kenar bölgelerinde küçük oranlı bozulmalar söz konusudur. Daha iyi sonuçlar elde edebilmek için yöntem, medyan ile birlikte kullanılmıştır. Medyan ile oluşturulan bu yöntemlere ait sonuçlar daha sonraki bölümlerde ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

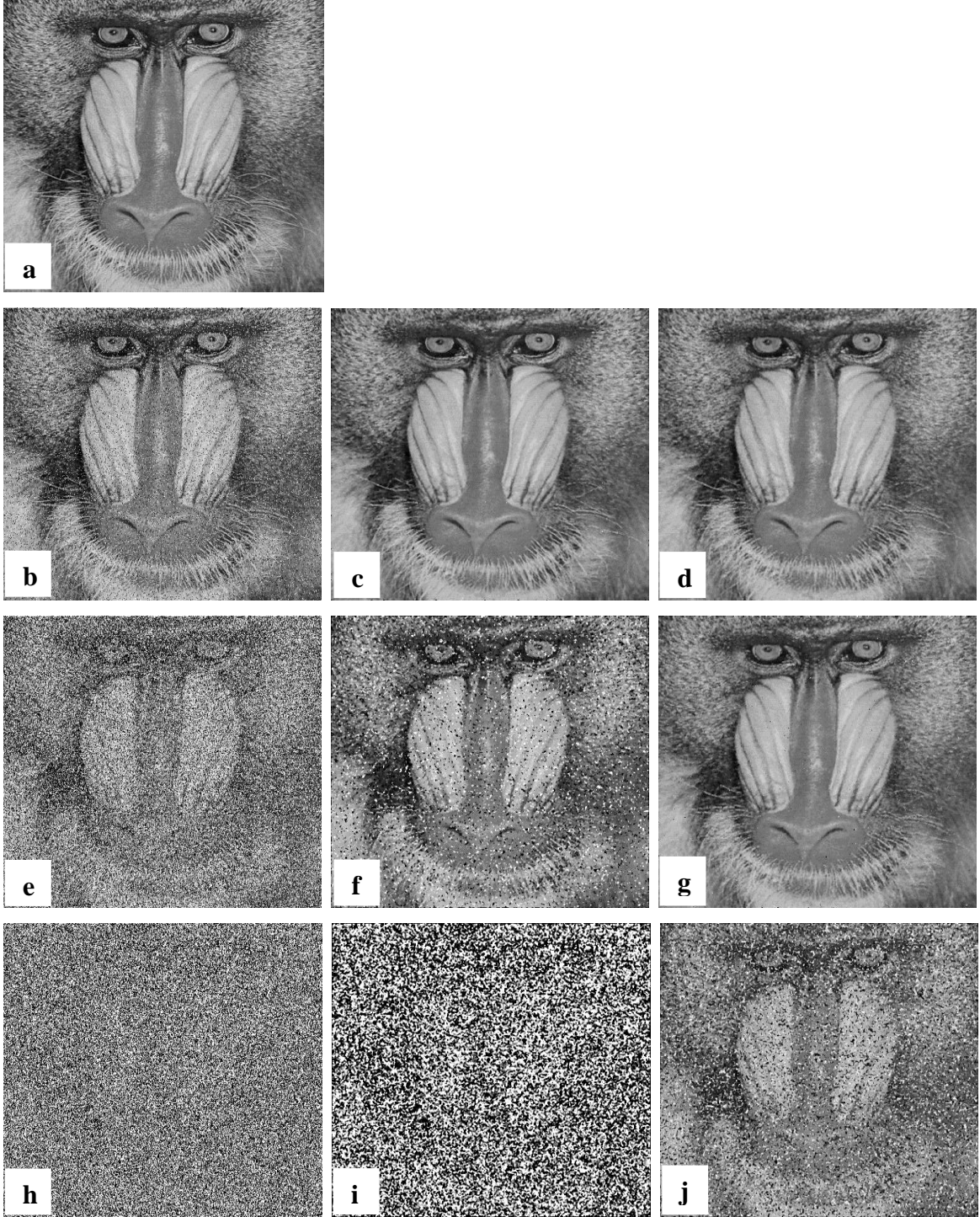
Tablo 4. ABS ile süzgeçlenmiş görüntüye ait piksel değerleri

50	50	50	33	110	110	105	105	105	100
50	50	50	97	110	110	105	105	105	100
50	50	50	177	110	110	105	105	105	100
50	50	50	50	110	110	110	105	105	100
50	50	50	50	110	110	110	105	105	100
53	53	53	50	194	177	138	100	100	100
52	52	52	50	138	110	110	105	105	105
52	52	52	50	97	110	110	105	105	105
53	53	53	117	61	110	110	110	110	110
52	53	53	46	23	110	110	110	110	110

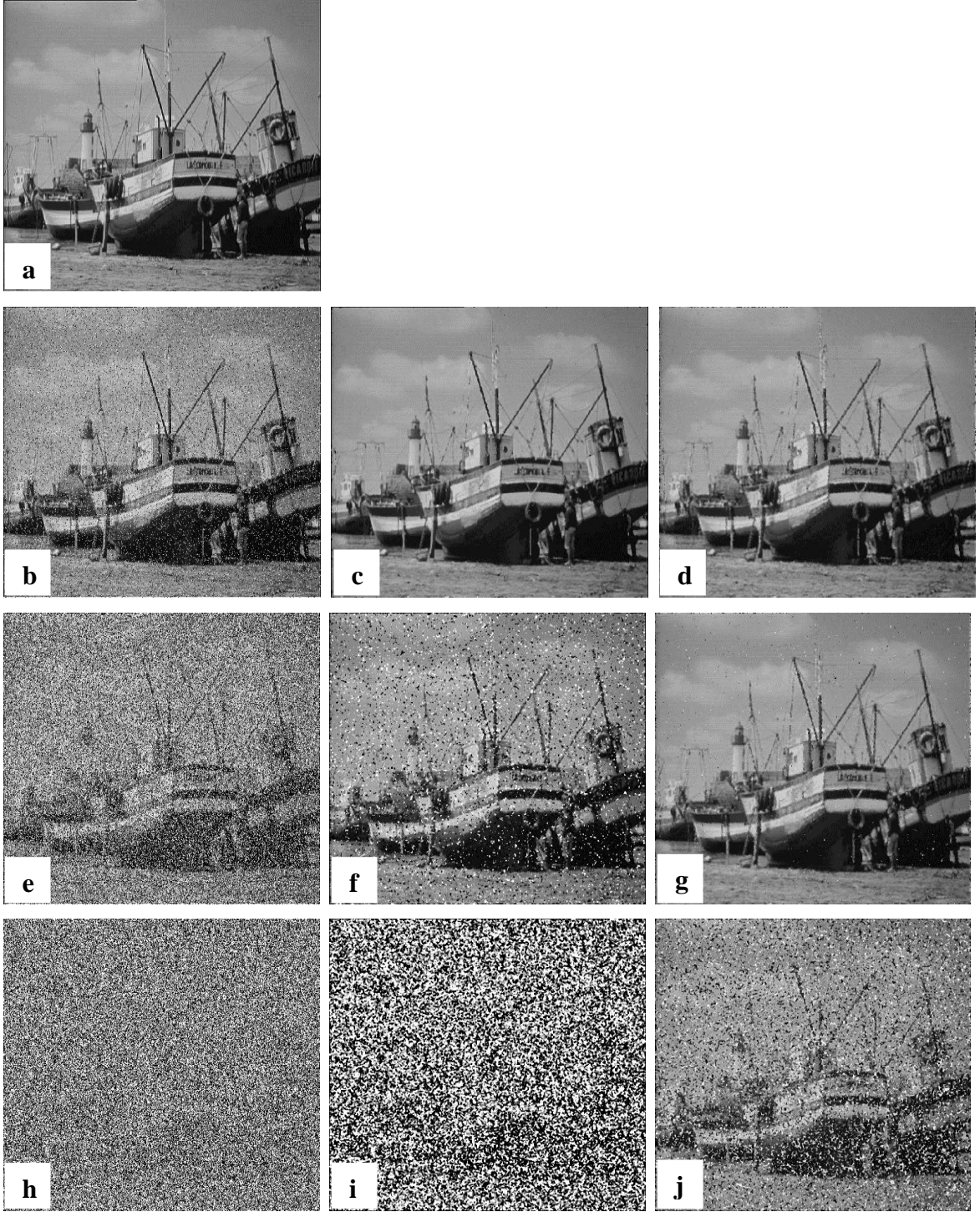
Süzgecin başarısı görsel olarak test edilmiş ve Şekil 25, Şekil 26, Şekil 27’de 512x512 boyutlarındaki sırası ile Baboon, Boats ve Lena görüntüleri üzerinde SMS ve ABS performansları incelenmiştir. Aşağıda verilen üç şekil için; (a)’da orijinal görüntü; ilk



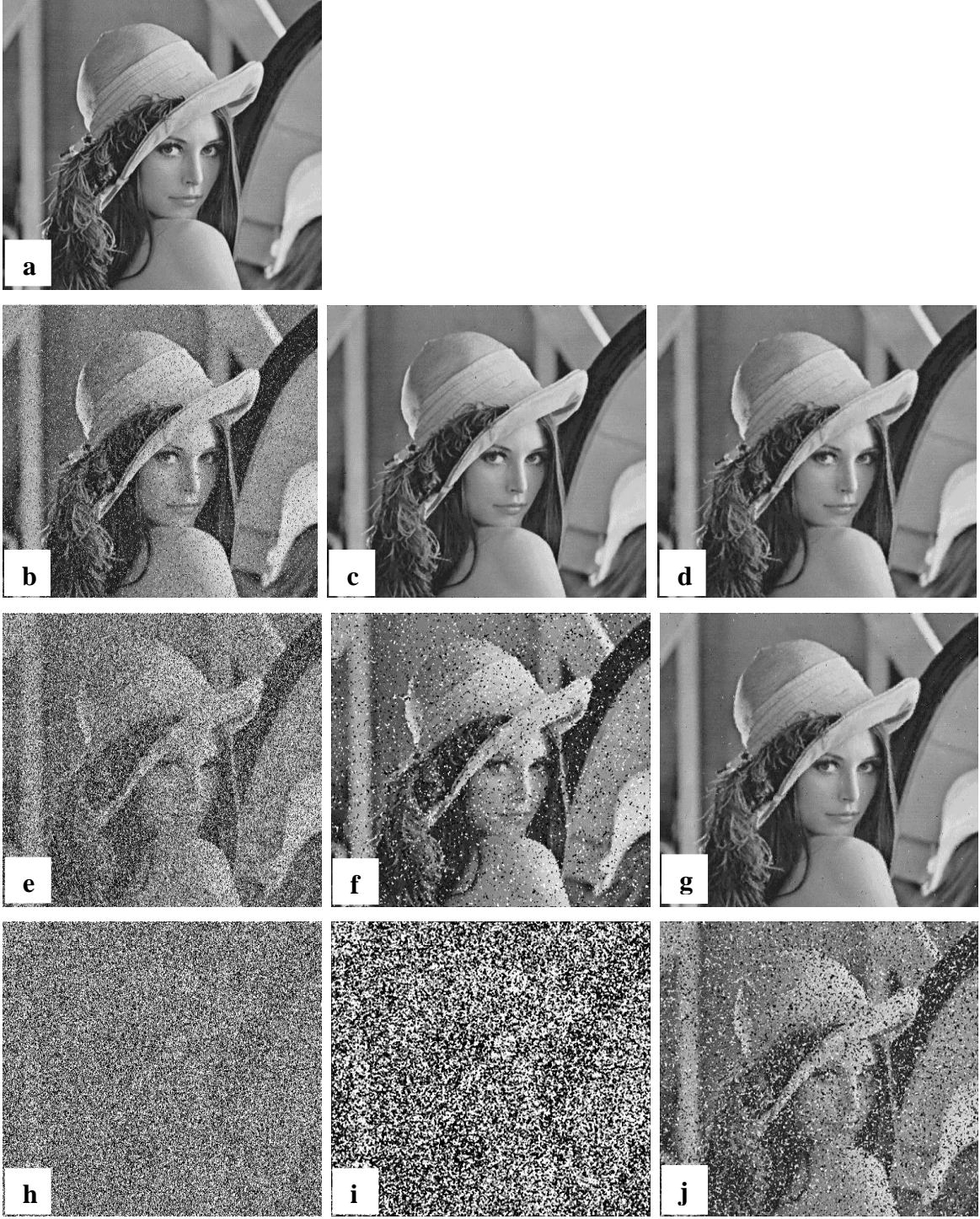
sütündeki (b), (e), (h)'de sırasıyla %10, %50 ve %90 oranında tuz ve biber gürültüsü eklenmiş görüntü gösterilmiştir. İkinci sütündeki (c), (f), (i) 'de sırası ile %10, %50 ve %90 oranında tuz ve biber gürültüsü eklenmiş görüntünün SMS çıkışı ve üçüncü sütündeki (d), (g), (j) 'de sırası ile %10, %50 ve %90 oranında tuz ve biber gürültüsü eklenmiş görüntünün ABS çıkışı gösterilmiştir. Çok fazla detay içeren Baboon görüntüsünde; belirgin kenar bilgilerine sahip Boats görüntüsünde ve önemli detay, kenar, doku bilgilerini birlikte barındıran Lena görüntüsünde gürültü azaltılırken görüntüye ait bilgilerin ABS ile başarılı şekilde korunduğu gözlenmiştir. ABS ile süzgeçleme performansı gürültü seviyelerine göre ayrı ayrı değerlendirilirse: Düşük seviyede gürültü barındıran görüntüler üzerinde SMS'e yakın sonuçlar elde edilmiştir. Orta seviyede gürültülü görüntülerde, görüntüye ait bilgiler korunmuş ve SMS'e göre oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir; ancak küçük oranda gürültülü pikseller kalmıştır. Yüksek seviyede gürültü içeren görüntülerde ise medyana göre iyi sonuçlar elde edilmiştir ancak genel olarak değerlendirildiğinde süzgeçlenmiş görüntüde büyük oranda gürültü dikkat çekmiştir. Bu sonuç çok yüksek seviyede tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş görüntülerde ABS'nin tek başına yetersiz kaldığını göstermiştir.



Şekil 25. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Baboon görüntüsü; %10, %50, %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Baboon görüntüsü; ikinci sütun standart medyan süzgeç çıkışı; üçüncü sütun ABS çıkışı



Şekil 26. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Boats görüntüsü; %10, %50, %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Boats görüntüsü; ikinci sütun standart medyan süzgeç çıkışı; üçüncü sütun ABS çıkışı



Şekil 27. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Lena görüntüsü; %10, %50, %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Lena görüntüsü; ikinci sütun standart medyan süzgeç çıkışı; üçüncü sütun ABS çıkışı

### 3.5. Medyan Destekli Adaptif Bulanık Süzgeç (MDABS)

Bu süzgeç ( $E_{d1}$   $E_{d2}$ ] eşik aralığında gürültü seviyesine sahip görüntülere uygulanmıştır. Deneysel sonuçlar değerlendirilmiş ve  $E_{d1}$ , %10,  $E_{d2}$  %75 olarak belirlenmiştir. MDABS için önce 3x3 boyutlarındaki pencere matrisi ile doku ve gürültüye ait pikseller belirlenmiştir. Gürültülü piksele sahip olan pencereler 3x3 boyutlarındaki ABS ile süzgeçlenmiştir. ABS ile süzgeçleme tuz ve biber gürültüsünü azaltmada etkili bir yöntemdir fakat bu süzgeçten elde edilen çıkış görüntüsüne SMS uygulanarak süzgeçleme performansını artırmanın mümkün olduğu görülmüştür. Bu sebeple ABS ile süzgeçlenmiş görüntüye ikinci kez süzgeçleme işlemi uygulanmış ve görüntü 3x3 boyutlarındaki SMS ile süzgeçlenmiştir. MDABS olarak adlandırılan bu süzgeç, düşük ve orta seviyelerde tuz ve biber gürültüsü içeren farklı görüntüler ile test edilmiş, oldukça etkili sonuçlar elde edilmiştir. Yönteme ait sonuçlar sayısal ve görsel olarak değerlendirilmiştir.

#### 3.5.1. Gürültülü ve Gürültüsüz Bölgelerin Tespit Edilmesi

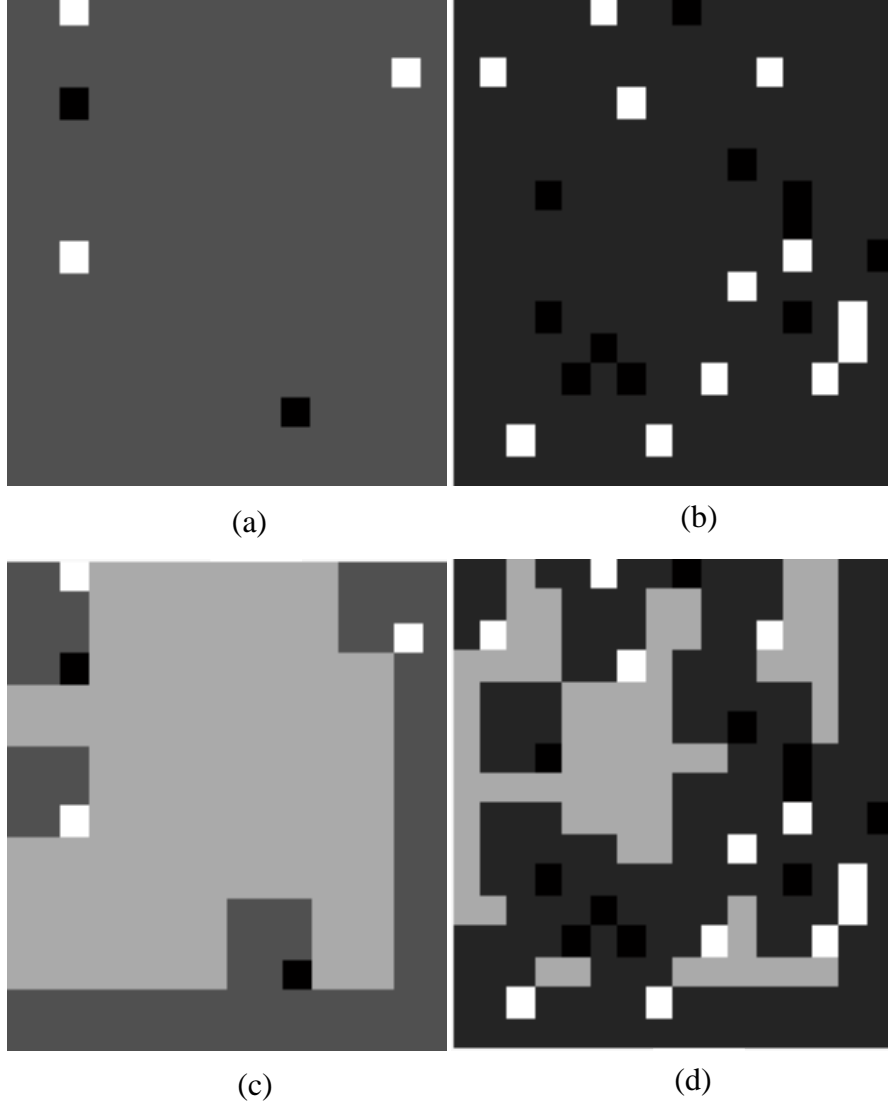
3x3 boyutlarındaki pencere matrisi görüntü üzerinde soldan sağa ve yukarıdan aşağıya taşınarak, pencerenin her hareketinde hesaplanan varyans değeri eşik değeri olarak belirlenen 0.01 değeri ile karşılaştırılmıştır.

Tuz ve biber gürültüsü 0, 255 ve bunlara yakın piksel değerlerinden oluştuğundan, 5 ile 250 aralığı gürültüsüz bölge sınırı olarak kabul edilmiş; bu değerler dışındaki pikseller gürültü pikseli olarak değerlendirilmiştir. 0.01 eşik değerinden küçük varyansa sahip olan bölgelerin görüntü dokusuna ait olma ihtimali değerlendirilmiş ve söz konusu pencerenin merkezinde gürültülü değer olup olmadığı tespit edilmiştir.

Merkez pikseli 5 ile 250 aralığında olan pencereler için köşegen, ters köşegen ve dairesel komşuluk vektörleri tanımlanmıştır. Köşegen vektörleri 5 ile 250 aralığında ve birbirine yakın piksel değerleri içeriyorsa, dairesel komşuluk vektörü de 5 ile 250 arasında ve ard arda gelen yakın değerli pikseller içeriyorsa bu pencerenin merkez pikselinin görüntü dokusuna ait olduğuna aksi durumda merkez pikselin gürültülü değer olduğuna karar verilmiştir.

Algoritma performansı, sayısal ortamda oluşturulan 16x16 boyutlarındaki büyütülmüş basit test görüntüsü ve sayısal ortama aktarılmış 512x512 boyutlarında Lena

görüntüsü ile test edilmiştir. Her iki görüntüye ayrı ayrı %1 ve %10 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü eklenmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.



Şekil 28. Doku ve gürültü ayrımı; (a) %1, (b) %10 tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş basit test görüntüsü; (c) %1, (d) %10 gürültülü basit test görüntüsü için



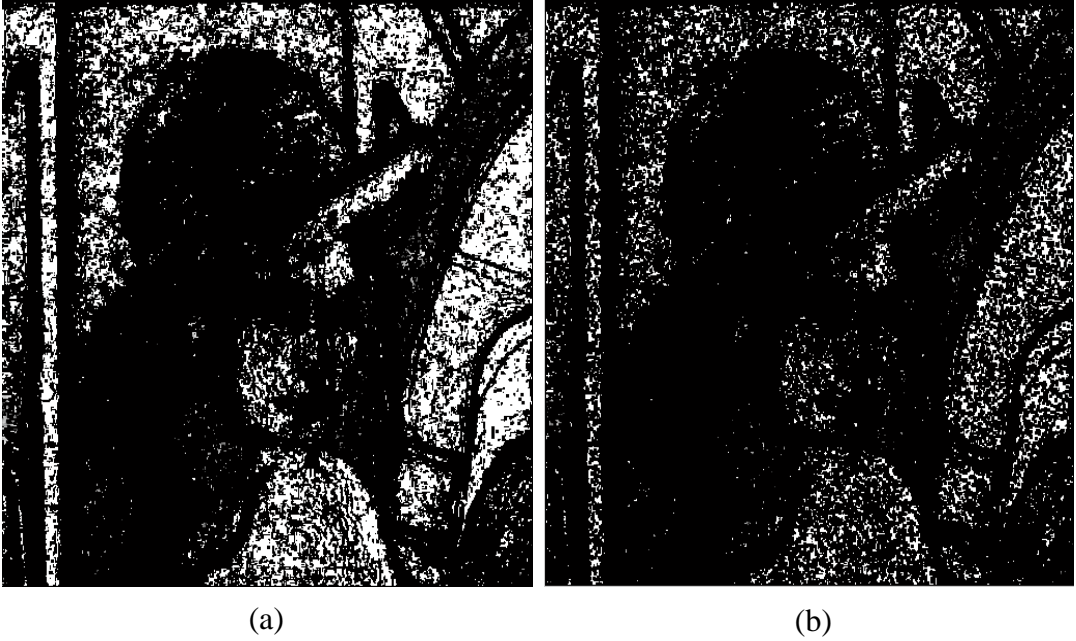
Şekil 29. Doku ve gürültü ayrımı; (a) %1, (b) %10 tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Lena görüntüsü; (c) %1,(d) %10 gürültülü Lena görüntüsü için

Şekil 28 (a) ve Şekil 28 (b)'de sırası ile %1 ve %10 oranında tuz ve biber gürültüsü eklenmiş test görüntüleri gösterilmiştir. Şekil 28 (c) ve Şekil 28 (d)'de gürültü pikseller ve görüntü dokusuna ait pikseller tespit edilmiştir. Şekil 29 (a) ve Şekil 29 (b)'de sırası ile %1 ve %10 oranında tuz ve biber gürültüsü eklenmiş Lena görüntüleri gösterilmiştir. Şekil 29 (c) ve Şekil 29 (d)'de gürültü pikseller ve görüntü dokusuna ait pikseller tespit edilmiştir.

Gerçek görüntülerde bu tespitin doğruluğunu daha açık şekilde ifade edebilmeyi sağlayan; Şekil 29 (a) ile Şekil 29 (c) ve Şekil 29 (b) ile Şekil 29 (d) görüntülerinden fark görüntüleri oluşturulmuştur. Fark görüntülerinin belirgin bir biçimde gösterilebilmesi için bu görüntüler Eşitlik (42)'deki logaritmik denklem ile yeniden elde edilmiştir, böylece dokuya ait bölgeler yüksek değerli pikseller olarak ortaya çıkmıştır. %1 ve %10 gürültü oranına sahip Lena görüntüsü için elde edilen fark görüntüleri sırası ile Şekil 30 (a) ve Şekil 30 (b)'de gösterilmiştir.

$$D_{\text{yeni}} = \frac{D_{\text{max}}}{\log(D_{\text{max}})} \log(1+D) \quad (42)$$

burada  $D$ , fark görüntüsü,  $D_{\text{max}}$ , fark görüntüsüne ait en büyük piksel değeri ve  $D_{\text{yeni}}$  elde edilen yeni fark görüntüsüdür.



Şekil 30. Fark görüntüsü; (a) %1, (b) %10 tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Lena görüntüsü için



### 3.5.2. İşaret Gürültü Oranı (İGO)

İGO değeri, görüntü kalitesi ile ters orantılı olduğundan gürültü oranı artarsa İGO azalır. Bu durumda süzgeçleme sonucunda bu değerdeki değişim süzgeçleme etkisini sayısal olarak ifade edebilmeyi sağlar.

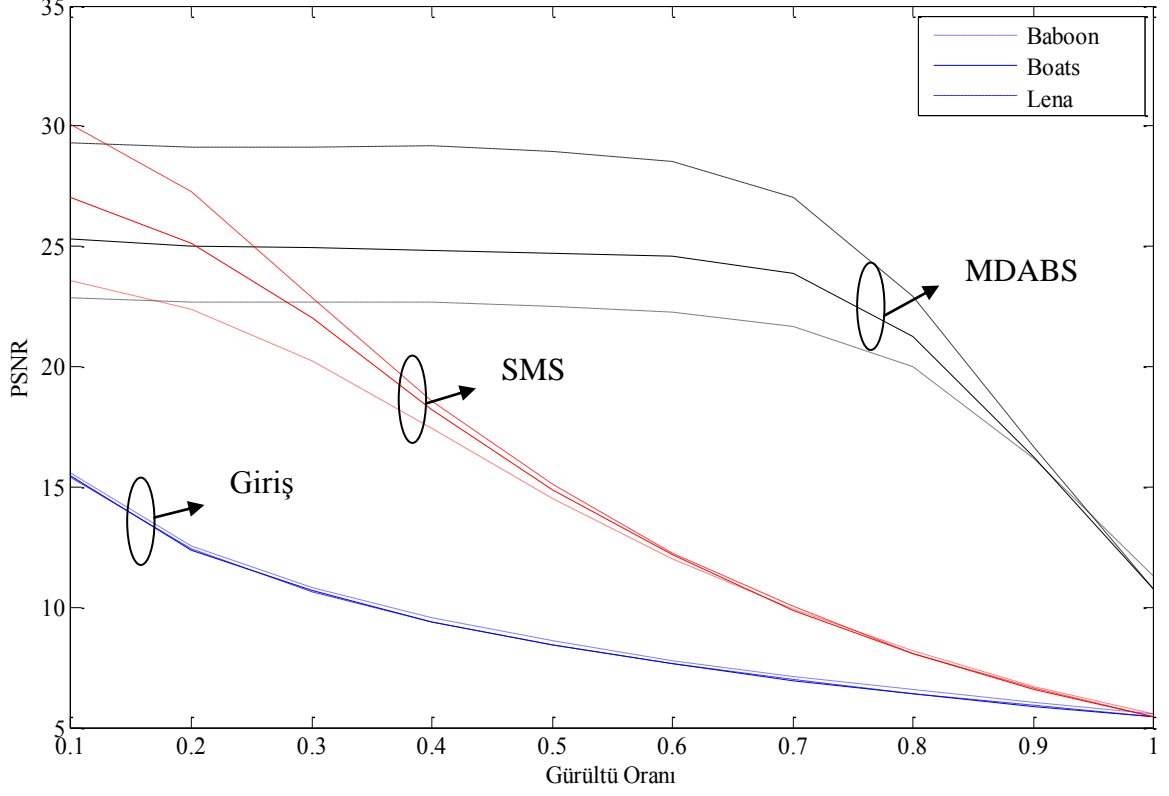
İlk olarak gürültülü görüntülere ait İGO değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra SMS ve MDABS ile süzgeçlenmiş görüntülerin İGO değerleri hesaplanmıştır. Süzgeçleme sonucunda elde edilen değerler karşılaştırılarak MDABS yönteminin tuz ve biber gürültüsünü azaltmadaki performansı değerlendirilmiştir. Giriş görüntüsüne ve süzgeç çıkışlarına ait İGO değerleri Tablo 2’de gösterilmiştir ve sonuçlardaki farkı daha iyi ifade eden Şekil 31’deki İGO grafiği oluşturulmuştur.

Tablo 5. Baboon, Boats ve Lena görüntüleri için farklı gürültü oranlarında; gürültülü görüntü, SMS ve MDABS çıkışına ait İGO değerleri

	Gürültü oranı	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
	Giriş :	15.5	12.5	10.8	9.5	8.5	7.8	7.1	6.5	6.0	5.5
Baboon	Medyan :	23.5	22.4	20.2	17.4	14.5	12.0	9.9	8.1	6.7	5.5
	MDABS :	22.8	22.7	22.6	22.6	22.5	22.2	21.6	20.0	16.1	11.2
	Giriş :	15.4	12.3	10.6	9.3	8.4	7.6	6.9	6.3	5.8	5.4
Boats	Medyan :	27.0	25.1	22.0	18.2	14.8	12.2	9.8	8.0	6.5	5.4
	MDABS :	25.3	25.0	24.9	24.8	24.7	24.5	23.8	21.2	16.2	10.7
	Giriş :	15.4	12.4	10.6	9.3	8.4	7.6	6.9	6.3	5.8	5.4
Lena	Medyan :	30.0	27.2	22.8	18.5	15.1	12.2	10.0	8.0	6.6	5.4
	MDABS :	29.2	29.1	29.1	29.1	28.9	28.5	27.0	22.9	16.6	10.7

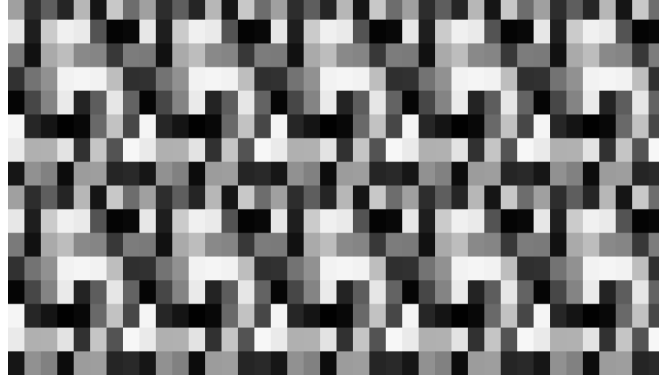
Tablo 2’deki değerlerden elde edilen Şekil 31’deki grafik SMS’in belirli bir gürültü yoğunluğuna kadar gürültüyü azaltmada başarılı sonuçlar elde ettiğini; yoğunluk arttıkça bu başarımın hızla azaldığını açıkça ifade etmiştir. MDABS’in ise düşük gürültü yoğunluklarında SMS’e yakın sonuçlara ulaşabildiğini, gürültü oranı yükseldiğinde de

SMS'e göre oldukça başarılı sonuçlar elde ettiğini; ancak çok yüksek gürültü seviyelerinde bu yöntemin de başarısının azaldığını göstermiştir.



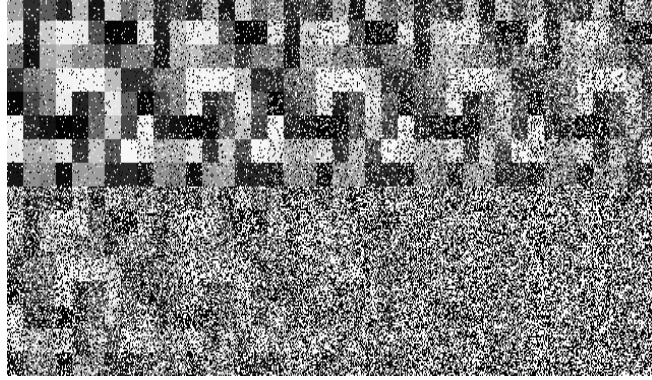
Şekil 31. Farklı oranlarda tuz ve biber gürültüsü eklenmiş Baboon, Boat ve Lena görüntüleri için; giriş görüntülerinden, standart medyan çıkışlarından ve MDABS çıkışlarından elde edilen işaret gürültü oranı değerleri

Gürültülü ve süzgeçlenmiş görüntülere ait İGO değerleri ile MDABS'in gürültüyü azaltmadaki performansı sayısal sonuçlarla değerlendirilmiştir. Buradan elde edilen sayısal sonuçları desteklemek ve gürültü azaltılırken görüntüye ait bilgilerin de korunduğunu görsel olarak ifade etmek için genişletilmiş test görüntüsü oluşturulmuştur. Genişletilmiş test görüntüsünü Şekil 32'de görüldüğü gibi 16x16 boyutlarında rastgele gri seviyeli bloklardan oluşan 128x128 boyutlarındaki 10 adet görüntü parçası birleştirilerek elde edilmiştir.



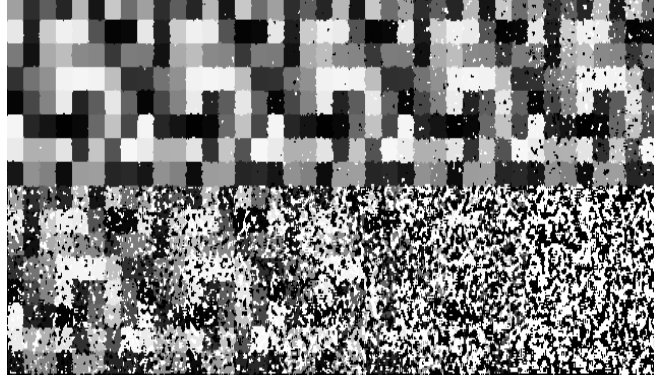
Şekil 32. Genişletilmiş test görüntüsü

Genişletilmiş test görüntüsünde her bir 128x128 boyutlarındaki görüntü parçası%10'dan %100kadar farklı oranlarda tuz ve biber gürültüsü ile bozularak Şekil 33'de görülen universal test görüntü elde edilmiştir. Belirli alanlarda farklı gürültüler içeren bu görüntü sayesinde MDABS'in farklı gürültü seviyelerindeki etkisi daha belirgin şekilde ifade edilmiştir.

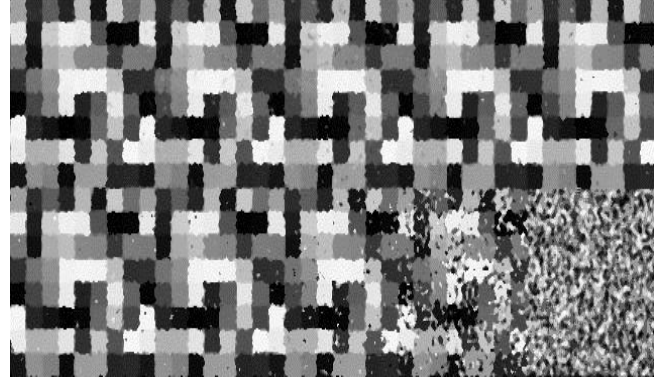


Şekil 33. Universal test görüntüsü

Universal test görüntüsünün; Şekil 34'te SMS çıkışı ve Şekil 35'de MDABS çıkışı gösterilmiştir. Şekil 34'de görüldüğü gibi SMS düşük gürültü seviyelerinde tuz ve biber gürültüsünü başarılı bir şekilde yok etmiştir; ancak gürültü oranı arttıkça tamamen etkisiz hale gelmiştir. MDABS ise neredeyse tüm görüntü üzerinde yaklaşık sonuçlar elde etmiştir fakat çok yüksek seviyede gürültü içeren bölgelerde yetersiz kalmıştır.



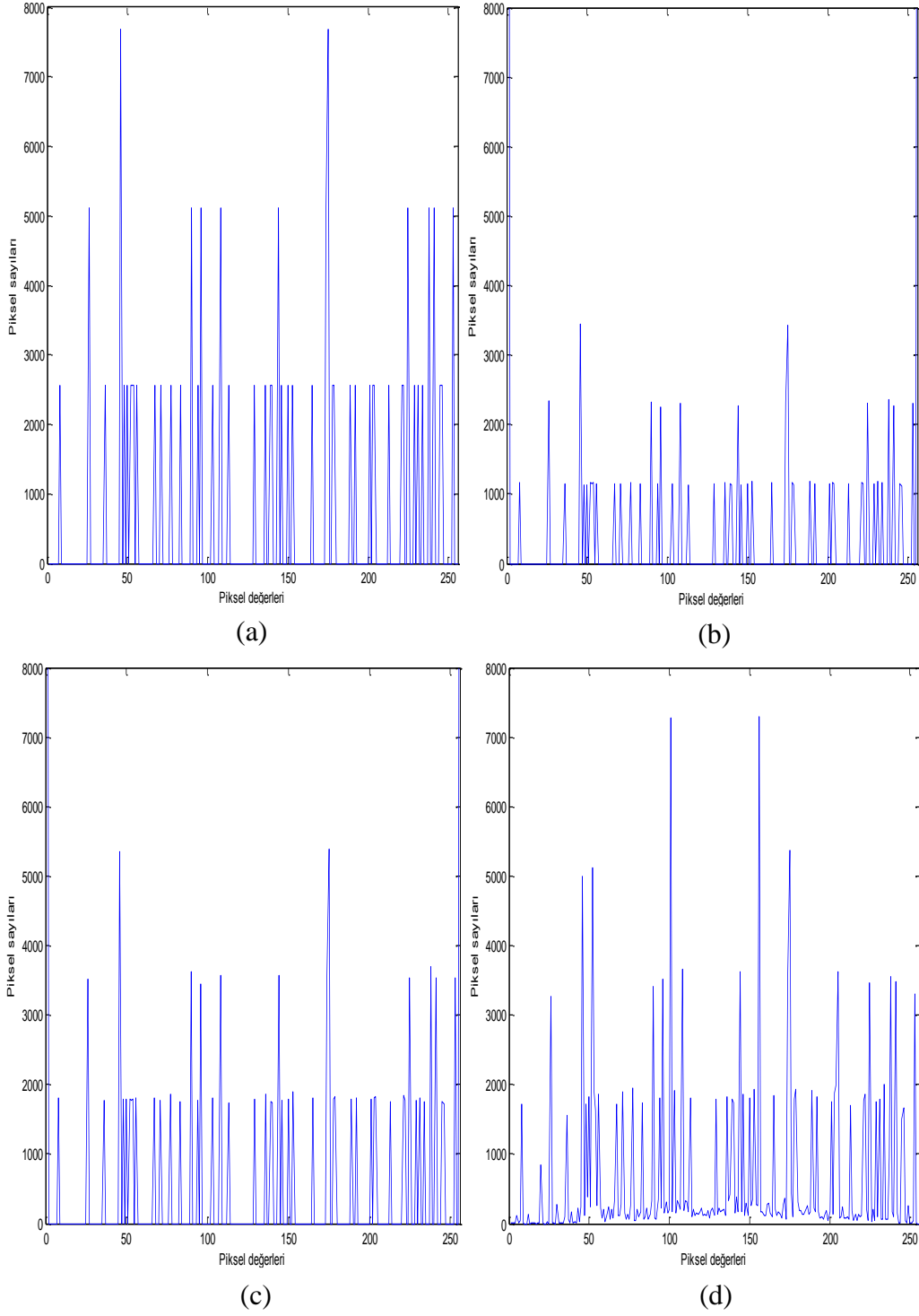
Şekil 34.SMS çıkışı



Şekil 35. MDABS çıkışı

### 3.5.3. Görüntünün Histogramı

Genişletilmiş test görüntüsü ve universal test görüntüsü için renk değerlerinin sayısı hesaplanarak elde edilen histogram grafikleri sırası ile Şekil 36 (a) ve Şekil 36 (b)'de gösterilmiştir. Tuz ve biber gürültüsünü ifade eden 0,255 ve bu değerlere yakın piksellerin sayısındaki artış gürültülü görüntüye ait histogram grafiğinde belirgin şekilde görülmüştür. Süzgeçleme performansını test etmek için; Şekil 36 (c)'de SMS uygulanmış görüntüye ve Şekil 36 (d)'de MDABS uygulanmış görüntüye ait histogram grafikleri gösterilmiştir. SMS çıkışına ait histogram grafiğinde tuz ve biber gürültülerini ifade eden değerlerin çok sayıda olduğu gözlenmiştir. MDABS ile süzgeçleme sonucunda ise tuz ve biber gürültüsünü ifade eden piksel değerlerinin sayısında büyük miktarda azalma gözlenmiştir.

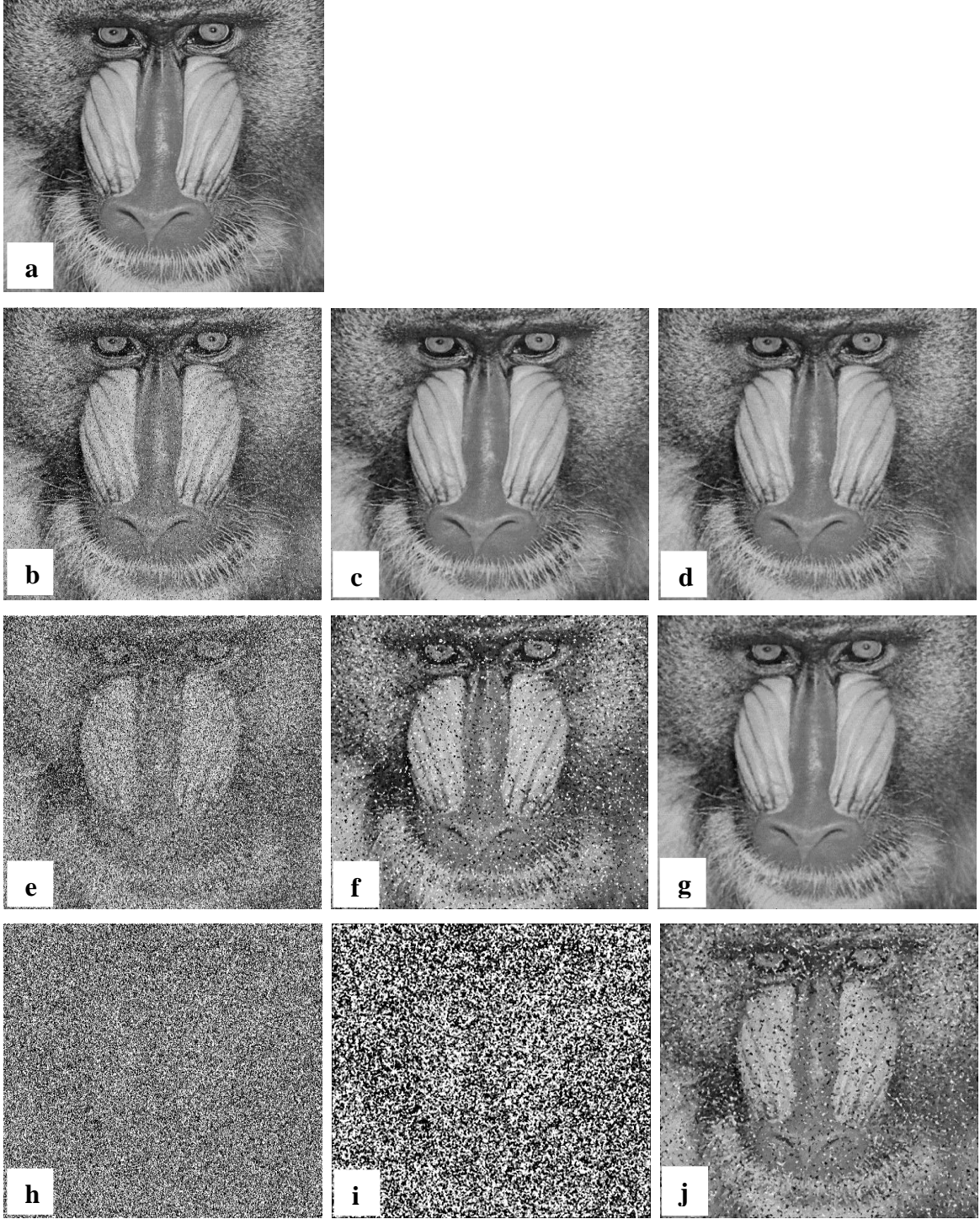


Şekil 36. Histogram grafiği; (a) genişletilmiş test görüntüsüne, (b) universal test görüntüsüne; (c) SMS çıkışına ve (d) ABS çıkışına ait

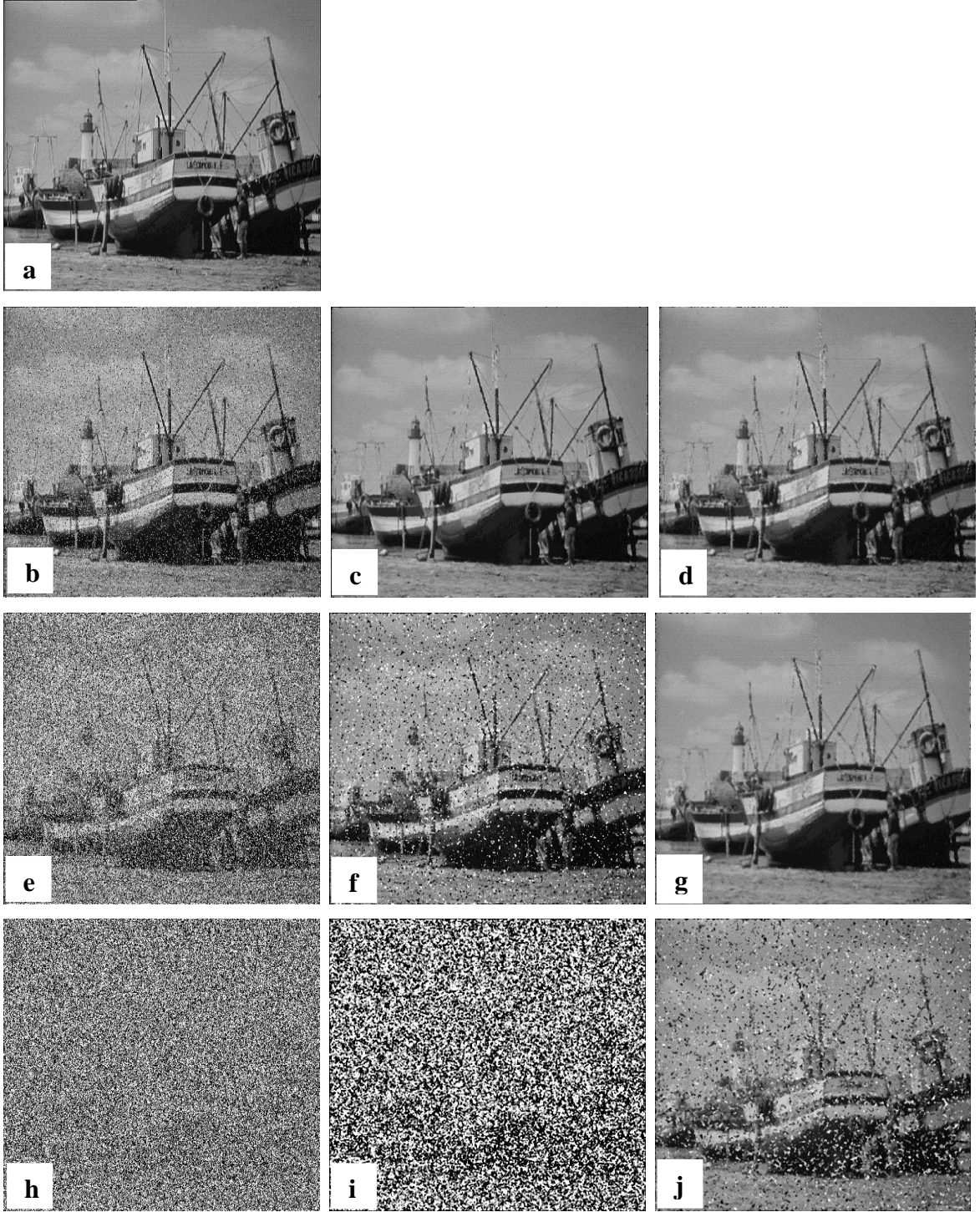
### 3.5.4. Görsel Sonuçlar

Burada MDABS metodunun gri seviyeli sayısal görüntülerdeki tuz ve biber gürültüsünü azaltma başarısı gerçek görüntüler üzerinde değerlendirilmiştir. Yöntemin performansını test etmek için 512x512 boyutlarında Baboon, Boats ve Lena görüntüleri kullanılmıştır.

Gürültü algılama algoritması ile dokuya ve gürültüye ait piksellerin belirlenmesinin ardından görüntüler ABS ile süzgeçlenmiş ve süzgeçleme başarısını artırmak için ABS ile elde edilen çıkış görüntülerine SMS uygulanmıştır. Bu yöntemle ait çıkış görüntüleri SMS'e ait çıkış görüntüleri ile karşılaştırılmış ve yöntemin başarısı değerlendirilmiştir. Şekil 37, Şekil 38 ve Şekil 39 için; (a)'da orijinal görüntü; ilk sütundaki (b), (e), (h)'de sırasıyla %10, %50 ve %90 oranında tuz ve biber gürültüsü eklenmiş görüntü gösterilmiştir. İkinci sütundaki (c), (f), (i) 'de sırası ile %10, %50 ve %90 oranında tuz ve biber gürültüsü eklenmiş görüntünün SMS çıkışı ve üçüncü sütundaki (d), (g), (j) 'de sırası ile %10, %50 ve %90 oranında tuz ve biber gürültüsü eklenmiş görüntünün MDABS ile elde edilen çıkış görüntüleri gösterilmiştir. Sonuç görüntüleri değerlendirildiğinde; SMS'in artan gürültü oranıyla birlikte etkisinin azaldığı ve görüntüye ait bilgileri yok ettiği görülmüştür. MDABS, ABS gibi düşük gürültü seviyelerinde başarılı sonuçlar elde etmiştir. Orta seviyedeki gürültü oranlarında ABS'nin eksikliğini tamamlayıp küçük oranda kalan gürültüleri de yok etmeyi başarmıştır. Görüntüler, çok yüksek gürültü seviyelerinde de MDABS'in görüntüye ait bilgileri mümkün olduğunca koruyarak gürültüyü azalttığını; ancak gürültüyü tamamen yok edemediğini göstermiştir.

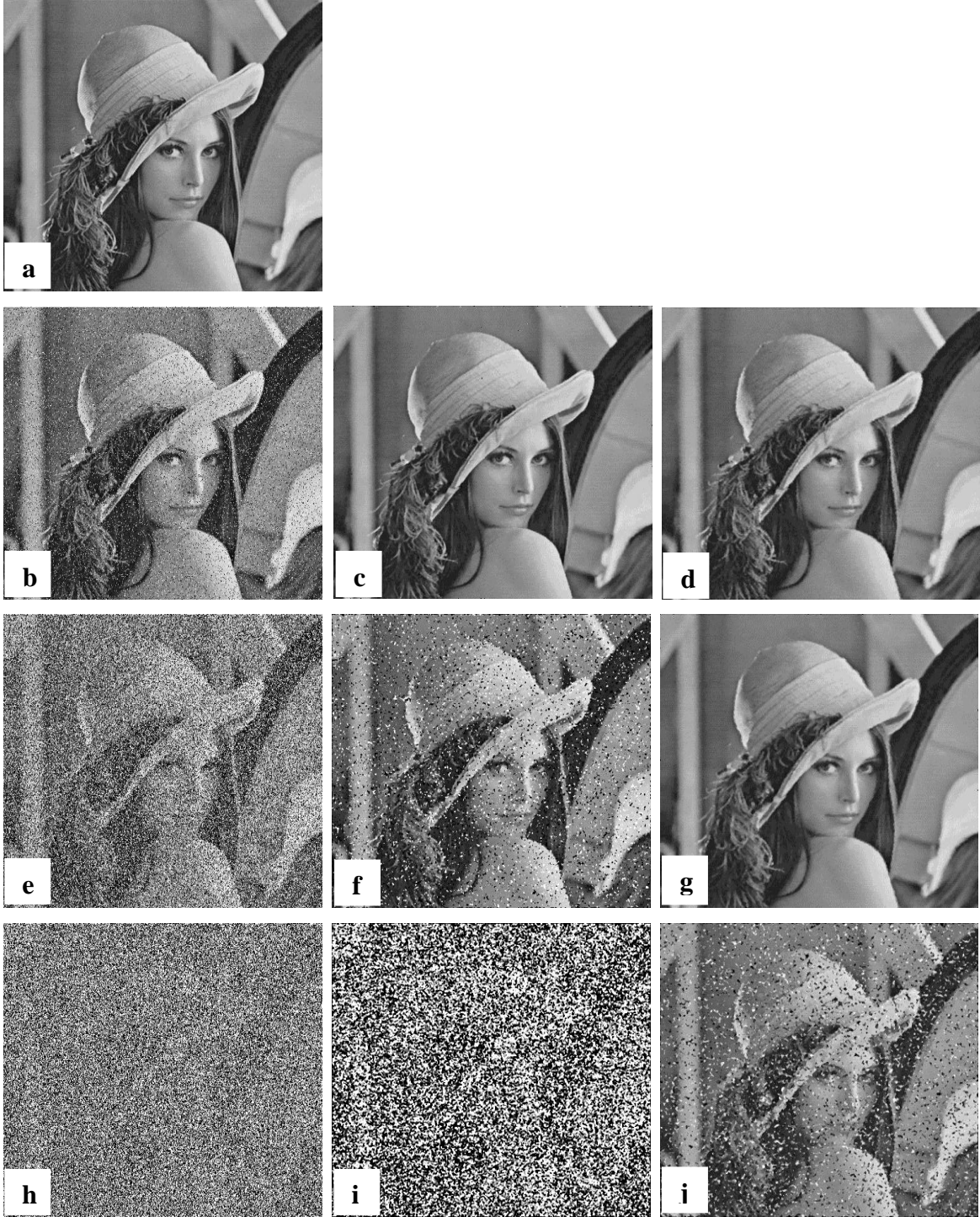


Şekil 37. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Baboon görüntüsü; %10, %50, %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Baboon görüntüsü; ikinci sütun SMS çıkışı; üçüncü sütun MDABS çıkışı



Şekil 38. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Boats görüntüsü; %10, %50, %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Boats görüntüsü; ikinci sütun SMS çıkışı; üçüncü sütun MDABS çıkışı





Şekil 39. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Lena görüntüsü; %10, %50, %90yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Lena görüntüsü; ikinci sütun SMS çıkışı; üçüncü sütun MDABS çıkışı

### 3.6. Medyan ile Birleştirilmiş Adaptif Bulanık Süzgeç (MBABS)

Tüm gürültü oranlarında belirli seviyede bir başarıya ulaşabilen MBABS'in yüksek oranda gürültü ile bozulmuş görüntüler üzerindeki performansından yararlanılmış ve %75 olarak belirlenen  $E_{d2}$  eşik seviyesi üzerinde gürültü barındıran görüntülerde bu süzgeç kullanılmıştır. MBABS ile süzgeçleme için görüntüye önce ABS süzgeç uygulanmıştır. Bu yöntemde ABS süzgecinin boyutlarına algılanan gürültü oranına göre karar verilmiştir.  $E_{d3}$  değeri %85 olarak belirlenmiş ve bu eşik değerinin altında gürültü oranına sahip görüntülerde 3x3 boyutlarındaki ABS kullanılarak, diğer durumlarda ise 5x5 boyutlarındaki ABS kullanılarak süzgeçleme yapılmıştır. Elde edilen çıkış görüntüsü pencere matrisi ile taranmış ve aykırı değer bulunduran pencere kümesinin medyan değeri bu pencerenin merkez piksel değeri olarak atanmıştır. Süzgeç performansı tüm gürültü seviyelerinde farklı görüntüler üzerinde test edilmiş, performans sayısal ve görsel olarak ifade edilmiştir. Bu ifadelere göre tüm gürültü oranlarında yaklaşık sayısal ve görsel sonuçlar ortaya çıktığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, düşük ve orta seviye yoğunluktaki gürültüler için MDABS sonuçları ile karşılaştırıldığında daha düşük kalmıştır; fakat çok yüksek yoğunluktaki gürültüler için de aynı değerlerde başarı yakalamış olması süzgecin farkını ortaya koymuştur.

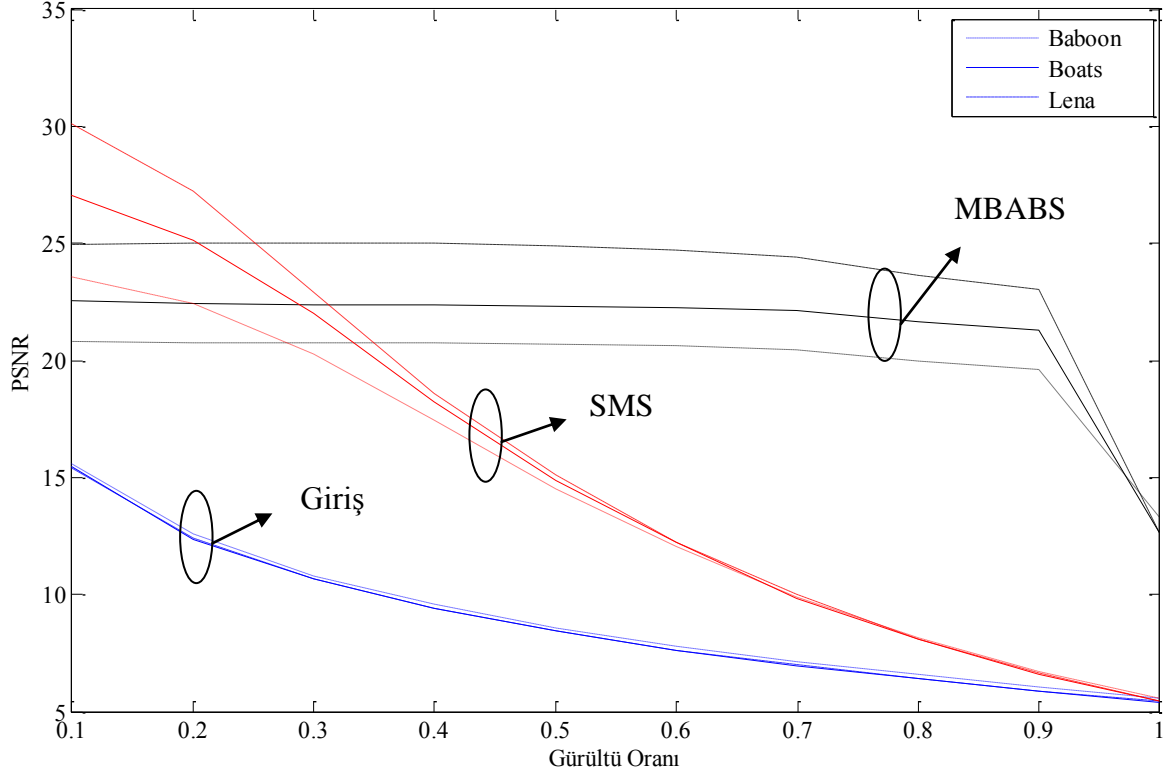
#### 3.6.1. İşaret Gürültü Oranı

MBABS ile süzgeçlemenin etkisini sayısal olarak ifade etmek için gürültülü görüntü, SMS çıkışı ve MBABS çıkışı için İGO değerleri hesaplanmıştır. Süzgeçleme sonucunda elde edilen değerler karşılaştırılarak MBABS yönteminin tuz ve biber gürültüsünü azaltmadaki performansı değerlendirilmiştir. Giriş görüntüsüne ve süzgeç çıkışlarına ait İGO değerleri Tablo 3'de gösterilmiştir ve sonuçlardaki farkı daha iyi ifade eden Şekil 40'daki İGO grafiği oluşturulmuştur.

Tablo 6. Baboon, Boats ve Lena görüntüleri için farklı gürültü oranlarında; gürültülü görüntü, SMS çıkışı ve MBABS çıkışına ait İGO değerleri

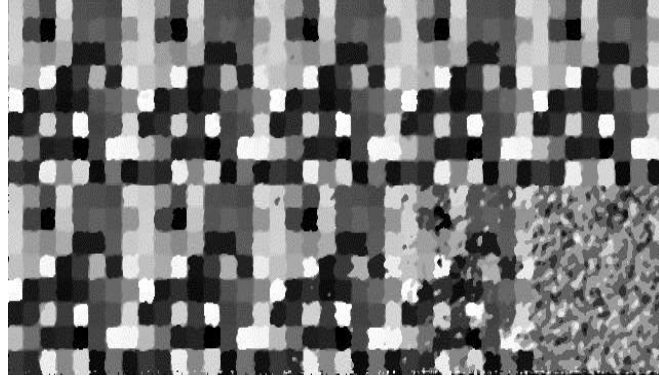
	Gürültü oranı	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
	Giriş :	15.5	12.5	10.8	9.5	8.5	7.8	7.1	6.5	6.0	5.5
Baboon	Medyan :	23.5	22.4	20.2	17.4	14.5	12.0	9.9	8.1	6.7	5.5
	MBABS :	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.6	20.4	19.9	19.6	13.3
	Giriş :	15.4	12.3	10.6	9.3	8.4	7.6	6.9	6.3	5.8	5.4
Boats	Medyan :	27.0	25.1	22.0	18.2	14.8	12.2	9.8	8.0	6.5	5.4
	MBABS :	22.5	22.4	22.3	22.3	22.3	22.2	22.1	21.6	21.2	12.6
	Giriş :	15.4	12.4	10.6	9.3	8.4	7.6	6.9	6.3	5.8	5.4
Lena	Medyan :	30.0	27.2	22.8	18.5	15.1	12.2	10.0	8.0	6.6	5.4
	MBABS :	24.9	24.9	24.9	25.0	24.9	24.7	24.4	23.6	23.0	12.6

Tablo 3'e ve Şekil 40'daki grafiğe bakıldığında MBABS'in tüm gürültü oranlarında birbirine yakın değerler elde ettiği görülmüştür. Bu değerler orta seviye gürültü oranlarında SMS sonuçlarına göre daha iyi iken Tablo 2'de gösterilen MDABS sonuçlarına göre daha kötüdür. Fakat çok yüksek yoğunluklu gürültüler için MBABS iki süzgeçten de daha başarılı sonuçlar elde etmiştir.

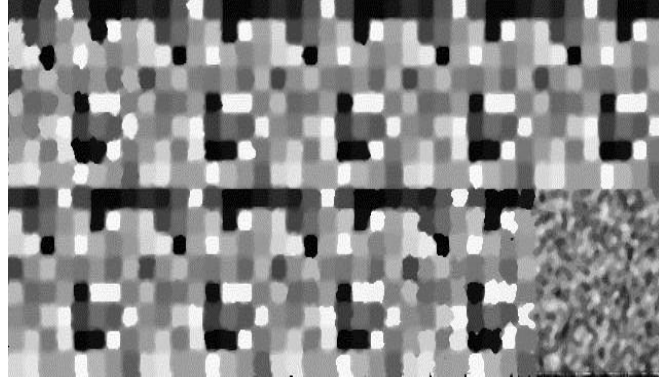


Şekil 40. Farklı oranlarda tuz ve biber gürültüsü eklenmiş Baboon, Boat ve Lena görüntüleri için; giriş görüntülerinden, standart medyan çıkışlarından ve MBABS çıkışlarından elde edilen işaret gürültü oranı değerleri

MBABS'e ait İGO değerleri ile süzgeç performansı sayısal olarak değerlendirilmiştir. Tüm gürültü oranlarında bu süzgecin elde ettiği birbirine yakın sonuçları görsel olarak ifade etmek için de universal test görüntüsünden yararlanılmıştır. ABS boyutları gürültü oranına göre değişken olduğundan Şekil 41'de ABS boyutları 3x3 olarak belirlenerek MBABS ile süzgeçleme yapılmıştır. Görüntüde 0.80 oranında gürültüye sahip bölgeden itibaren MDABS çıkışına göre daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Şekil 42'de ise ABS boyutları 5x5 olarak belirlenmiştir. Bu süzgeçleme işleminde görüntüde bulanıklaşma meydana gelmiş olsa da Şekil41 'e göre 0.90 oranında gürültüye sahip bölgedeki iyileşme dikkat çekmiştir.



Şekil 41. 3x3 boyutlarında ABS kullanılarak elde edilen MBABS çıkışı



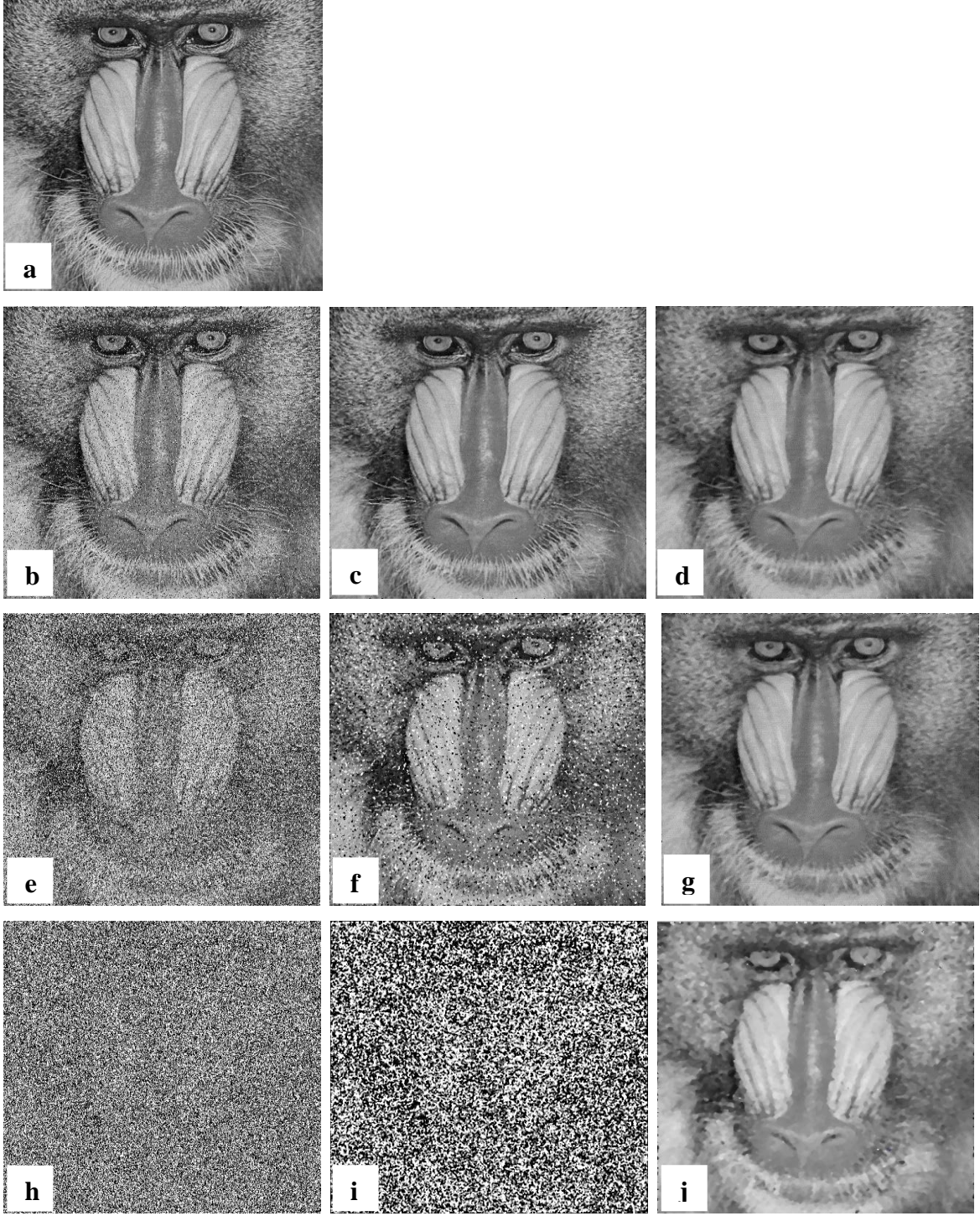
Şekil 42. 5x5 boyutlarında ABS kullanılarak elde edilen MBABS çıkışı

### 3.6.2. Görsel Sonuçlar

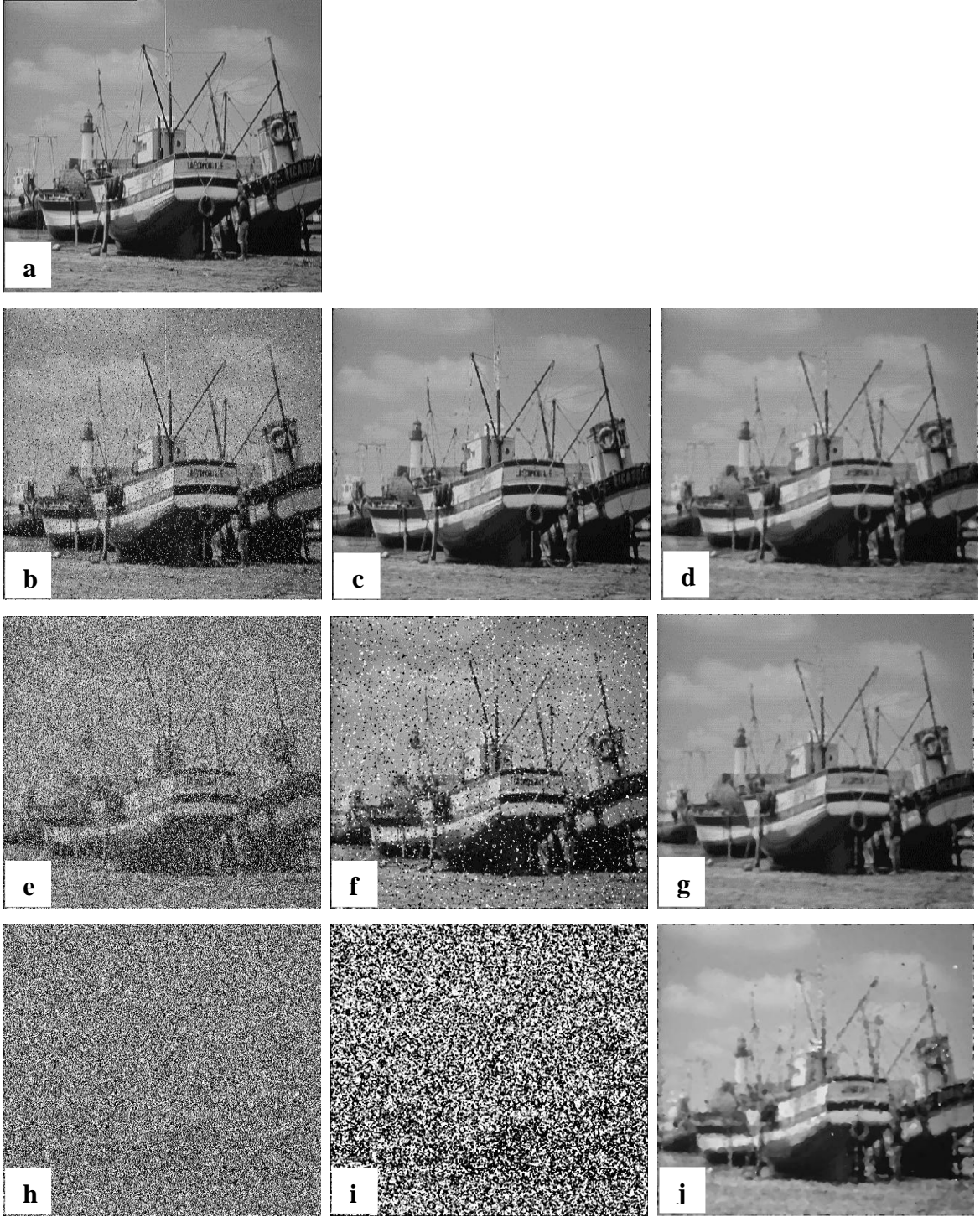
Burada MBABS metodunun gri seviyeli sayısal görüntülerdeki tuz ve biber gürültüsünü azaltma başarısı gerçek görüntüler üzerinde değerlendirilmiştir. Yöntemin performansını test etmek için 512x512 boyutlarında Baboon, Boats ve Lena görüntüleri kullanılmıştır.

Bu yöntem ile elde edilen çıkış görüntüleri SMS'e ait çıkış görüntüleri ile karşılaştırılmış ve yöntemin başarısı değerlendirilmiştir. Şekil 43, Şekil 44 ve Şekil 45 için; (a)'da orijinal görüntü; ilk sütundaki (b), (e), (h)'de sırasıyla %10, %50 ve %90 oranında tuz ve biber gürültüsü eklenmiş görüntü gösterilmiştir. İkinci sütundaki (c), (f), (i) 'de sırası ile %10, %50 ve %90 oranında tuz ve biber gürültüsü eklenmiş görüntünün SMS çıkışı ve üçüncü sütundaki (d), (g), (j) 'de sırası ile %10, %50 ve %90 oranında tuz ve biber gürültüsü eklenmiş görüntünün MBABS çıkışı gösterilmiştir. Sonuç görüntüleri

değerlendirildiğinde; SMS'in artan gürültü oranıyla birlikte etkisi azalmış ve görüntüye ait bilgileri yok etmiştir. MBABS ise tüm gürültü seviyelerinde birbirine benzeyen sonuçlar elde etmiştir. Gürültü seviyesi arttıkça SMS'in başarısı azalırken MBABS'e ait sonuçlar sabit kalmıştır. Yöntemin yüksek seviyedeki gürültü oranlarında da sabit kalan bu başarısı değerlendirilmiş ve gürültü oranı  $E_{d2}$  seviyesinden yüksek olan görüntülerde bu yöneme geçiş sağlanmıştır. Böylece çok yüksek oranda tuz ve biber gürültüsüne sahip görüntülerde de gürültü azaltılırken kenar, detay ve dokuya ait özelliklerin korunması sağlanmıştır.

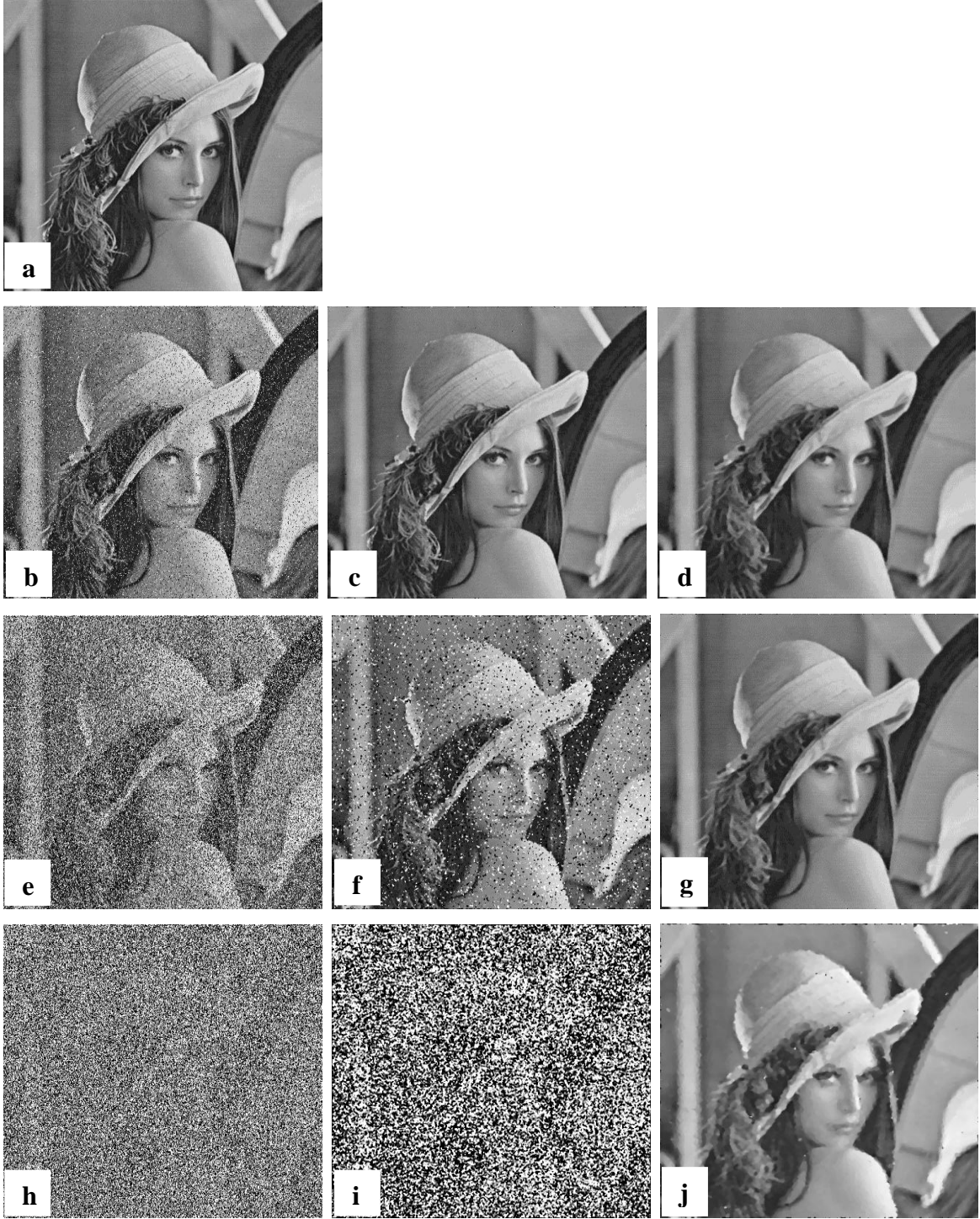


Şekil 43. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Baboon görüntüsü; %10, %50, %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Baboon görüntüsü; ikinci sütun SMS çıkışı; üçüncü sütun MBABS çıkışı



Şekil 44. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Boats görüntüsü; %10, %50, %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Boats görüntüsü; ikinci sütun SMS çıkışı; üçüncü sütun MBABS çıkışı





Şekil 45. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Lena görüntüsü; %10, %50, %90yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Lena görüntüsü; ikinci sütun SMS çıkışı; üçüncü sütun MDABS çıkışı

### 3.7. Önerilen Yöntem

Bu çalışmada iki adımda gerçekleştirilen karma bir yöntem önerilmiştir. İlk adımda görüntüdeki tuz ve biber gürültüsünün oranı algılanmış; ikinci adımda ise algılanan bu orana göre aktif olacak süzgece karar verilmiştir. Bu sebeple gürültü algılama algoritmasının performansı, süzgeçleme algoritmalarının performansı kadar önemli bir yere sahip olmuştur. Tespit edilen gürültü oranı%10 veya daha düşük yoğunlukta ise SMS ile %10'dan büyük, %75'e eşit veya %75'ten küçük yoğunlukta ise MDABS ile ve %75'ten büyük yoğunlukta ise MBABS ile süzgeçleme yapılmıştır. Görüntüden algılanan gürültü oranına göre yöntemler arasında anahtarlamalı geçişin sağlandığı bu yöntem Anahtarlamalı Adaptif Bulanık Süzgeç (AABS) olarak adlandırılmıştır. Baboon, Boats ve Lena görüntüleri ile önerilen bu yöntemin performansı sayısal ve görsel olarak değerlendirilmiştir. Tüm gürültü oranlarında oldukça etkili sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca daha önce yapılmış çalışmaların görsel sonuçları ile de karşılaştırılarak yöntemin farklı gürültü oranlarında ne kadar başarı elde edebildiği değerlendirilmiştir.

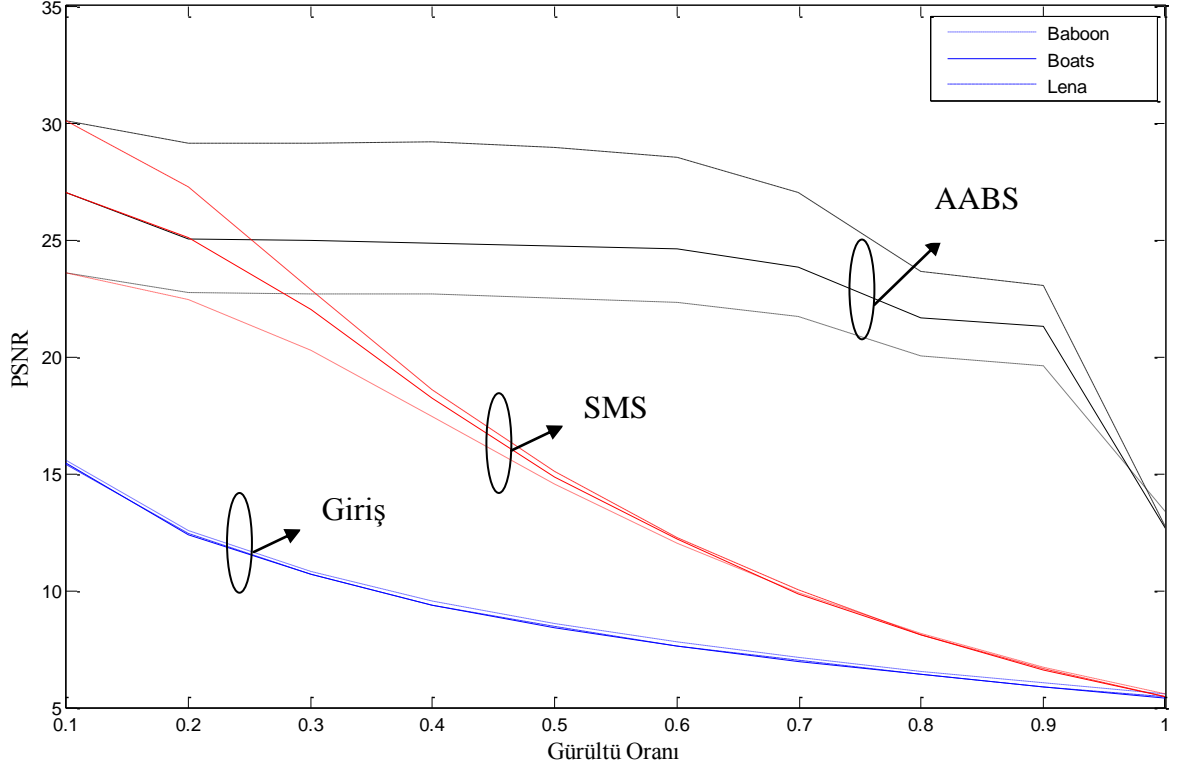
#### 3.7.1. İşaret Gürültü Oranı

Önerilen yönteme ilişkin İGO değerleri ile yöntemin performansı sayısal olarak ifade edilmiştir. SMS, MDABS ve MBABS ile süzgeçlenmiş görüntülerden elde edilen en iyi sayısal sonuçlar önerilen yöntemin İGO sonuçlarını oluşturmuştur. Baboon, Boats ve Lena görüntüleri için tüm gürültü oranları için gürültülü görüntüyü ifade eden giriş görüntüsü, SMS ile süzgeçleme ve önerilen yöntem ile süzgeçleme sonucunda elde edilen İGO değerleri Tablo 4'te verilmiş ve değerlere ait grafiksel gösterim Şekil 46'daki gibi ifade edilmiştir.

Tablo 7. Baboon, Boats ve Lena görüntüleri için farklı gürültü oranlarında; gürültülü görüntü, SMS çıkışı ve önerilen yöntem çıkışına ait İGO değerleri

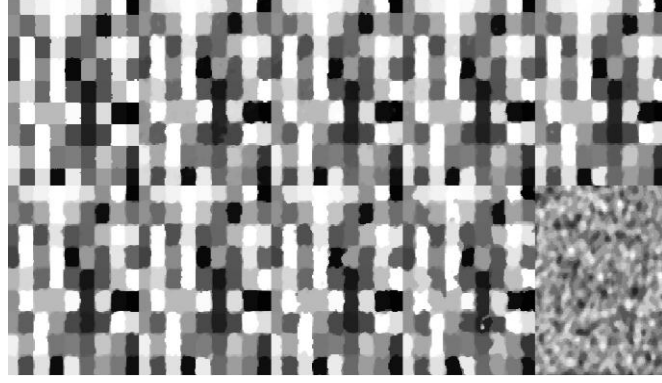
Gürültü oranı		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Baboon	Giriş :	15.5	12.5	10.8	9.5	8.5	7.8	7.1	6.5	6.0	5.5
	Medyan :	23.5	22.4	20.2	17.4	14.5	12.0	9.9	8.1	6.7	5.5
	AABS :	23.5	22.7	22.6	22.6	22.5	22.2	21.6	20.0	19.6	13.3
Boats	Giriş :	15.4	12.3	10.6	9.3	8.4	7.6	6.9	6.3	5.8	5.4
	Medyan :	27.0	25.1	22.0	18.2	14.8	12.2	9.8	8.0	6.5	5.4
	AABS :	27.0	25.0	24.9	24.8	24.7	24.5	23.8	21.6	21.2	12.6
Lena	Giriş :	15.4	12.4	10.6	9.3	8.4	7.6	6.9	6.3	5.8	5.4
	Medyan :	30.0	27.2	22.8	18.5	15.1	12.2	10.0	8.0	6.6	5.4
	AABS :	30.0	29.1	29.1	29.1	28.9	28.5	27.0	23.6	23.0	12.6

Tablo 4'e ve Şekil 46'daki grafiğe bakıldığında; SMS ile süzgeçleme sonucunda elde edilen değerler giriş görüntüsünden elde edilen İGO değerlerine göre artış göstermiş olsa da gürültü seviyesi arttıkça başarıdaki hızlı azalma dikkat çekmektedir. Önerilen yönteme ilişkin değerlere bakıldığında ise düşük, orta ve çok yüksek gürültü seviyelerindeki süzgeçleme başarısı açıkça görülmektedir.



Şekil 46. Farklı oranlarda tuz ve biber gürültüsü eklenmiş Baboon, Boat ve Lena görüntüleri için; giriş görüntülerinden, standart medyan çıkışlarından ve önerilen yöntem çıkışlarından elde edilen işaret gürültü oranı değerleri

Önerilen yönteme ait İGO değerlerinin incelenmesinin ardından görsel değerlendirme yapılmış ve yine tüm gürültü oranlarındaki başarıyı açıkça ifade edebilen universal test görüntüsünden yararlanılmıştır. Şekil 47'de universal test görüntüsünün AABS ile süzgeçlenmesinden elde edilen sonuç görüntüsü gösterilmiştir. Bu görüntüden; yöntemin farklı yoğunluklarda gürültü içeren görüntülerde, görüntüye ait gerekli bilgileri mümkün olduğunca koruyarak tuz ve biber gürültüsünü başarılı bir şekilde azalttığı anlaşılmıştır.

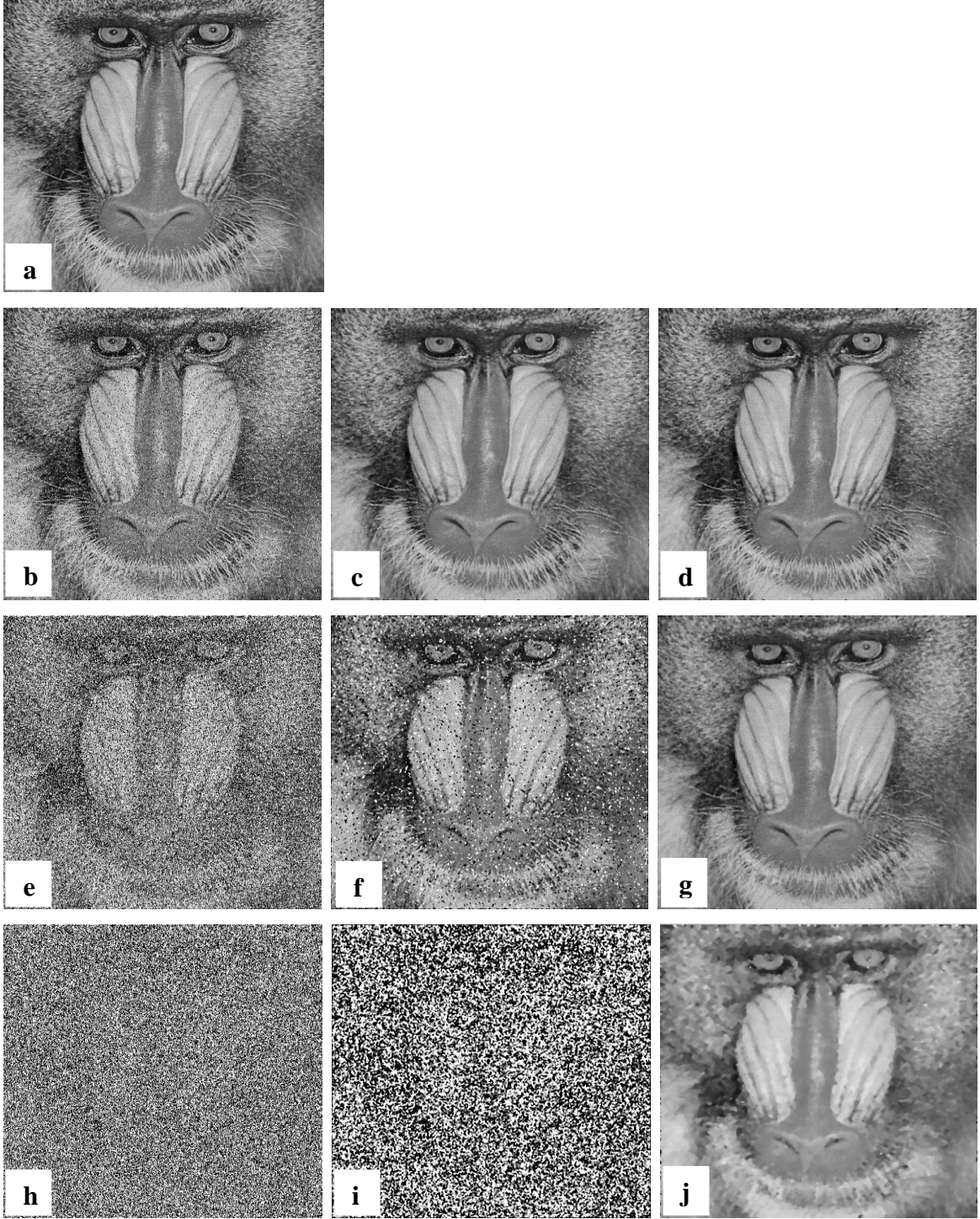


Şekil 47. Universal test görüntüsünün önerilen yöntem çıkışı

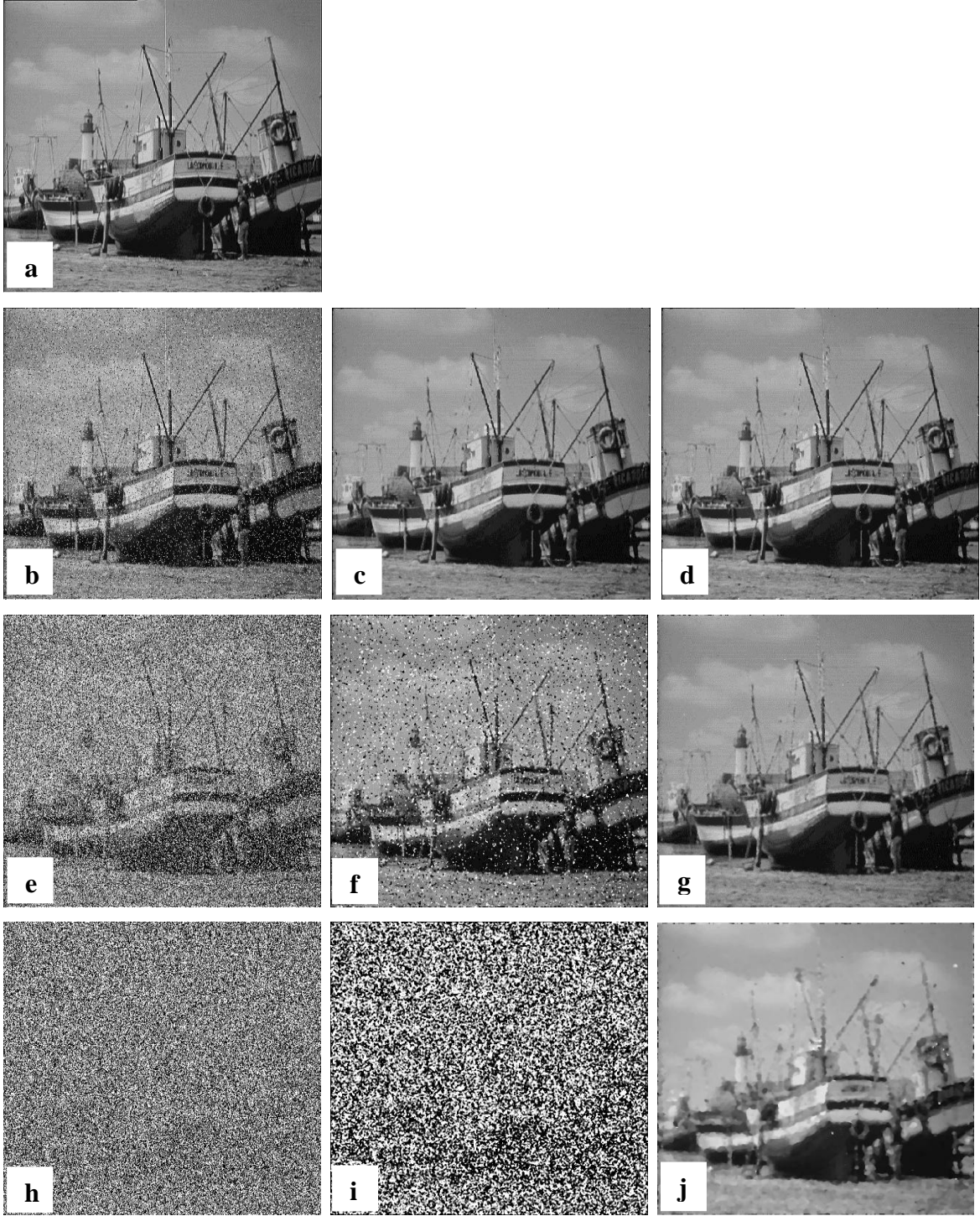
### 3.7.2. Görsel Sonuçlar

Önerilen yöntemin gri seviyeli sayısal görüntülerdeki tuz ve biber gürültüsünü azaltmadaki başarısı gerçek görüntüler üzerinde değerlendirilmiştir. Yöntemin performansını test etmek için 512x512 boyutlarında Baboon, Boats ve Lena görüntüleri kullanılmıştır.

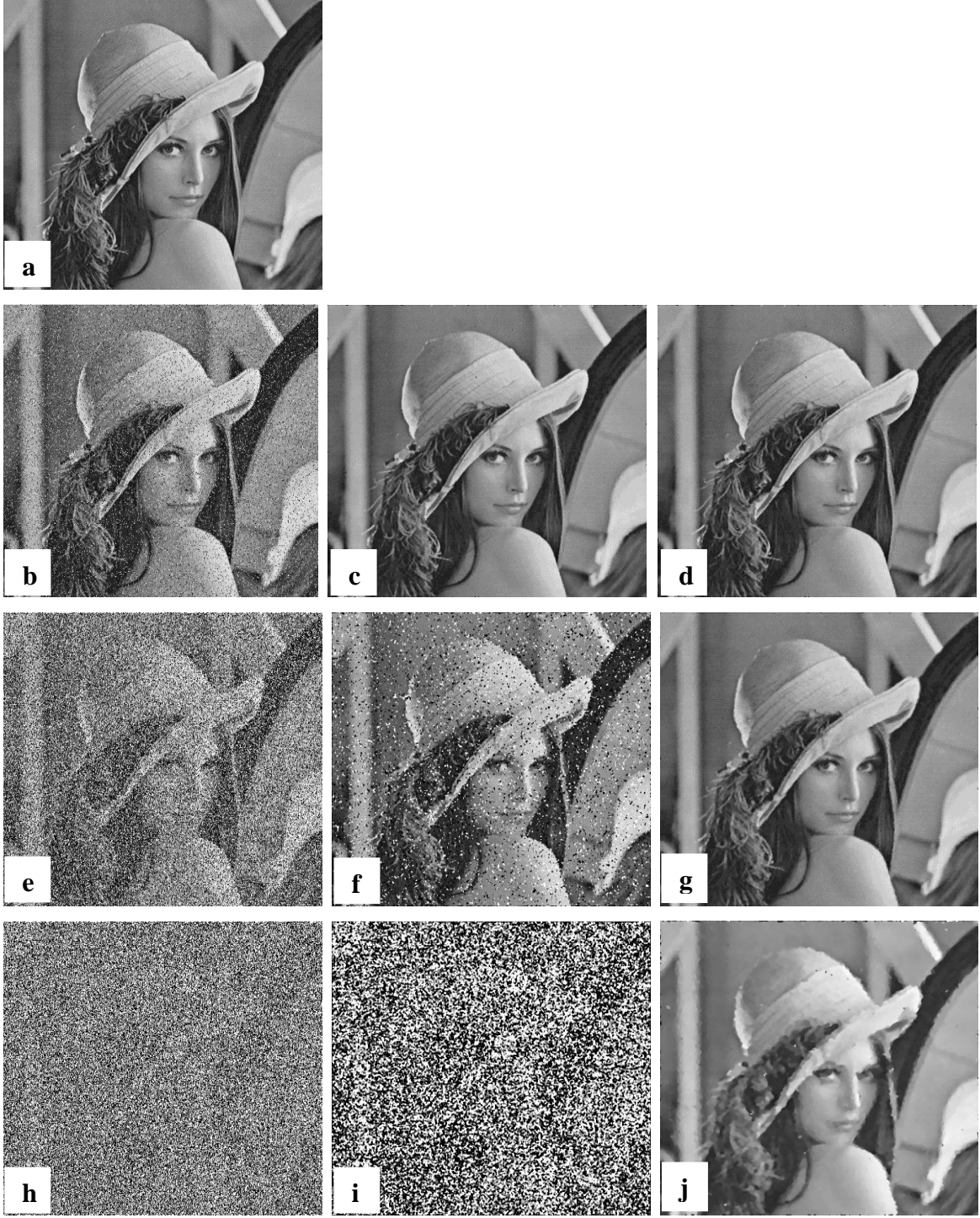
Önerilen yönteme ait çıkış görüntüleri SMS'e ait çıkış görüntüleri ile karşılaştırılmış ve yöntemin başarısı değerlendirilmiştir. Şekil 48, Şekil 49 ve Şekil 50 için; (a)'da orijinal görüntü; ilk sütundaki (b), (e), (h)'de sırasıyla %10, %50 ve %90 oranında tuz ve biber gürültüsü eklenmiş görüntü gösterilmiştir. İkinci sütundaki (c), (f), (i) 'de sırası ile %10, %50 ve %90 oranında tuz ve biber gürültüsü eklenmiş görüntünün SMS çıkışı ve üçüncü sütundaki (d), (g), (j) 'de sırası ile %10, %50 ve %90 oranında tuz ve biber gürültüsü eklenmiş görüntünün AABS çıkışı gösterilmiştir. %10 gürültü oranında SMS'in, %50 gürültü oranında MDABS'in ve %90 gürültü oranında MBABS'in aktif olduğu karma yöntem ile en iyi sonuç görüntüleri elde edilmiştir.



Şekil 48. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Baboon görüntüsü; %10, %50, %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Baboon görüntüsü; ikinci sütun SMS çıkışı; üçüncü sütun önerilen yöntem çıkışı



Şekil 49. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Boats görüntüsü; %10, %50, %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Boats görüntüsü; ikinci sütun SMS çıkışı; üçüncü sütun önerilen yöntem çıkışı

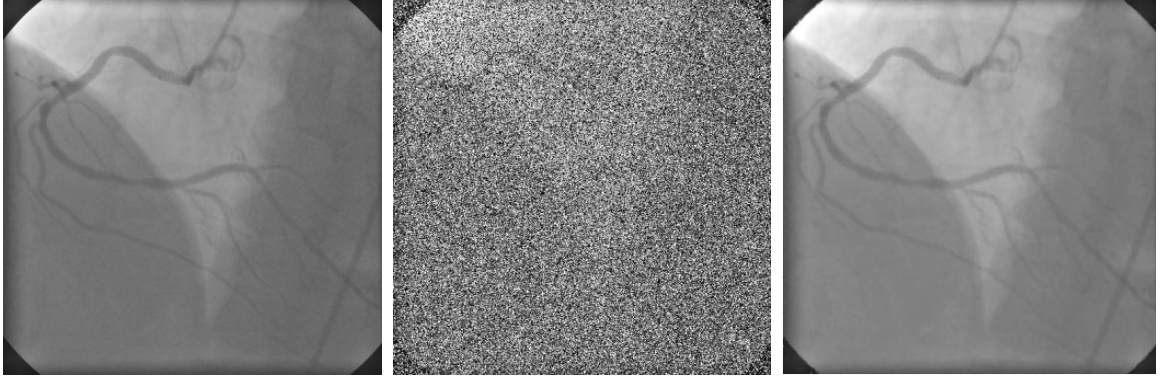


Şekil 50. İlk sütun, yukarıdan aşağıya sırası orijinal Lena görüntüsü; %10, %50, %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Lena görüntüsü; ikinci sütun SMS çıkışı; üçüncü sütun önerilen yöntem çıkışı

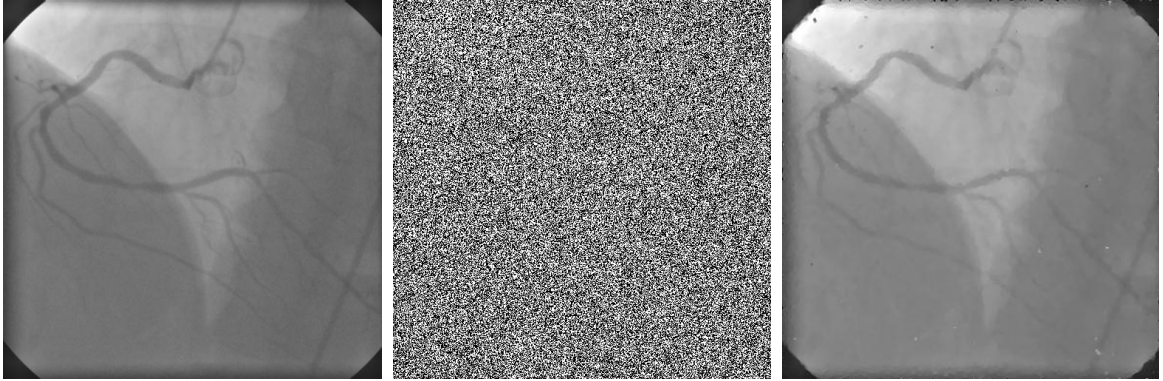
Yöntemin performansını test etmek için medikal görüntülerden de yararlanılmış; gri seviyeli angiyo, ct, mr görüntüleri orta seviye ve yüksek seviyedeki tuz ve biber gürültüsü



ile bozularak gürültülü görüntüler elde edilmiştir. Elde edilen gürültülü görüntüler önerilen yöntem ile süzgeçlenmiş ve sonuç görüntüleri elde edilme süreleri ile birlikte değerlendirilmiştir. Bu süreyi değiştiren etkenler; görüntü boyutu, gürültü miktarı ve yoğunluğa göre karma yöntemin kullandığı SMS, MDABS, MBABS teknikleri olmuştur.



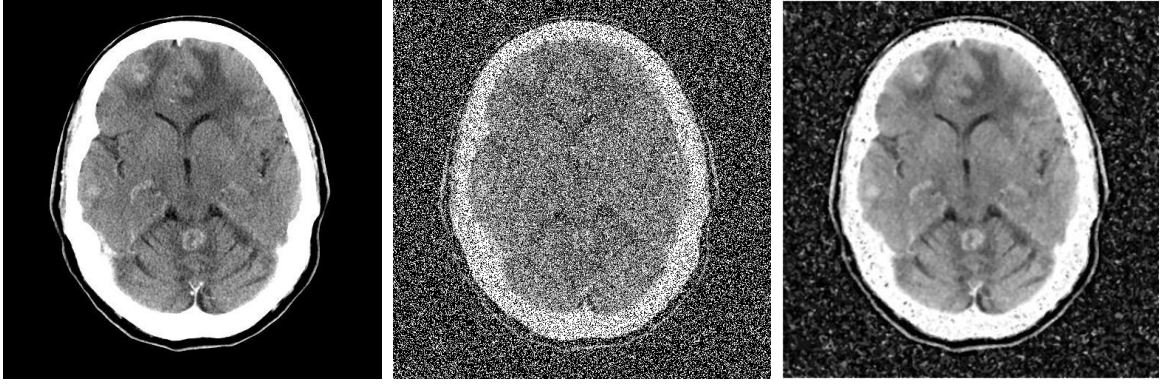
Şekil 51. Önerilen yöntemin angio görüntüsü üzerinde test edilmesi; (a) orijinal görüntü, (b) %50 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş angio görüntüsü ve (c) önerilen yöntem çıkışı



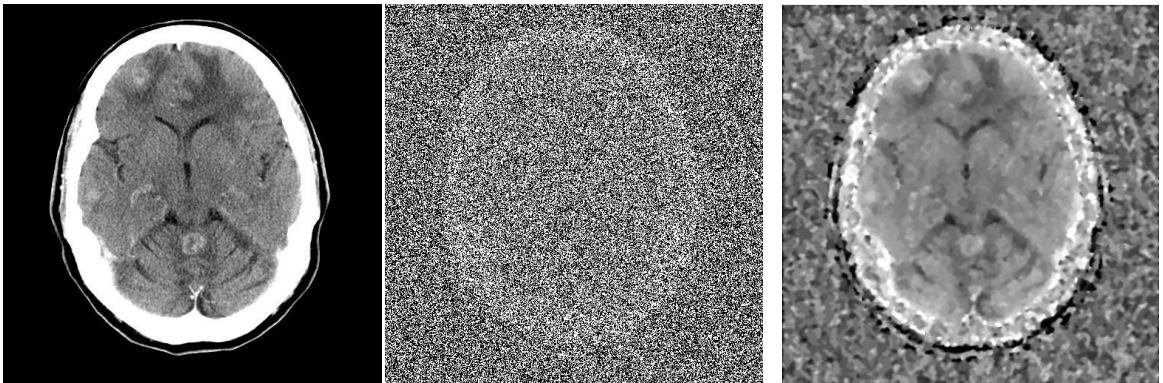
Şekil 52. Önerilen yöntemin angio görüntüsü üzerinde test edilmesi; (a) orijinal görüntü, (b) %90 yoğunlukta tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş angio görüntüsü ve (c) önerilen yöntem çıkışı

Şekil 51 ve Şekil 52’de angio görüntüsü ile önerilen yöntemin performansı test edilmiştir. Şekil 51 (a) ve Şekil 52 (a) ‘da orijinal görüntü; Şekil 51 (b) ve Şekil 52 (b)’de sırası ile %50, %90 yoğunluklu tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş görüntü; Şekil 51 (c) ve Şekil 52 (c)’de önerilen yöntem ile elde edilen çıkış görüntüleri gösterilmiştir. En yüksek yoğunluk yansımalarının önemli olduğu görüntülerde gürültü azaltılırken bu tür

detayların korunması oldukça önemlidir. Orta yoğunlukta gürültünün azaltılmasındaki performansı test eden Şekil 51’de gösterilmiş, 150 saniyede elde edilen çıkış görüntüsünde en yüksek yoğunluk yansımalarının en iyi şekilde korunmuş, gürültünün etkili bir şekilde azaltılmış olduğu görülmüştür. Gürültünün çok yüksek seviyelerinde önerilen yöntemin performansı Şekil 52 ile test edilmiştir. Bu seviyede çıkış görüntüsü 137 saniyede elde edilmiş, gürültü etkili bir şekilde azaltılmış, görüntüye ait detaylar mümkün olduğunca korunmuş fakat en yüksek yoğunluk yansımalarında küçük oranlı kayıplar meydana gelmiştir.



Şekil 53. Önerilen yöntemin ct görüntüsü üzerinde test edilmesi; (a) orijinal görüntü, (b) %50 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş ct görüntüsü ve (c) önerilen yöntem çıkışı

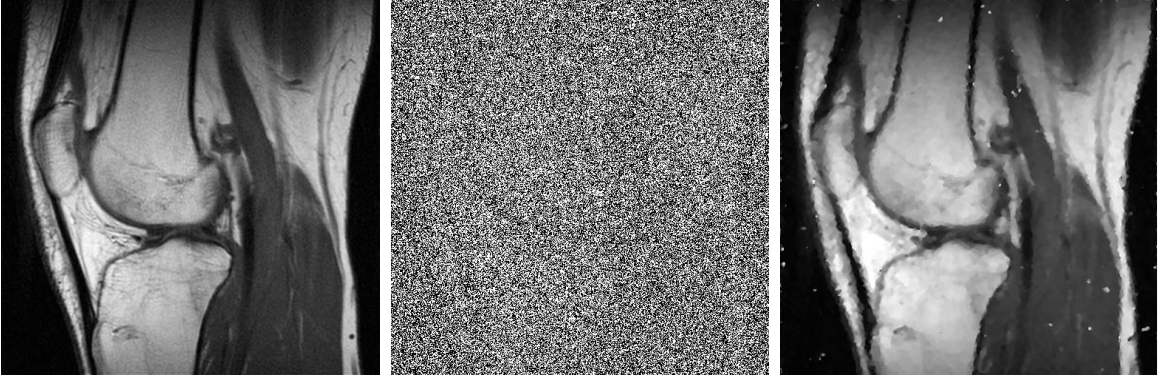


Şekil 54. Önerilen yöntemin ct görüntüsü üzerinde test edilmesi; (a) orijinal görüntü, (b) %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş ct görüntüsü ve (c) önerilen yöntem çıkışı

Şekil 53 ve Şekil 54’de ct görüntüsü ile önerilen yöntemin performansı test edilmiştir. Şekil 53 (a) ve Şekil 54 (a) ‘da orijinal görüntü; Şekil 53 (b) ve Şekil 54 (b)’de sırası ile %50, %90 yoğunluklu tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş görüntü; Şekil 53 (c) ve Şekil 54 (c)’de önerilen yöntem ile elde edilen çıkış görüntüleri gösterilmiştir. Küçük detayların ve belirgin kenar bilgilerinin bulunduğu bu tür görüntülerde gürültünün azaltılması kadar detayların korunması da oldukça önemlidir. Orta yoğunlukta gürültünün azaltılmasındaki performansı test eden Şekil 53’de elde edilen çıkış görüntüsü değerlendirildiğinde; tam siyah ve tam beyaz değerlerinden oluşan arka plana ait piksellerden dolayı küçük oranlı bozulmalar meydana gelmiş; yine de görüntüye ait detaylar korunabilmiştir ve programın performans süresi 146 saniye olarak belirlenmiştir. Gürültünün çok yüksek seviyelerinde önerilen yöntemin performansı Şekil 54 ile test edilmiştir. Bu seviyede gürültü azaltılmış, ancak görüntüye ait tam siyah ve beyaz piksel değerleri bulunan bu görüntüye %90 yoğunluklu tuz ve biber gürültüsü yani yine tam siyah ve beyaz piksel değerlerinin eklenmesi gürültü yoğunluğunun daha yüksek seviyelere çıkmasına sebep olmuştur. Bu sebeple yöntem performansı düşmüş, süzgeçleme sonucunda görüntüde bazı detaylar korunabilmiş ve görüntü yalnızca ana hatları ile elde edilebilmiştir ayrıca bu durum yöntemin performans süresini de artırarak süreyi 174 saniyeye çıkarmıştır.



Şekil 55. Önerilen yöntemin mr görüntüsü üzerinde test edilmesi; (a) orijinal görüntü, (b) %50 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş mr görüntüsü ve (c) önerilen yöntem çıkışı

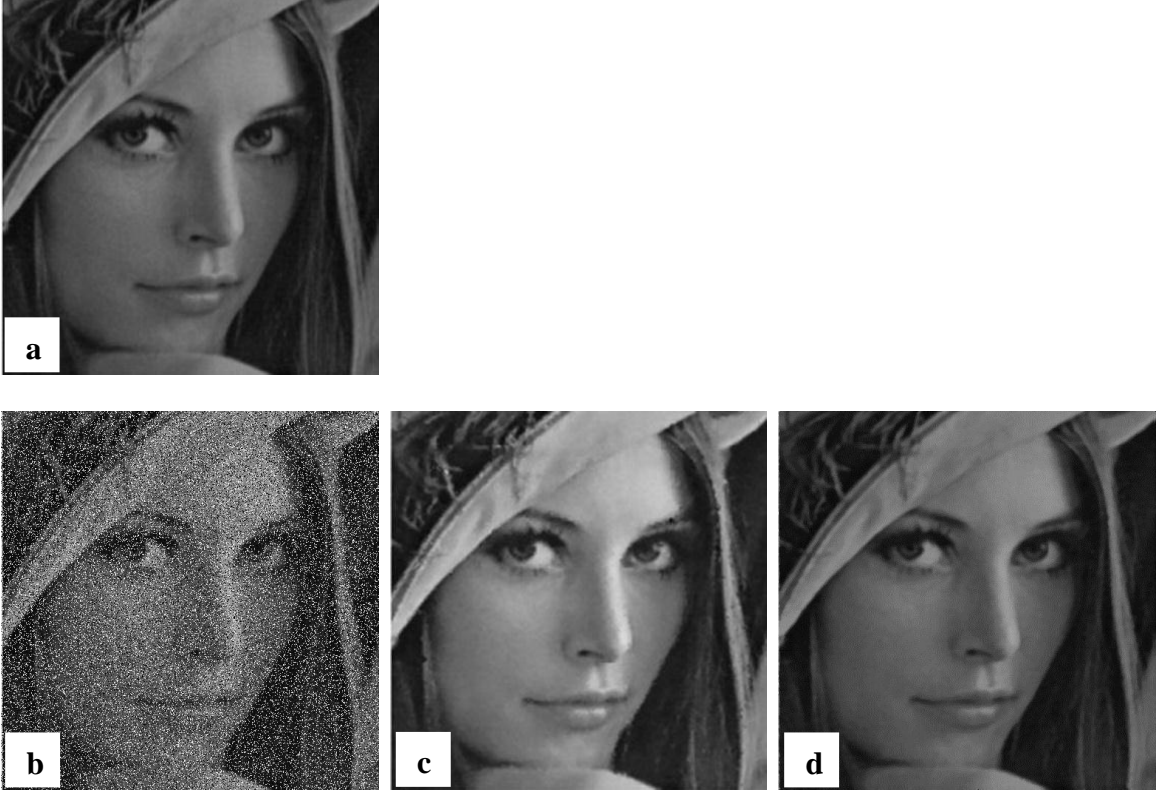


Şekil 56. Önerilen yöntemin mr görüntüsü üzerinde test edilmesi; (a) orijinal görüntü, (b) %50 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş mr görüntüsü ve (c) önerilen yöntem çıkışı

Şekil 55 ve Şekil 56'da mr görüntüsü ile önerilen yöntemin performansı test edilmiştir. Şekil 55 (a) ve Şekil 56 (a) 'da orijinal görüntü; Şekil 55 (b) ve Şekil 56 (b)'de sırası ile %50, %90 yoğunluklu tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş görüntü; Şekil 55 (c) ve Şekil 56 (c)'de önerilen yöntem ile elde edilen çıkış görüntüleri gösterilmiştir. Şekil 55 ile orta seviye yoğunlukta gürültü içeren mr görüntüsü için önerilen yöntem değerlendirilmiş ve 168 saniyede orijinal görüntüye çok yakın, süzgeçlenmiş çıkış görüntüsü elde edildiği görülmüştür. Çok yüksek gürültü yoğunluğunda program 150 saniyede sonuç üretmiş elde edilen bu sonuç Şekil 56'da değerlendirilmiştir; burada, gürültünün başarılı bir şekilde azaltıldığı, detaylardaki küçük oranda kayıplar dışında görüntüye ait bilgilerin mümkün olduğunca korunduğu görülmüştür.

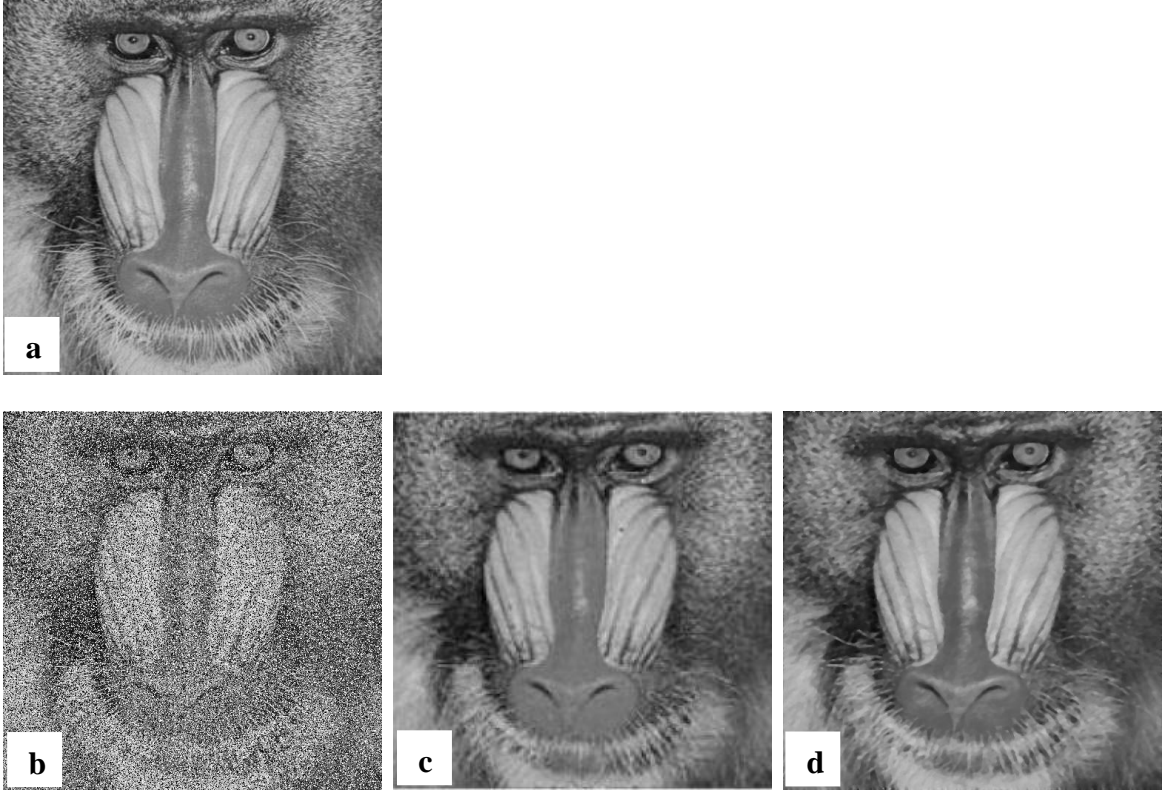
Farklı gürültü oranlarında önerilen yöntem ile elde edilen sonuç görüntüleri daha önce yapılmış farklı çalışmalara ait sonuç görüntüleri ile birlikte verilmiş ve bu karşılaştırmalarla da yöntemin başarısı ifade edilmiştir.

Şekil 57'de Lena görüntüsünden alınmış görüntü parçası ile yöntemin performansı test edilmiştir. Şekil 57 (a)'da orijinal Lena görüntüsü, Şekil 57 (b)'de %25 oranında tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Lena görüntüsü, Şekil 57 (c)'de Fuzzy Random Impulse Noise Reduction (FRINR) [14] metodunun sonuç görüntüsü ve Şekil 57 (d)'de önerilen yöntem ile elde edilen sonuç görüntüsü verilmiştir. İki yöntem de gürültüyü etkili bir şekilde azaltmıştır ancak önerilen yöntemin gürültüyü azaltırken görüntüye ait kenar, detay ve doku bilgilerini daha iyi korumuş olması bu yöntemin FRINR yöntemine göre daha başarılı olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır. Bu durum önerilen yöntemin düşük seviyelerdeki tuz biber gürültüsünü azaltmadaki başarının bir göstergesi olmuştur.



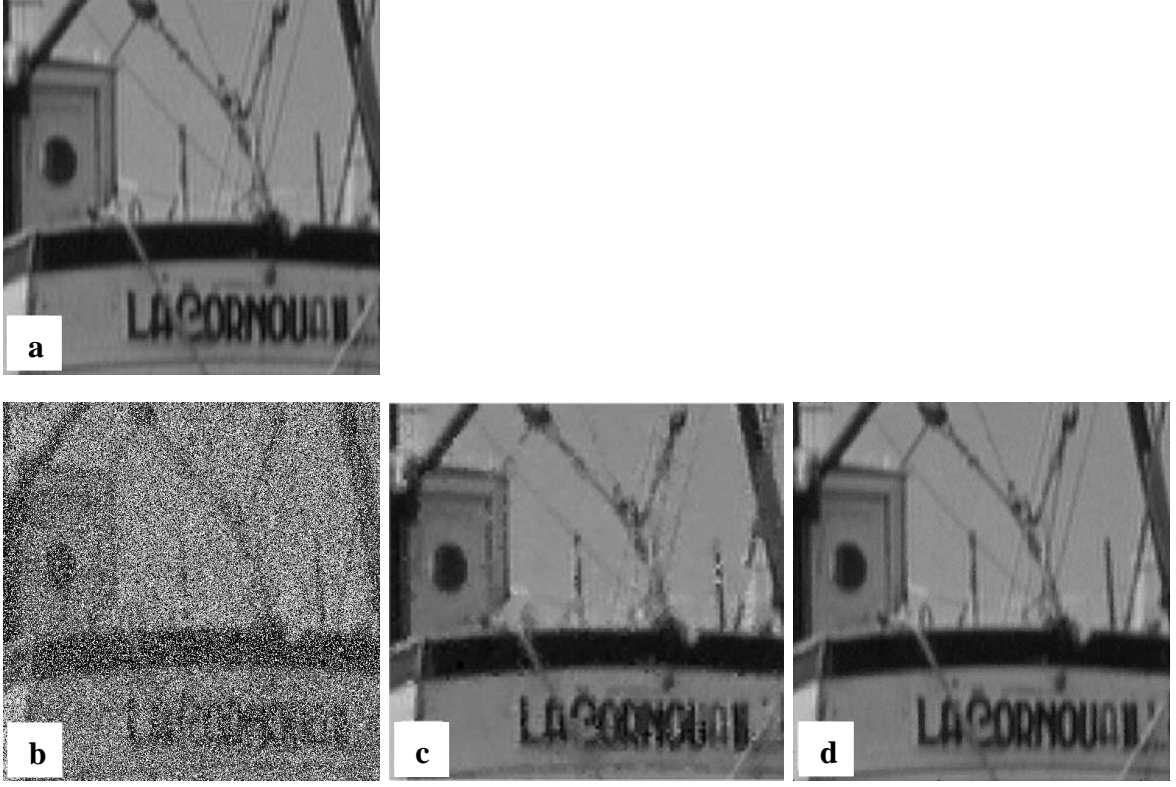
Şekil 57. (a) Orijinal Lena görüntüsü, (b) %25 tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Lena görüntüsü ve filtreleme sonuçları: (c) FRINR çıkışı, (d) önerilen yöntem çıkışı

Şekil 58’de oldukça fazla detay bilgisi içeren ve karmaşık bir dokuya sahip olan Baboon görüntüsüne gürültü eklenmiş, yöntemin performansı test edilmiştir. Şekil 58 (a)’da orijinal Baboon görüntüsü, Şekil 58 (b)’de %40 oranında tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Baboon görüntüsü, Şekil 58 (c)’de Fuzzy Switching Median (FSM) [7] yöntemi ile elde edilmiş sonuç görüntüsü ve Şekil 58 (d)’de gürültülü görüntünün önerilen yöntem AABF ile süzgeçlenmesi ile elde edilen sonuç görüntüsü verilmiştir. Baboon görüntüsünde gürültünün azaltılması kadar görüntünün sahip olduğu karmaşık doku bilgisinin kaybolmaması ve ayrıntıların korunması da önemlidir. FSM yöntemine ait sonuç görüntüsünde küçük oranda kalan gürültüler ve detaylardaki bozulmalar dikkat çekmiştir. Önerilen yöntem ile elde edilen sonuç görüntüsünde ise gürültünün tamamen giderildiği, görüntü dokusunu ve detay bilgilerini mümkün olduğunca korumuş olduğu görülmüştür.



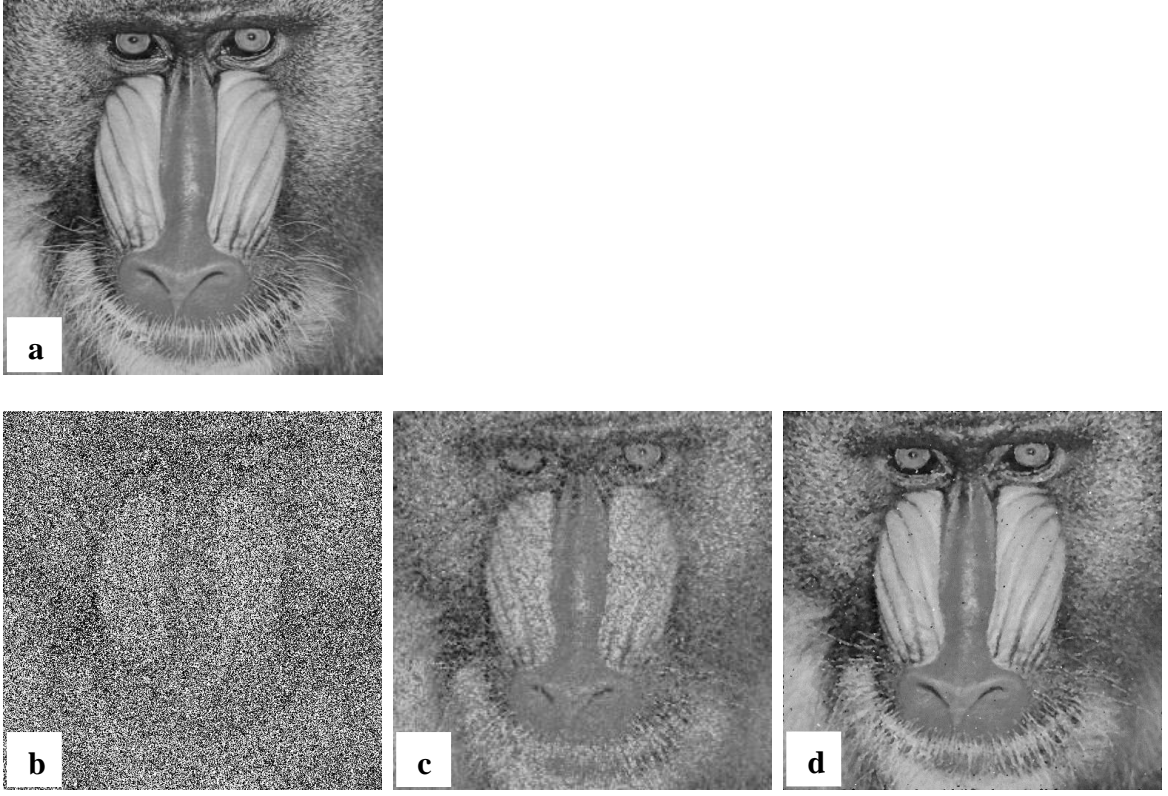
Şekil 58. (a) Orijinal Baboon görüntüsü, (b) %40 tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Baboon görüntüsü, (c) FSM çıkışı ve (d) önerilen yöntem çıkışı

Şekil 59’de AABS performansı Boats görüntüsünden elde edilen görüntü parçası ile test edilmiştir. Bu görüntü çok miktarda ve belirgin kenar bilgileri içermektedir. Bu sebeple yapılan süzgeçlemede tuz ve biber gürültüsünün azaltırken bu bilgilerin korunması önemli bir konudur. Şekil 59 (a)’da orijinal Boats görüntüsü, Şekil 59 (b)’de %50 tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Boats görüntüsü, Şekil 59 (c)’de FRINR yöntemi ile elde edilmiş çıkış görüntüsü ve Şekil 59 (d)’de önerilen yöntem ile elde edilmiş çıkış görüntüsü verilmiştir. Orta seviyede gürültü barındıran bu görüntünün her iki süzgeçleme ile elde edilen sonuç görüntülerine bakıldığında başarılı şekilde gürültüden arındırılmış olduğu görülmüştür. Ancak FRINR yönteminden elde edilen sonuç görüntüsünde kenarlarda belirgin bozulmalar ortaya çıkmıştır; oysa önerilen yöntem ile görüntüye ait tüm bilgiler çok iyi ölçüde korunabilmiştir. Bu durum orta seviyede tuz ve biber gürültüsü bulunduran görüntüler üzerinde yöntemin başarısını açıkça ifade etmiştir.



Şekil 59. (a) Orijinal Boats görüntüsü, (b) %50 tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Boats görüntüsü ve filtreleme sonuçları: (c) FRINR çıkışı, (d) önerilen yöntem çıkışı

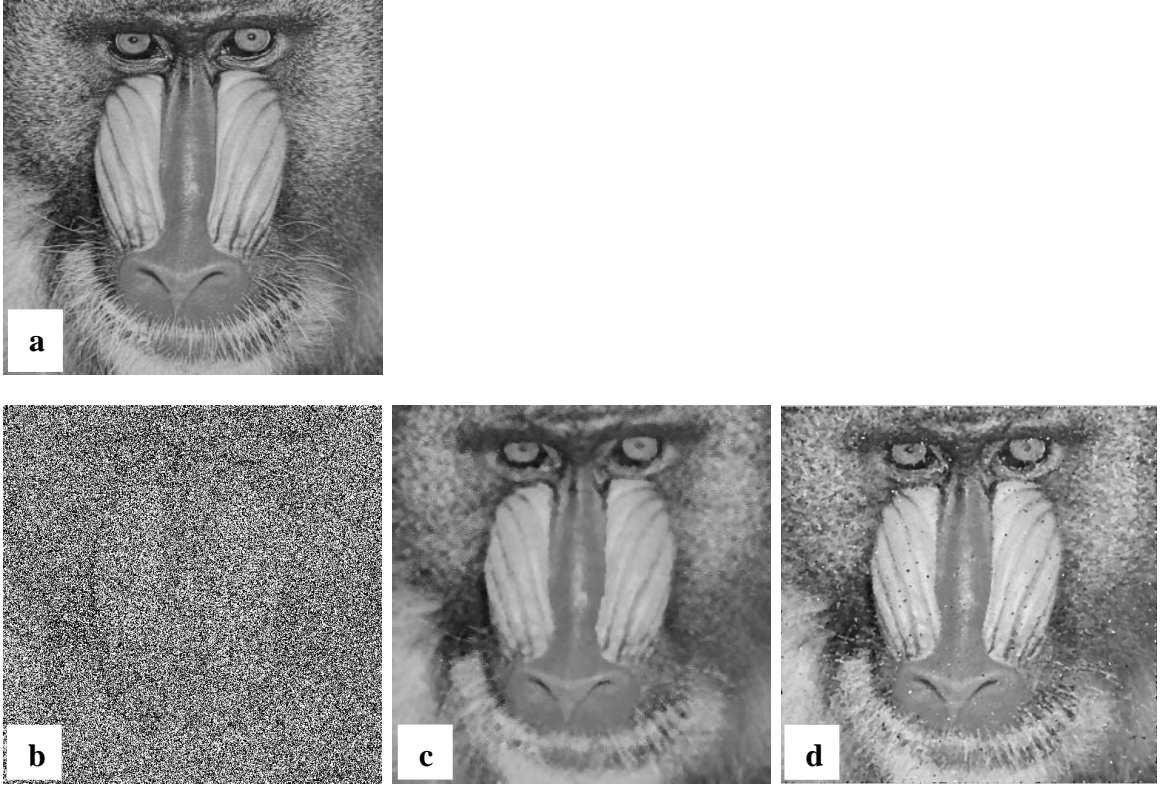
Şekil 60'da yüksek gürültü oranlarında önerilen yöntemin performansını test etmek için Baboon görüntüsü kullanılmıştır. Birçok yüksek frekans bileşeni bulunduran gürültülü görüntüde bu bileşenler bastırılırken görüntüye ait bilgilerin korunabilmesi oldukça zordur. Şekil 60 (a)'da orijinal Baboon görüntüsü, Şekil 60 (b)'de %70 oranında tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Baboon görüntüsü, Şekil 60 (c)'de Sayısal İmgelerde Dürtü Gürültüsünün Etkin Bir Şekilde Giderilmesi İçin Yeni Bir Bulanık Operatör isimli çalışmada önerilen karma yönteme [21] ait çıkış görüntüsü ve Şekil 60 (d)'de önerilen yönteme ait çıkış görüntüsü verilmiştir. Diğer yöntem ile süzgeçleme sonucunda giriş imgesine ait detaylar korunabilmiş ancak büyük oranda gürültü bileşeni kalmıştır. Oysa önerilen yöntem ile giriş imgesine ait detaylar mümkün olduğunca korunmuş aynı zamanda tuz ve biber gürültüsü etkin bir şekilde yok edilmiştir.



Şekil 60. (a) Orijinal Baboon görüntüsü, (b) %70 tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Baboon görüntüsü, (c) diğer yöntem çıkışı ve (d) önerilen yöntem çıkışı

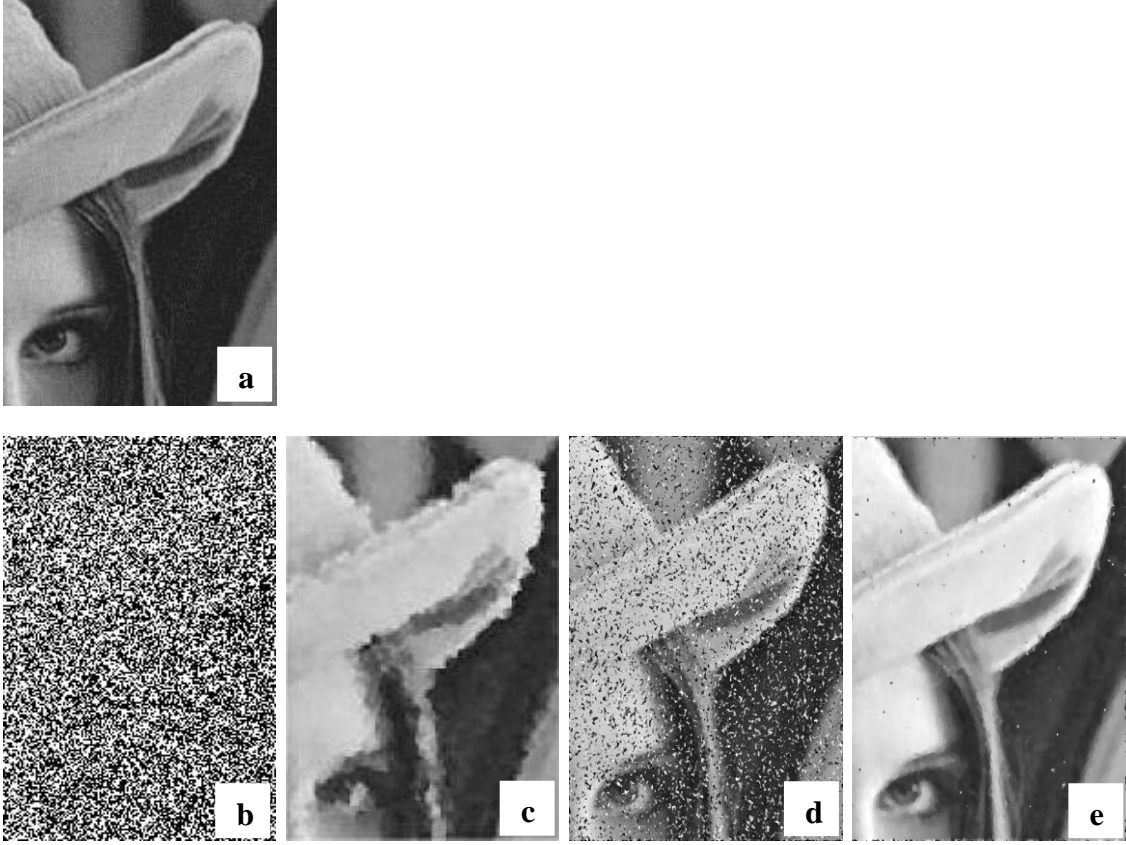
Şekil 61’de gürültü seviyesi artırılmış ve performans testi için yine Baboon görüntüsünden yararlanılmıştır. Şekil 61 (a)’da orijinal Baboon görüntüsü, Şekil 61 (b)’de %80 oranında tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Baboon görüntüsü, Şekil 61 (c)’de Adaptive Fuzzy Median Filter (AFMF) [23] yöntemi ile elde edilen sonuç görüntüsü ve Şekil 61 (d)’de önerilen yöntem ile elde sonuç görüntüsü verilmiştir. Her iki süzgeçleme sonucunda görüntüden tuz ve biber gürültüsü giderilmiştir. Ancak AFFM yöntemi ile görüntüdeki istenmeyen frekans bileşenlerinin süzgeçlenmesi görüntüye ait bilgilerde kayıplara sebep olmuştur. Dokuya ait özellikler değişmiş ve detaylar kaybolmuştur. Oysa önerilen yöntem bu bilgileri oldukça iyi korumuş küçük oranda kayıplar dışında başarılı sonuçlar elde etmiş, tuz ve biber gürültüsünü etkin bir şekilde azaltmıştır.





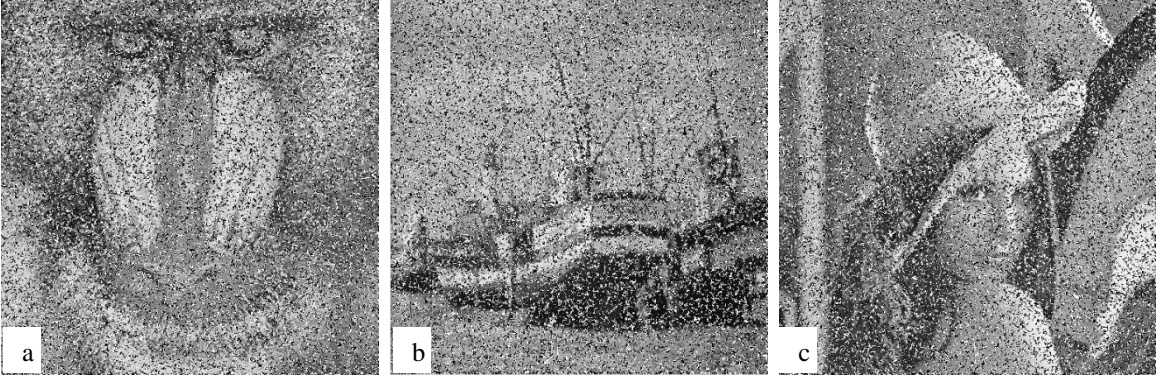
Şekil 61. (a) Orijinal Baboon görüntüsü, (b) %80 tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Baboon görüntüsü, (c) AFMF çıkışı ve (d) önerilen yöntem çıkışı

Şekil 62 (a)'da orijinal Lena görüntüsü, Şekil 62 (b)'de %90 oranında tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Lena görüntüsü, Şekil 62 (c)'de Noise Adaptive Fuzzy Switching Median (NAFSM) [17] yöntemine ait sonuç görüntüsü, Şekil 62 (d)'de Medyan Destekli Adaptif Bulanık Filtre (MDABF) [12] yöntemine ait sonuç görüntüsü ve Şekil 62 (e)'de önerilen yöntemine ait sonuç görüntüsü verilmiştir. Bu üç yöntem sonuçları karşılaştırılırsa; NAFSM yöntemi tuz ve biber gürültüsünü tamamen yok etmeyi başarmıştır ancak görüntü dokusunda, kenarlarda ve görüntüye ait detaylarda büyük oranda kayıplar meydana getirmiştir. MDABF yöntemi ise NAFSM yönteminin aksine görüntüye ait bilgileri korumuş ancak tuz ve biber gürültüsünü tamamen yok edememiştir. Önerilen yöntem ise bu iki yöntemin olumlu sonuçlarını bir arada bulundurmuş, tuz ve biber gürültüsünü büyük oranda yok ederken görüntüye ait kenar, detay ve doku bilgilerini çok iyi şekilde korumayı başarmıştır. Bu durum karma bir yöntem olan AABS metodunun yüksek gürültü oranlarında da oldukça başarılı sonuçlar elde ettiğini açıkça göstermiştir.

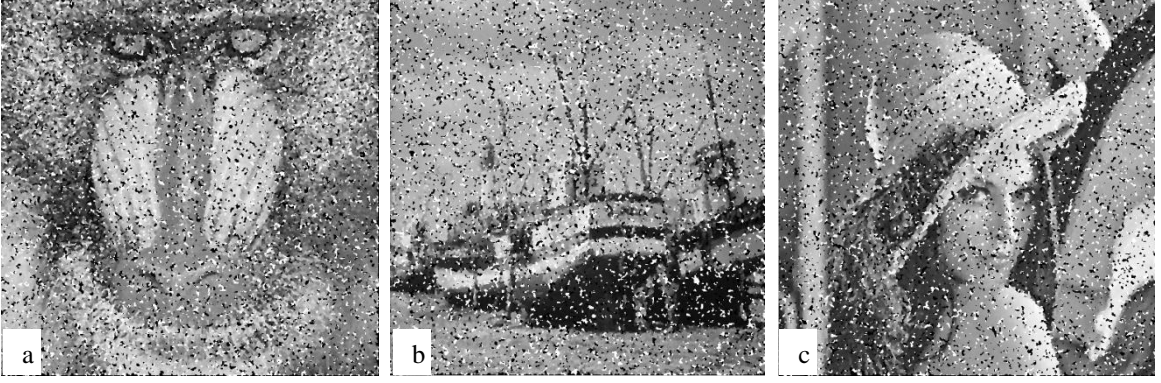


Şekil 62. (a) Orijinal Lena görüntüsü, (b) %90 tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş Lena görüntüsü ve filtreleme sonuçları: (c) NAFSM çıkışı, (d) MDABF çıkışı ve (e) önerilen yöntem çıkışı

Çok yüksek gürültü seviyeleri için önerilen yöntemin dışında bölge genişletme tekniği de kullanılabilir. Basit bir şekilde ve kısa sürede sonuç üreten bu yöntem ile oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir. Yöntem için 3x3 boyutlarında pencere matrisi kullanılmış ve pencere matrisinin merkez pikseli gürültülü değer içmiyorsa, komşuluğundaki gürültülü piksellere merkez pikselinin değeri atanmıştır. % 90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsü ile bozulmuş görüntülere uygulanan yönteme ait görsel sonuçlar Şekil 63'de ve yine başarıyı artırmak için son işlem adımında SMS uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar Şekil 64'de işaret gürültü oranını ifade eden İGO değerleri ile birlikte gösterilmiştir.



Şekil 63. Bölge genişletme tekniği ile elde edilmiş görsel sonuçlar: (a) Baboon (İGO: 9.36 db), (b) Boats (İGO: 9.30 db) ve (c) Lena görüntüsü (İGO: 9.37 db)



Şekil 64. Bölge genişletme tekniği ardından SMS uygulanmış çıkış görüntüleri: (a) Baboon (İGO: 12.46 db), (b) Boats (İGO: 12.82 db) ve (c) Lena görüntüsü (İGO: 13.09 db)

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada gri seviyeli sayısal görüntüler için giriş imgesine ait ayrıntıları mümkün olduğunca koruyarak tuz ve biber gürültüsünü etkin şekilde azaltan ve tüm gürültü seviyelerinde başarılı sonuçlar elde etmeyi amaçlayan bir yöntem önerilmiştir. Bulanık mantığa dayalı kurallar ve medyan kuralından yararlanan farklı yöntemler arasında anahtarlamalı geçiş sağlanarak karma bir yöntem oluşturulmuştur ve yöntem Anahtarlamalı Adaptif Bulanık Süzgeç (AABS) olarak adlandırılmıştır.

Süzgeçleme işlemine geçmeden önce görüntüdeki tuz ve biber gürültüsünün oranı algılanmış ve bu orana göre geliştirilen yöntemlerden hangisi ile süzgeçleme yapılacağına karar verilmiştir.

Sayısal ve görsel sonuçlar değerlendirildiğinde; gürültü oranı arttıkça etkisi kaybolan Standart Medyan Süzgecin(SMS) düşük gürültü seviyelerinde başarılı sonuçlar elde ettiği görülmüştür. Yöntemin bu başarısı değerlendirilerek düşük seviyede gürültü içeren görüntüler SMS ile süzgeçlenmiştir.

Orta seviyede gürültü oranlarında etkin sonuçlar elde edebilmek için bulanık mantığa dayalı Adaptif Bulanık Süzgeç (ABS) ile süzgeçlemenin ardından SMS ile süzgeçleme yapılmıştır. ABS metodunun standart medyan süzgeç ile desteklendiği bu yöntem Medyan Destekli Adaptif Bulanık Süzgeç (MDABS) olarak adlandırılmıştır.

Gürültü seviyesi çok yüksek oranlara çıktığında MDABS yönteminin etkisi azaldığından yeni bir yöntem geliştirilmiş ve bu yöntem Medyan ile Birleştirilmiş Adaptif Bulanık Süzgeç (MBABS) olarak adlandırılmıştır. MBABS yönteminin oluşturulmasında da yine ABS ve SMS yöntemleri kullanılmıştır. Ancak bu kez ABS ile süzgeçlenmiş görüntüye kümeleme algoritması uygulanmış ve yalnızca belirlenen kümelere SMS ile süzgeçlenerek sonuç görüntüsü elde edilmiştir.

Elde edilen deneysel sonuçlarla hangi gürültü seviyelerinde hangi yöntemin daha başarılı olduğu incelenmiş ve bu sonuçlara göre eşik değerleri belirlenmiştir. Görüntünün gürültü seviyesinin algılanmasının ardından belirlenen eşik değerlerine göre SMS, MDABS, MBABS yöntemleri arasında anahtarlamalı geçiş ile oluşturulan ve tüm gürültü seviyelerinde gürültüyü başarılı bir şekilde azaltan aynı zamanda görüntüye ait kenar, detay ve doku bilgilerini de en iyi şekilde koruyan etkin bir yöntem önerilmiştir.

AABS metodu sayısal ve görsel sonuçlara göre değerlendirilmiştir ve farklı görüntülerde, farklı gürültü seviyelerinde başarılı sonuçlar elde ettiği görülmüştür. Ayrıca

önerilen yönteme ilişkin sonuç görüntüleri daha önce yapılmış çalışmalara ait sonuç görüntüleri ile karşılaştırılarak da bu yöntemin başarısı desteklenmiştir.

Gürültü algılama algoritması farklı metotlar ile desteklenerek düşük gürültü oranlarında yapılan süzgeçlemelerde daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Diğer gürültü modelleri de dikkate alınarak bulanık süzgeci oluşturan kurallara eklenecek yeni kurallarla veya anahtarlamalı geçişlerle oluşturulan yeni yöntemler ile daha genel amaçlı bir süzgeçleme tekniği elde edilebilir.

## 5. KAYNAKLAR

1. Akar, E., O., Tarihi Görüntülerin Kalitesinin Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Artırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2006.
2. Ashourzadeh, M., Jampour, M., Ziari, M. ve Zadeh, R. E., "Impulse Noise Detection and Reduction Using FuzzyLogic and Median Heuristic Filter", 2010 International Conference on Networking and Information Technology, Haziran 2010, Manila, 19-23
3. Esin, B., Bulanık Kümelerin Üyelik Fonksiyonlarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosman Paşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 2007.
4. Duan, F. ve Zhang, Y. J., "A Highly Effective Impulse Noise Detection Algorithm for Switching Median Filters," IEEE Signal Processing Letters, 17, 7 (2010) 647-650.
5. Günay, H., Bulanık Karar Vermede Birleştirme Operatörleri ve Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.
6. Görgülü, Ö., Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) Teorisi ve Tarımda Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, 2007.
7. Ibrahim, H., Toh, K. K. V. ve Mahyuddin, M., N., "Salt-and-Pepper Noise Detection and Reduction Using Fuzzy Switching MedianFilter", IEEE Transaction on Consumer Electronics, 54, 4 (2008) 1956-1961.
8. Kahramanlı, H., Hibrit Bulanık Sinir Ağını Kullanarak Bir Sınıflandırma ve Kural Çıkarma Sisteminin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2008.
9. Klir, G., J.ve Yuan, B., Fuzzy Sets and Fuzzy Logic, Paul Becker, First Edition, Prentice Hall PTR, New Jersey, 1995.
10. Lee, C. S., Hsu, C. Y. ve Guo, S. M., "An Intelligent Image Agent Based on Soft-Computing Techniques for Color Images Processing", Expert System with Applications, 28 (2005) 483-494.
11. Nathtegael, M. ve Ville, D., V., D., FuzzyFiltersfor Image Processing, First Edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, 2003.
12. Palabaş, T.,Gangal, A., "Adaptif Bulanık Filtrelemeyle Görüntülerde Tuz ve Biber Gürültüsü Azaltma", 20. IEEE Sinyal İşlemeve İletişim Uygulamaları Kurultayı, Nisan 2012, Muğla.

13. Polat, R., Biyomedikal Görüntü Bölütleme, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2007.
14. Schulte S.,Witte, V. D., Nachtegael, M., Weken, D. V. D. ve Kerre, E. E., “Fuzzy random impulse noise reduction method”, Fuzzy Sets and System, 158, (2007) 270-283.
15. Şen, Z., Bulanık (Fuzzy) Mantık ve Modelleme İlkeleri, 176, Bilge Kültür Sanat, İstanbul, 2001.
16. Şenol H., Bulanık Mantık Temelli Kayan Kipli Denetim, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1999.
17. Toh, K. K. V. ve Ashidi, N., “Noise Adaptive Fuzzy Switching Median Filter for Salt-and-Pepper Noise Reduction”, IEEE Signal Processing Letters, 17, 3 (2010) 281-284.
18. Türe, H., Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2006.
19. Uğur, B., G., Çok Amaçlı Bulanık Transport Sisteminin Genişleme Prensipleriyle Çözülmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.
20. Yıldırım, M., T., 2. Tip Bulanık Sistemler ile Sayısal Görüntülerden Dürtü Gürültüsünün Giderilmesi, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 2007.
21. Yüksel, M., E.,Yıldırım, M., T. ve Baştürk, A., "Sayısal İmgelerden Dürtü Gürültüsünün Etkin Bir Şekilde Giderilmesi İçin Yeni Bir Bulanık Operatör", Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu ELECO-2002, Aralık 2002,Bursa,26-29.
22. Yüksel, M.E., “A Hybrid Neuro-Fuzzy Filter for Edge Preserving Restoration of Images Corrupted by Impulse Noise, IEEE Transactions on Image Processing, 15, 4 (2006) 928-936.
23. Zhou Yan, Tang Quan-hua and Jin Wei-dong, “Adaptive Fuzzy Median Filter for Images Corrupted by Impulse Noise”, 2008 Congress on Image and Signal Processing, Mayıs 2008, Sanya, 265-269.
24. Bayram, B., Sayısal Görüntü İşleme. <http://www.yildiz.edu.tr/~bayram/sgi/saygi.htm> 6 Aralık 2011.
25. <http://tr.wikipedia.org/wiki/Foton>,Vikipedi, 6 Aralık 2011.
26. <http://www.bascek.com/4412/teknik-acidan-noise>,Basçek, 6 Aralık 2011.
27. <http://www.scribd.com/doc/3106012/FET-Nedir>,Scribd, 6 Aralık 2011.

28. <http://www.astronomy.ege.edu.tr/~keskinv/CCD.PPT,CCD>,3 Mayıs 2012.
29. <http://yzgrafik.ege.edu.tr/~tekrei/dosyalar/sunum/gi.pdf>, CGAI, 6 Aralık 2011.
30. <http://www.genelbilge.com/bulanik-mantigin-tarihcesi-2.html>, Bulanık Mantığın Tarihçesi, 6 Aralık 2011.



## ÖZGEÇMİŞ

Tuğba PALABAŞ, 1985 yılında Zonguldak'ta doğdu. İlköğrenimini Hisarönü İlköğretim Okulu'nda başlayıp Çatalağzı Merkez İlköğretim Okulu'nda, ortaöğrenimini Çatalağzı Merkez İlköğretim Okulu'nda, lise öğrenimini Mehmet Çelikel Anadolu Lisesi'nde tamamladı.2004-2008 yılları arasında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümü'nde Lisans Programı'nı tamamladı. 2008 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde Yüksek Lisans Programı'na başladı. İyi seviyede İngilizce bilmektedir.