

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

**BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BULANIK KURAL TABANLI KENAR TESPİTİ ÇALIŞMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Fatih KARA**

**KASIM 2018**  
**TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BULANIK KURAL TABANLI KENAR TESPİTİ ÇALIŞMASI**

**Fatih KARA**

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

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 08.10.2018  
Tezin Savunma Tarihi : 02.11.2018**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mustafa ULUTAŞ**

**Trabzon 2018**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında  
Fatih KARA Tarafından Hazırlanan**

**BULANIK KURAL TABANLI KENAR TESPİTİ ÇALIŞMASI**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 09/07/2018 gün ve 1759 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak kabul edilmiştir.**

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Prof. Dr. Mustafa ULUTAŞ**

*m. ulutaş*

**Üye : Prof. Dr. Murat EKİNCİ**

*Murat*

**Üye : Doç. Dr. Erdal KILIÇ**

*Erdal*

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**

**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

Sayısal görüntülerde Tuz ve Biber gürültüsünün kenar bulma üzerinde olumsuz etkisi mevcuttur. Birçok kenar bulma yönteminde gürültü giderilmeye çalışıldıktan sonra görüntü üzerinde kenar bulma işlemleri uygulanmaktadır. Bu çalışma kenar devamlılığını esas alarak bulanık kuralları işlemlere dahil eden bir yöntemin iyileştirilebilmesi için yeni bir yöntem önermektedir.

Yüksek lisans eğitimim süresince bilgisiyle bizlere yol gösteren, ihtiyaç duyduğum her an benden yardımını esirgemeyen hocam sayın Prof. Dr. Mustafa ULUTAŞ'a verdiği cesaret ve destekten dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her anında yanımda olan, her türlü fedakarlığı gösteren anneme, babama kardeşlerim Yavuz KARA ve Yasin KARA'ya saygı ve sevgilerimi sunarım.

Fatih KARA  
Trabzon, 2018

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Bulanık Kurallara Tabanlı Kenar Tespiti Çalışması” başlıklı çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Mustafa ULUTAŞ’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda 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. 02/11/2018

Fatih KARA

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa No

ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
ÖZET .....	VIII
SUMMARY .....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ .....	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Bulanık Mantık .....	2
1.2.1. Klasik Küme ve Bulanık Küme.....	3
1.2.2. Bulanık Kümede Üyelikler .....	4
1.2.2.1. Üyelik Fonksiyonu .....	4
1.2.2.2. Üçgen Üyelik Fonksiyonu .....	5
1.2.2.3. Yamuk Üyelik Fonksiyonu.....	6
1.2.2.4. Gauss Üyelik Fonksiyonu.....	6
1.2.3. Üyelik Fonksiyonuna İlişkin Kavramlar .....	7
1.2.4. Normal ve Normal Olmayan Bulanık Küme .....	8
1.2.5. $\alpha$ Kesim Kümesi .....	8
1.2.6. Düzey Kümesi .....	8
1.2.7. Bulanık Küme İşlemleri.....	9
1.2.7.1. Eşitlik.....	9
1.2.7.2. Alt Küme .....	9

1.2.7.3. Tamamlayıcı Kümesi.....	10
1.2.7.4. Birleşim Kümesi.....	10
1.2.7.5. Kesişim Kümesi.....	11
1.2.8. Bulanık Mantık İşlemleri.....	11
1.2.8.1. Genel Bilgi Tabanı .....	12
1.2.8.2. Bulanıklaştırışı.....	12
1.2.8.3. Bulanık Çıkarım Motoru .....	12
1.2.8.4. Durulaştırışı .....	13
1.2.9. Durulaştırma Yöntemleri.....	13
1.2.9.1. En Büyük Üyelik Yöntemi .....	13
1.2.9.2. Ağırlık Merkezi Yöntemi .....	13
1.2.9.3. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi.....	14
1.2.9.4. Ortalama En Büyük Üyelik Yöntemi .....	15
1.3. Kenar Bulma Yöntemleri.....	16
1.3.1. Kenar Operatörleri.....	16
1.3.1.1. Canny Kenar Operatörü.....	17
1.4. Entropi .....	17
2. YAPILAN ÇALIŞMA.....	19
2.1. Giriş .....	19
2.2. Optimum c Değeri .....	20
2.3. Yöntemin Geliştirilmesi .....	23
2.4. Bulanık Kurallar .....	26
2.5. Kenar Devamlılığı Bulanık Kuralları .....	27
2.6. Bulanık Kuralların Seçilmesi .....	28
2.7. Durulaştırma .....	29
2.8. Görüntü Doğrulama (FOM) .....	30
3. BULGULAR VE İRDELEME.....	31

3.1.	Yöntemlerin Görsel Sonuçları .....	31
3.2.	Kenar Bulma Yöntemlerinin FOM ile Karşılaştırılması .....	41
3.3.	Maksimum Entropi Hesaplama Yöntemi .....	42
3.4.	Farklı Gürültü Oranlarının Görsel Sonuçları ve SGO ile Seçim .....	42
3.5.	Sentetik Görüntülerde Programın Denenmesi.....	43
3.6.	Çift Kenarların Bulunmasının Engellenmesi.....	45
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	46
5.	KAYNAKLAR.....	48

ÖZGEÇMİŞ



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

BULANIK KURAL TABANLI KENAR TESPİTİ ÇALIŞMASI

Fatih KARA

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Mustafa ULUTAŞ  
2018, 50 Sayfa

Sayısal görüntülerde kenarları tespit ederken karşılaşılan zorluklardan biri gürültüdür. Bu çalışmanın amacı bulanık mantık ile kenarları belirlemektir.

Bu çalışmada tuz ve biber gürültüsü eklenmiş gri seviyeli sayısal görüntülerde bulanık kurallara (BK) ve kenar devamlılığı bulanık kurallarına (KDBK) dayalı kenar tespiti yapan bir yöntem incelenmiştir. Bu yöntem diğer kenar belirleme tekniklerinde ihtiyaç duyulan parametreye ihtiyaç duymamaktadır ve gürültüden çok az etkilenmektedir. Çoğu kenar belirleme teknikleri türevlere dayandığı için gürültüden kayda değer oranda etkilenerek çalışmaktadır.

Kenar belirleme tekniğinde kullanılan maksimum entropi değeri adaptif olarak hesaplanmıştır. Bulanık üyelikler maksimum entropinin tespit edildiği bu değere göre hesaplanmıştır. Bu çalışmada maksimum entropinin tespit edilebilmesi için Maksimum Entropi Bulma Yöntemi (MEBY) önerilmiştir. Bu yöntem sayesinde maksimum entropi daha hızlı tespit edilebilmiştir.

Çıktılar, Canny kenar bulma yöntemi ile karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sayısal Görüntü, Bulanık Mantık, Bulanık Kural, Kenar Devamlılığı

Master Thesis

SUMMARY

A STUDY ON FUZZY RULE BASED EDGE DETECTION

Fatih KARA

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Science  
Computer Engineering Graduate Program  
Supervisor: Prof. Dr. Mustafa ULUTAŞ  
2018, 50 Pages

Noise is one of the difficulties encountered when detecting edges in digital images. The aim of this study is to detect edges in digital images using fuzzy logic rules.

Edge detection based on fuzzy rule (FR) and edge continuity fuzzy rules (ECFR) is investigated for gray level digital images with salt and pepper noise. This method does not need parameters as other edge detection techniques and is little affected by salt and pepper noise. As most of the other methods are based on derivatives they are influenced by pixel noise considerably.

The maximum entropy value used by the technique is calculated adaptively. Fuzzy memberships are calculated according to the value at which maximum entropy is detected. Maximum Entropy Detecting Method (MEDM) proposed in order to determine maximum entropy in this study. Maximum entropy can be detected faster by the proposed method.

Outputs are compared with Canny edge detection method.

**Keywords:** Digital Image, Fuzzy Logic, Fuzzy Rule, Edge Continuity

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1. Klasik kümelerde sıcaklık sınıflaması.....	3
Şekil 2. Klasik ve bulanık küme gösterimi.....	4
Şekil 3. Sıcak, ılık ve soğuk üyelik fonksiyonları .....	5
Şekil 4. Üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonu .....	5
Şekil 5. Yamuk şeklindeki üyelik fonksiyonu.....	6
Şekil 6. Gauss şeklindeki üyelik fonksiyonu.....	7
Şekil 7. Üyeliklerin öz ve sınır bölgeleri.....	7
Şekil 8. (a) Normal bulanık küme, (b) Normal olmayan bulanık küme .....	8
Şekil 9. B kümesinin A kümesini kapsamaması .....	9
Şekil 10. Tamamlayıcı küme .....	10
Şekil 11. A ve B kümelerinin birleşimi .....	10
Şekil 12. A ve B kümelerinin kesişimi .....	11
Şekil 13. Bulanık mantık aşamaları.....	12
Şekil 14. En büyük üyelik yöntemi .....	13
Şekil 15. Ağırlık merkezi yöntemi .....	14
Şekil 16. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi .....	15
Şekil 17. Ortalama en büyük üyeliklerin bulunması .....	15
Şekil 18. Optimum c değeri.....	18
Şekil 19. Üyelik grafiği .....	18
Şekil 20. Bir pikselin komşuları .....	19
Şekil 21. Bulanık kural şablonları .....	19
Şekil 22. % 2 Tuz ve biber gürültüsü eklenmiş Lena görüntüsünün c değerlerine bağlı değişimi.....	21
Şekil 23. (a) % 20 Tuz ve biber gürültüsü eklenmiş Cameraman görüntüsü, (b) Cameraman görüntüsüne ait entropi grafiği, (c) %30 Tuz ve biber gürültüsü eklenmiş Tire görüntüsü, (d) Tire görüntüsüne ait entropi grafiği, (e) % 40 Tuz ve biber gürültüsü eklenmiş cell görüntüsü, (f) Cell görüntüsüne ait entropi grafiği .....	22
Şekil 24. Board görüntüsü .....	23
Şekil 25. Board görüntüsüne ait entropi grafiği .....	23
Şekil 26. A, B ve C noktaları.....	24
Şekil 27. Maksimum entropi belirleme yöntemi .....	25

Şekil 28. Pozitif ve negatif komşular.....	26
Şekil 29. Q pikselinin 3 ve 7 numaralı komşuları için KDBK şablonu.....	27
Şekil 30. Çıkış üyelik fonksiyonu .....	29
Şekil 31. Tuz ve Biber Gürültüsü (0.02), Gaussian (0.01) ve Speckle (0.04).....	31
Şekil 32. Tuz ve Biber Gürültüsü (0.02), Gaussian (0.01) ve Speckle (0.04).....	32
Şekil 33. Tuz ve Biber Gürültüsü (0.02), Gaussian (0.01) ve Speckle (0.04).....	33
Şekil 34. Tuz ve Biber Gürültüsü (0.02), Gaussian (0.01) ve Speckle (0.04).....	34
Şekil 35. Tuz ve Biber Gürültüsü (0.02), Gaussian (0.01) ve Speckle (0.04).....	35
Şekil 36. Tuz ve Biber Gürültüsü (0.02), Gaussian (0.01) ve Speckle (0.04).....	36
Şekil 37. Tuz ve Biber Gürültüsü (0.02), Gaussian (0.01) ve Speckle (0.04).....	37
Şekil 38. Tuz ve Biber Gürültüsü (0.02), Gaussian (0.01) ve Speckle (0.04).....	38
Şekil 39. Tuz ve Biber Gürültüsü (0.02), Gaussian (0.01) ve Speckle (0.04).....	39
Şekil 40. Tuz ve Biber Gürültüsü (0.02), Gaussian (0.01) ve Speckle (0.04).....	40
Şekil 41. (a) S1 görüntüsü, (b) KDBK çıktısı, (c) Canny(0.3), (d) Canny(0.01) .....	43
Şekil 42. (a) S2 görüntüsü, (b) KDBK çıktısı, (c) Canny(0.01) çıktısı .....	44
Şekil 43. Çift kenar önleme yöntemi matlab kodu .....	45

## TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. G1-G10 görüntülerinin FOM değerleri .....	41
Tablo 2. Yöntemlerin çalışma süreleri .....	42



## SEMBOLLER DİZİNİ

BK	Bulanık Kurallar
FOM	Görüntü Doğrulama
GSF	Gri Seviye Farkı
KDBK	Kenar Devamlılığı Bulanık Kuralları
MEBY	Maksimum Entropi Belirleme Yöntemi
Negatif(x)	Negatif üyelik derecesi
OED	Ortalama Entropi Değeri
Pozitif (x)	Pozitif üyelik derecesi
$\mu$	Üyelik derecesi

# 1. GENEL BİLGİLER

## 1.1. Giriş

Gürültü azaltma işlemi görüntü işleme sürecinde görüntülerin kalitesini iyileştirmek için genellikle bir ön aşama olarak kullanılmaktadır [1]. Tuz ve biber gürültüsü görüntülerde orijinal bilginin kaybolmasına neden olur. Tuz ve biber gürültüsünde piksellerin komşularıyla olan gri seviye farkı belirgin derecededir. Tuz ve biber gürültüsünün azaltılmasına çözüm üretmek amacıyla kullanılan lineer olmayan yöntemler mevcuttur. Metin bilgisi içeren görüntülerde kFill yöntemi kullanılarak gürültü giderilir [2]. kFill yöntemi ON(siyah) ve OFF(beyaz) etiketlendirme kullanarak gürültüyü gidermeye çalışır. Gürültü pikselinin görüntüyü tarayan şablon içinde tek bir piksel olarak var oluyorsa kFill yöntemi bu gürültünün giderilmesine yardımcı olamaz. Gürültünün bir pikselden fazla olduğu durumlarda geliştirilmiş kFill yöntemi kullanılır [2]. Belirli bir pencere içindeki piksellerin gri seviyelerine göre sıralanıp en büyük veya en küçük gri seviyenin seçilmesi adımlarını kullanan maksimum filtre ve minimum filtre yöntemleri vardır. Bu filtreler detay kaybını en aza indirme noktasında başarılıdır (URL-3,2018). Median filtre ise sık kullanılan bir gürültü giderme yöntemi olarak karşımıza çıkar. Median filtrelemede belirli bir pencerede yer alan piksellerin gri seviye değerleri büyükten küçüğe sıralanır. Sıralı değerlerin ortasında yer alan değer merkez değer kabul edilir. Median filtreleme düşük oranlardaki tuz ve biber gürültü seviyelerinde iyi sonuç verir (URL-4, 2018). Gürültü oranı %40'lara ulaştığı görüntülerde standart median filtreleme başarılı olamamaktadır [5]. Yüksek seviye gürültü içeren görüntülerde farklı yöntemler kullanılarak gürültü giderilmeye çalışılmıştır. Progressive Switching Median (PSM) filtre, Extremum Median (EM) filtre, Adaptive Median (AM) filtre ve Weighted Median (WM) filtre piksellerin sinyal ve gürültüye dayalı olarak sınıflandırıldığı yöntemlerdir. Bu yöntemler yüksek seviyede gürültü içeren görüntülerde başarılı olmuştur. Gürültü seviyesinin daha da yükseldiği görüntüler için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Yerel bilgiye dayanan; gürültü seviyesini düşük, orta ve yüksek şeklinde sınıflandıran bir yöntem önerilmiştir [5]. Bu yöntem %80 civarında gürültü oranına sahip görüntülerde iyi sonuç vermektedir.

Gürültü seviyesinin %80'den fazla olduğu görüntülerde bulanık mantık kuralları ile olumlu sonuçlar elde edilmiştir [6-7]. Bahsedilen gürültü azaltma yöntemleri kenar bulma aşamasından önce uygulanır. Bu da orijinal görüntünün bozulmasına neden olur. [8]'de anlatılan yöntemde Tuz ve Biber gürültüsü için bir ön aşama olan gürültü giderme uygulanmamaktadır. Herhangi bir müdahale yapılmamış gürültülü görüntü üzerinde bulanık mantık kuralları kullanılarak kenar tespiti yapılmaktadır. Bu çalışma kenar devamlılığına dayalı bulanık mantıkla [8]'de bahsedilen kenar bulma yöntemi üzerinde geliştirme yapmayı amaçlamaktadır. İki farklı yöntem kullanılarak çalışma süresinin azaltılması bu çalışmada anlatılmaktadır. İlk geliştirme entropilerin hesaplanması aşamasında yapılacaktır. İkinci geliştirme işleme sokulan görüntülerde seçim yapılacaktır. Entropilerin 0-255 gri seviye değerlerine göre hesaplanması yerine seçilen gri seviye değerine göre ölçüm yapılacaktır. Böylece maksimum entropinin üretildiği yer tespit edilmeye çalışılacaktır. Ayrıca gürültülü görüntü girdilerinden gürültü seviyesi az olanların tespiti yapılacaktır. Bu tespitle gürültü seviyesi az olan görüntülere KDBK ile üyelik değerleri hesaplanmadan sadece BK ile üyelik değerleri hesaplanarak durulaştırmaya gidilecektir.

## 1.2. Bulanık Mantık

Gerçek dünyada durumlar ve olgular kesin değerlerle ifade edilemeyebilir. Durum ve olgular sürekli değişim içindedir. Bu değişimler keskin değildir ve ara değerlerden oluşur. Kesin olmayan bu bilgiler bize bulanık veri kümelerini oluşturur. Bulanık yöntemlerde ara değerlere dayalı olarak bulanık kurallar belirlenebilmektedir. Bulanık mantık, bulanık giriş değerleri ile bulanık kuralları değerlendirerek anlamlı sonuçlar üretmeyi sağlar [9]. Bulanık mantık günlük hayatta da karşımıza çıkar. Örneğin asansör, motor gücünü yüke göre devamlı değiştirerek elektrik tasarrufu yapar. Araç süren bir kişi frene basma şiddetini aracın hızına göre ayarlar.

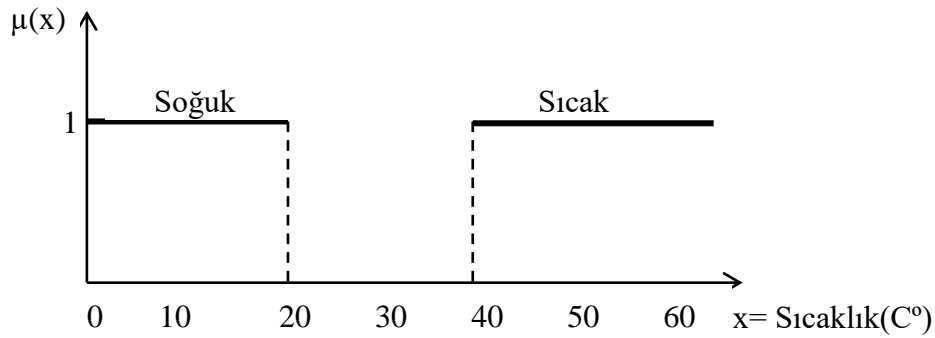
Bulanık mantık ile ilgili ilk kavramlar Lütfü Aliasker Zade tarafından ortaya atılmıştır. Daha önce Jan Lukasiewicz üç değerli mantığı açıklayarak doğru yanlış arasında bir ara değer olabileceğini belirtmiştir. Donald Erwin Knuth 1938'de üç değerli mantığı [0,1,2] yerine [-1,0,1] ile açıklamıştır. Arend Heyting çok değerli mantık üzerine çalışmalar yapmıştır. Lütfü Aliasker Zade bilgisayar mantığının yetersizliğini tespit etmiş ve bulanık kümeler üzerine çalışmıştır [10]. Bulanık mantık konusunda ilk olarak Lütfü



Aliasker Zade 1965 yılında yayınladığı makalede bir varlığın bir kümeye aitliğinin (0,1) arasında değer alabileceğini ifade etmiştir [11]. Dilsel bilgi ile insanların denetim alanında makinelere göre daha başarılı olduğundan Zadeh bahsetmiştir. Mamdani 1975 yılında bir buhar makinesini bulanık mantık ile denetlemiştir. Çimento fabrikalarında bulanık mantık ile denetim 1980 yılında bir Hollanda şirketi tarafından yapılmıştır. Sendai metrosunda Hitachi ekibi 1987 yılında bulanık mantık ile trenlerin yavaşlama ve hızlanma denetimini yapmıştır. Önce doğuda gelişen bulanık mantık, uygulama alanlarının genişlemesiyle batıda ilgi görmüştür. Daha sonraki yıllarda dünyada bulanık mantık önem kazanmaya başlamıştır. Birçok farklı alanda bulanık mantık ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır [12].

### 1.2.1. Klasik Küme ve Bulanık Küme

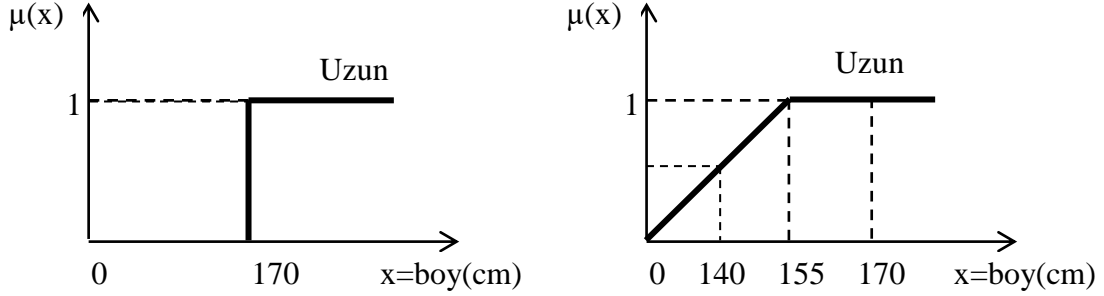
Klasik kümeye göre aitlik kümenin ögesi olması ya da olmaması şeklinde ifade edilir. Bu kümenin karakteristik özelliğini gösterir ve karakteristik fonksiyonu  $\mu_A: X \rightarrow \{0,1\}$  şeklinde yazılır. Bir kümeye ait bir üyenin üyelik derecesi 1 ile ifade edilebilir. Üye olmayan ögeler için üyelik 0'dır. Şekil 1'de sıcaklık değerlerine göre üyelik değişimi gösterilmiştir.



Şekil 1. Klasik kümelerde sıcaklık sınıflaması

Bulanık mantıkta ise bir kümeye üye olan bir ögenin üyelik derecesi (0,1) aralığındadır. Klasik mantığa göre bir sınıfta 170 cm üzerinde boyu olan öğrencileri uzun boylu kabul edersek boyu 169 cm olanlar kısa boylu kabul edilmelidir. Oysa bulanık

mantıkta 170 cm uzun boylu olmak için tam üyeliğe (1)'e eşittir. Bulanık ve klasik kümelere ait üyelik dereceleri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Klasik ve bulanık küme gösterimi

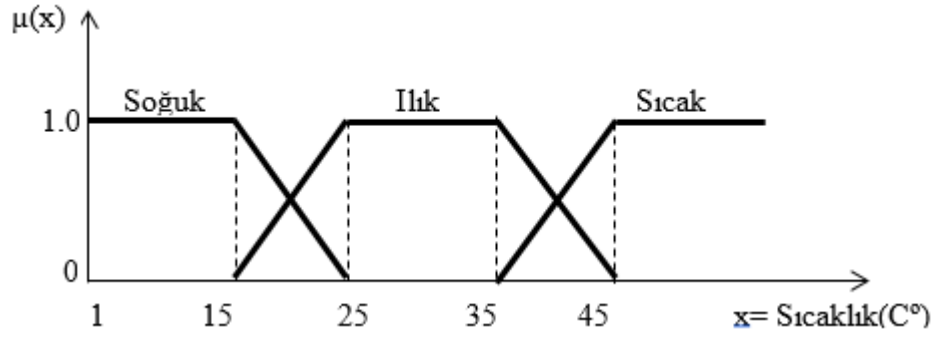
### 1.2.2. Bulanık Kümede Üyelikler

Bulanık kümelerde üyelik dereceleri  $[0,1]$  aralığında değer almaktadır. Bu değerler küme elemanlarının ilgili kümeye kısmen ait olduğunu belirtir. Küçük (0'a yaklaşan) değerler için kümeye ait olma derecesi düşer. Büyük (1'e yaklaşan) değerler için kümeye ait olma derecesi artar. Bulanık kümelerde üyelik fonksiyonu  $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$  şeklinde olur.

#### 1.2.2.1. Üyelik Fonksiyonu

Bulanık kümeler için kullanılan birçok üyelik fonksiyonu vardır. Bulanık kümelerde üyeliklerin farklı yöntemlerle gösterilmesi üyelik değerlerine ve üyeliklerin yoğunlaştığı noktalara bağlıdır. Tam üyelik 1 değeri alır. Örneğin birden fazla tam üyelik varsa ve diğer üyeliklerin farklı yönlerde aldığı değerler kenarlara doğru azalıyorsa yamuk üyelik fonksiyonu kullanılabilir. Üçgen üyelikte ise tam üyelik (1 değeri) tek bir değer için mümkündür. En çok kullanılan üyelik fonksiyonları; üçgen, yamuk ve Gauss biçimlidir.

Üyeliklerin birbiri üzerine örtüşmesiyle farklı alt kümelerdeki üyelikler hakkında bilgi sahibi olabiliriz. Şekil 3'te farklı sıcaklık değerlerine göre üyelikleri gösterilmiştir.

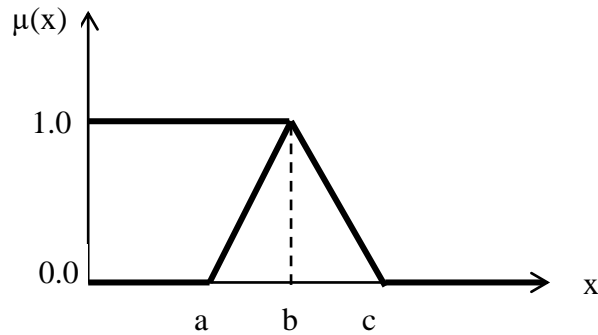


Şekil 3. Sıcak, ılık ve soğuk üyelik fonksiyonları

### 1.2.2.2. Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonunda orta kısımda üyelik değeri kenar kısımlara göre fazladır. Kenarları a ve c ile temsil edersek b üyeliğin arttığı orta kısım olur. Eşitlik (1)'de üçgen üyelik fonksiyonu tanımlanmıştır. Fonksiyonun grafik gösterimi Şekil 4'te verilmiştir [13].

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

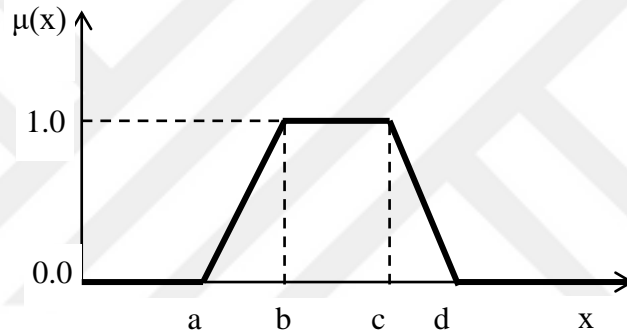


Şekil 4. Üçgen şeklindeki üyelik fonksiyonu

### 1.2.2.3. Yamuk Üyelik Fonksiyonu

Üçgen üyelik fonksiyonundan farklı olan tarafı belirli bir aralıkta tam üyelik (üyelik değeri 1) olmasıdır. a, b, c ve d parametreleri ile tanımlanan yamuk üyelik fonksiyonu eşitlik (2)'de tanımlanmıştır. Fonksiyonun grafik gösterimi Şekil 5'te verilmiştir [13].

$$\mu_A = (x; a, b, c, d) = \begin{cases} (x-a) / (b-a), & a \leq x \leq b \\ 1 & , \quad b \leq x \leq c \\ (d-x) / (d-c), & c \leq x \leq d \\ 0 & , \quad x > d \text{ veya } x < a \end{cases} \quad (2)$$

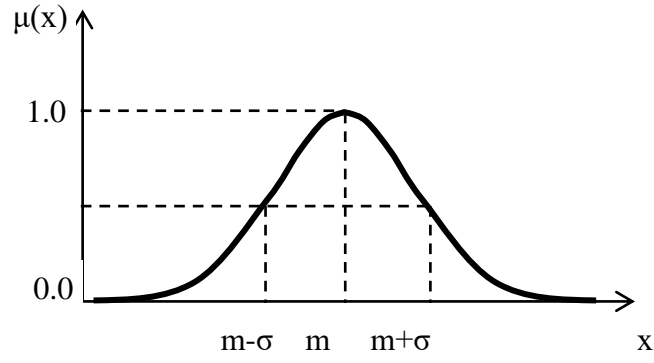


Şekil 5. Yamuk şeklindeki üyelik fonksiyonu

### 1.2.2.4. Gauss Üyelik Fonksiyonu

Bu fonksiyonda m merkez değer olarak seçilir. Genişlik  $\sigma$  değeri ile belirlenmiştir ve karşılık gelen üyelik değerleri eşitlik (3)'te gösterilmiştir. Üyelik fonksiyonu  $\mu_A(m)$  için maksimum 1 üyelik değerini alır. Fonksiyonun grafiği Şekil 6'da verilmiştir [13].

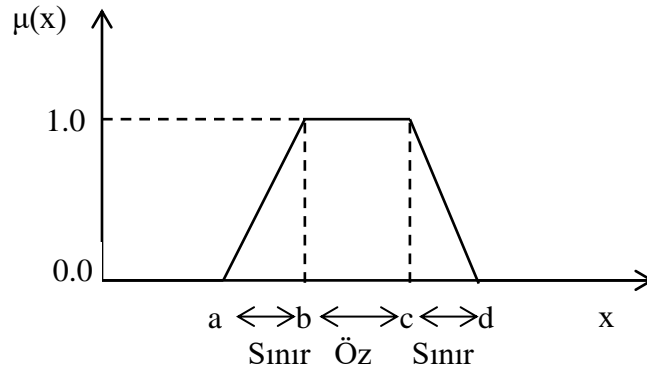
$$\mu_A(x; m, \sigma) = e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$



Şekil 6. Gauss şeklindeki üyelik fonksiyonu

### 1.2.3. Üyelik Fonksiyonuna İlişkin Kavramlar

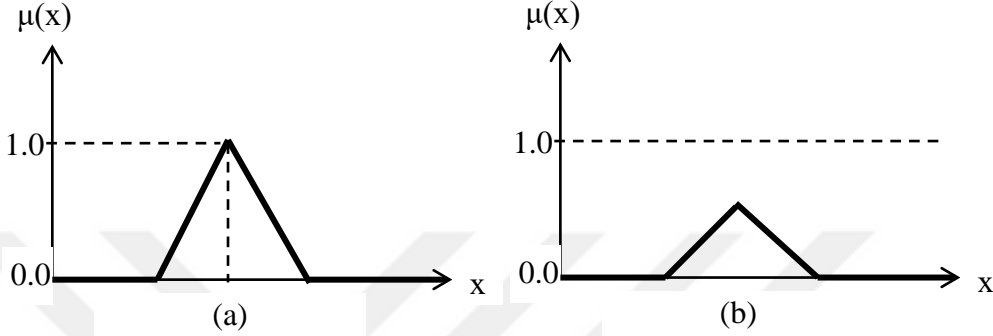
Öz bölgesi; üyelik derecesi 1 olan elemanları, sınır bölgesi; 1 ve 0 arasında üyelik değerleri olanları, dayanak; alt kümeye ait tüm elemanları içeren aralığı gösterir. Öz tam üyeliği sınır ise belirsiz olanları temsil eder. Öz ve sınır genişlikleri bu alt kısımlara ne kadar elemanın dâhil olacağını bize verir. Bu üyelik dereceleri  $0 < \mu(x) < 1$  şeklinde ifade edilir [14]. Şekil 7’de öz ve sınır bölgeleri gösterilmektedir.



Şekil 7. Üyeliklerin öz ve sınır bölgeleri

### 1.2.4. Normal ve Normal Olmayan Bulanık Küme

En yüksek üyelik derecesi 1'e eşit olan kümeler Normal bulanık küme olarak adlandırılır. Üyelik derecelerinin en büyük üyelik derecesine bölünmesiyle normal olmayan bulanık kümeler normal hale çevrilir (URL-15, 2018).



Şekil 8. (a) Normal bulanık küme, (b) Normal olmayan bulanık küme

### 1.2.5. a Kesim Kümesi

Üyelik değeri belirli bir  $a$  değerinden büyük olan kümeye kesim kümesi denir.  $X$  evrensel kümesinin  $A$  bulanık kümesinde kesim kümesi Eşitlik (4)'te gösterilmektedir.  $a$  değeri istenilen bir değer seçilebilir. Eşitlik (4)'te  $\geq$  yerine  $>$  kullanılırsa buna güçlü kesit  $a$  kümesi denir [16].

$$A_a = \{x \in X \mid \mu_A(x) \geq a\} \quad (4)$$

### 1.2.6. Düzey Kümesi

$X$  evrensel kümesinde yer alan bulanık bir  $A$  kümesinin tüm  $a$  kesitlerini gösteren değerler kümesi eşitlik (5)'te ifade edilmektedir [16].

$$A_A = \{a \mid \mu_A(x) = a, a \geq 0, x \in E\} \quad (5)$$

## 1.2.7. Bulanık Küme İşlemleri

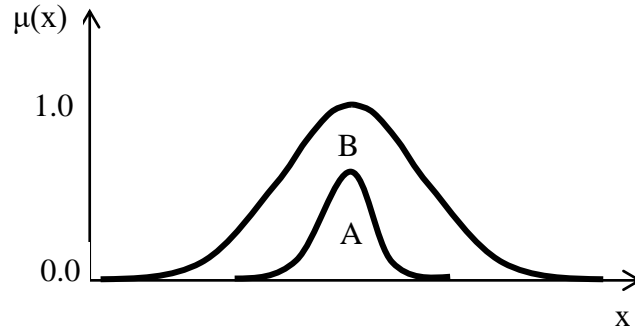
### 1.2.7.1. Eşitlik

X evrensel kümesinde yer alan A ve B bulanık kümelerinin eşit olması bu kümelere ait tüm öğelerin üyelik derecelerinin eşit olması ile mümkündür. Eşit olma durumu  $\forall x \in X$  için eşitlik (6)'da ifade edilmektedir [13].

$$\mu_A(x) = \mu_B(x) \quad (6)$$

### 1.2.7.2. Alt Küme

Bulanık bir A kümesinin tüm üyelerinin üyelik derecesi bulanık bir B kümesinin tüm üyelerinin üyelik derecesinden küçük veya bulanık bir B kümesinin tüm üyelik derecesine eşitse A; B'nin alt kümesidir denir. B kümesinin A kümesini kapsaması Şekil 9'da ifade edilmiştir [13].

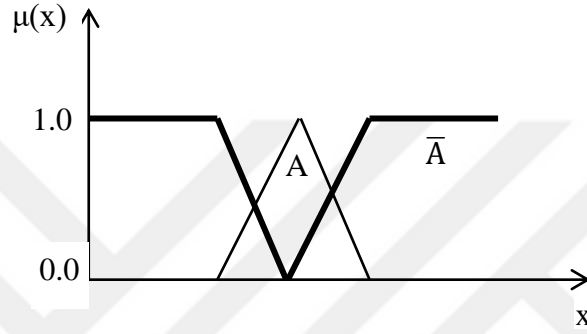


Şekil 9. B kümesinin A kümesini kapsaması

### 1.2.7.3. Tamamlayıcı Kümesi

A bulanık kümesinin tamamlayıcı kümesinin üyelik derecesi ile A kümesinin üyelik derecesinin toplamı 1'e eşittir.  $\bar{A}$  tamamlayıcı kümesinin üyelik derecesi eşitlik (7)'de gösterilmiştir. Şekil 10'da bulanık küme ve tamamlayıcısı gösterilmiştir [18].

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (7)$$

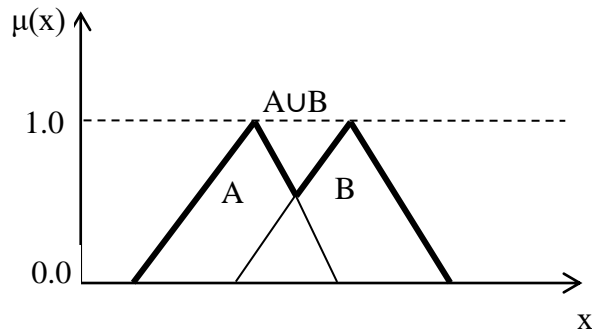


Şekil 10. Tamamlayıcı küme

### 1.2.7.4. Birleşim Kümesi

A ve B bulanık kümelerinin birleşimi her üyelik derecesinden büyük olana eşittir. A ve B kümeleri  $A \cup B$  kümesinin alt kümesidir. Eşitlik (8)'de iki bulanık kümenin birleşimi gösterilmiştir. İki bulanık kümenin birleşimi Şekil 11'de gösterilmiştir [17].

$$\mu_{A \cup B}(x) = \{\forall x \in X \mid \max(\mu_A(x), \mu_B(x))\} \quad (8)$$



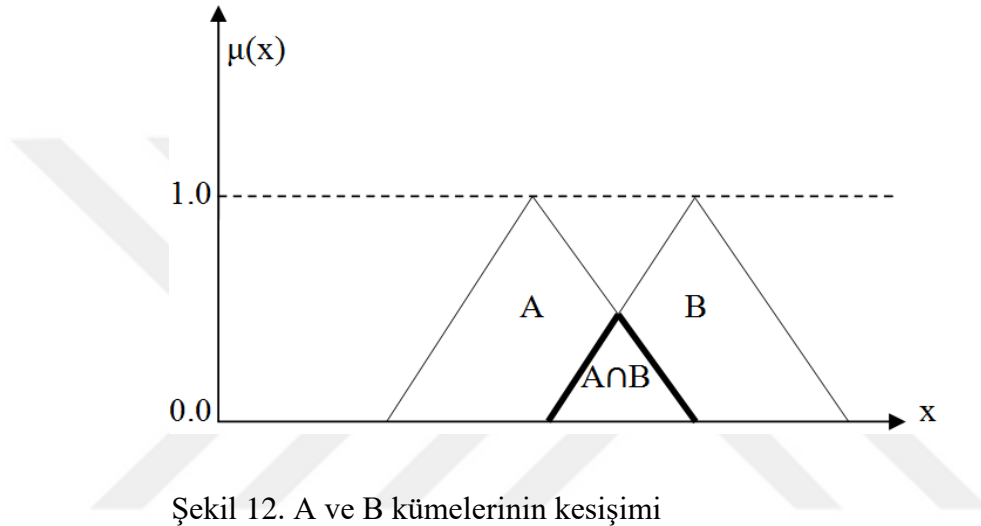
Şekil 11. A ve B kümelerinin birleşimi



### 1.2.7.5. Kesişim Kümesi

A ve B bulanık kümelerinin kesişim kümesi  $A \cap B$ ; her iki kümedeki üyelik değerinden küçük olanları temsil etmektedir. A ve B bulanık kümelerinin kesişimi Eşitlik (9)'da verilmiştir. Şekil 12'de A ve B bulanık kümelerinin kesişimi gösterilmiştir [17].

$$A \cap B = \{\forall x \in X \mid \min(\mu_A(x), \mu_B(x))\} \quad (9)$$

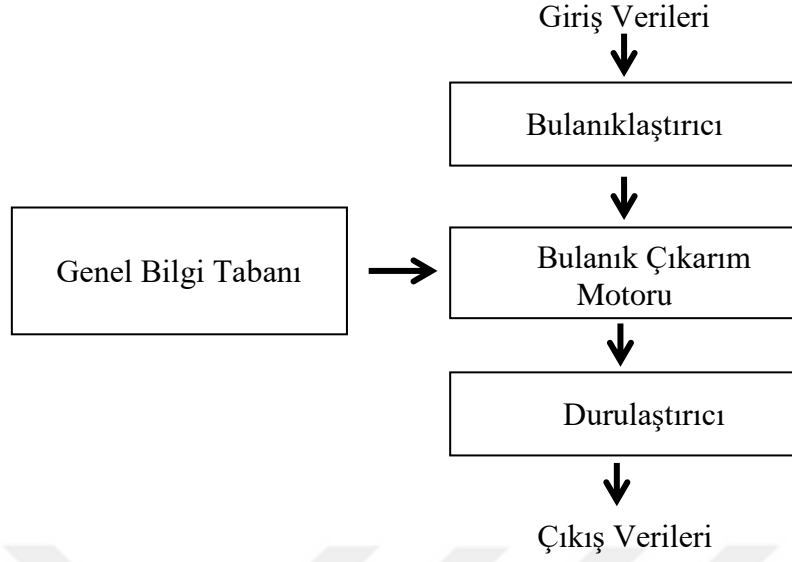


Şekil 12. A ve B kümelerinin kesişimi

### 1.2.8. Bulanık Mantık İşlemleri

Bulanık mantık problem çözümünde kural tabanı ve veri tabanı kullanır. Kural kümesi denetimin yöntemini ve hedeflerini belirler. Kural tabanındaki kurallar ile giriş verileri değerlendirilerek çıkış bilgileri elde edilir. Eşitlik (10)'da bulanık kural tabanı açıklanmıştır. Eşitlik (10)'da A ve B bulanık üyelik değerlerine göre C bulanık üyelik değeri belirlenmektedir. Bulanık mantık sistemini oluşturan aşamalar Şekil 13'te gösterilmektedir.

$$\text{EĞER } A=x1 \text{ ve EĞER } B=x2 \text{ ise O HALDE } C=x3 \text{ tür} \quad (10)$$



Şekil 13. Bulanık mantık sistemi

#### 1.2.8.1. Genel Bilgi Tabanı

Sisteme giren bilgilerin dilsel ve kavramsal değerlerinin oluşturduğu veri bütünüdür. Karar mekanizmasının kural tabanı için kullandığı veri tabanı bilgileri ile kural tabanı bilgileri genel bilgi tabanını oluşturur.

#### 1.2.8.2. Bulanıklaştırışı

Sisteme giren verileri az, çok, daha çok gibi sözel ifadelerle karşı düşen bulanık üyeliklere çevrerek derecelendirme işlemi yapar.

#### 1.2.8.3. Bulanık Çıkarım Motoru

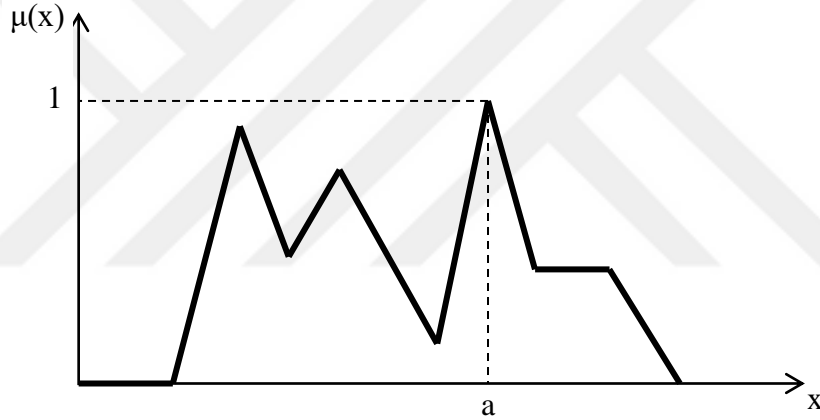
Sistemin giriş bulanık değerleriyle kurallar tablosu ilişkilendirilerek çıkarımlar yapması ve bunun sonucunda bulanık değerler üretilmesi işlemlerinin tamamını kapsar.

#### 1.2.8.4. Durulaştırışı

Bulanık değerler kümesinin kural tabanı ile çıkarımlar yapması sonucunda elde edilen değerler yine bulanık haldedir. Sonuç veya karar verme aşamasında bu değerlerin kesin sayısal değerlere dönüşmesi işlemine durulaştırma denir. Durulaştırma için farklı yöntemler mevcuttur.

#### 1.2.9. Durulaştırma Yöntemleri

##### 1.2.9.1. En Büyük Üyelik Yöntemi

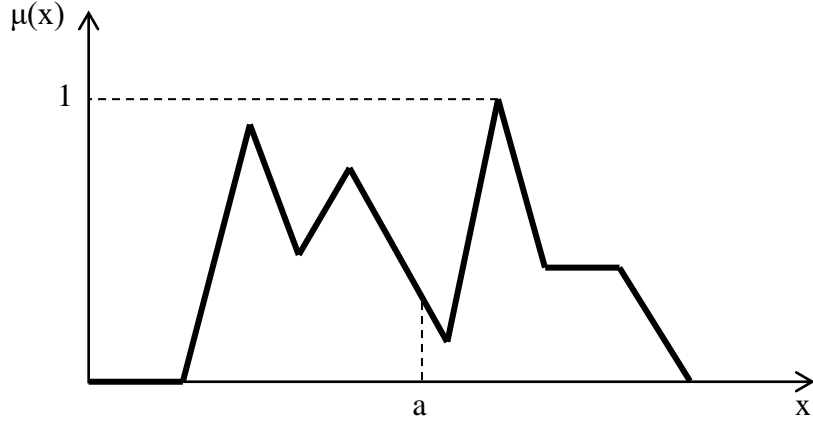


Şekil 14. En büyük üyelik yöntemi

Bu yöntemde tepe noktaları dikkate alınır. En büyük değere sahip nokta durulaştırma işlemi için hesaplamaya katılır. Şekil 14'te en büyük üyelik yöntemi gösterilmiştir [19].

##### 1.2.9.2. Ağırlık Merkezi Yöntemi

Çok tercih edilen bir yöntemdir. Bulanık çıkarım kümelerinin ağırlık merkezi bulunur. Bu ise şeklin ağırlık merkezidir. Eşitlik (11)'de verilen formülle durulaştırma yapılır [19].



Şekil 15. Ağırlık merkezi yöntemi

$$y^* = \frac{\int \mu(y)ydy}{\int \mu(y)dy} \quad (11)$$

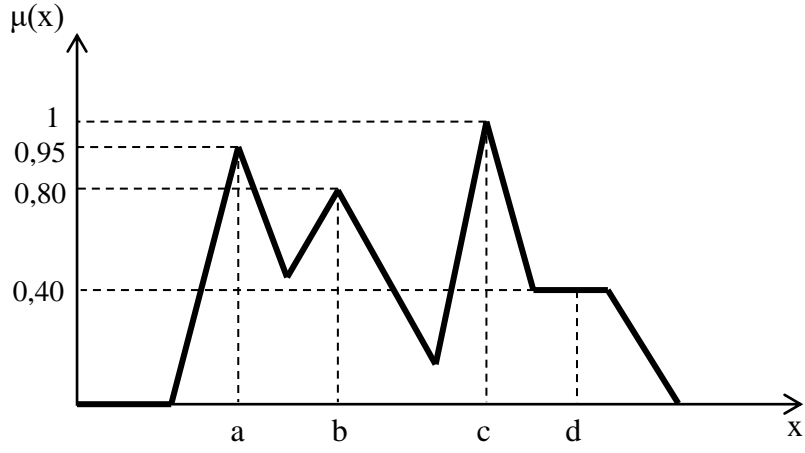
### 1.2.9.3. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi

Bulanık çıkarım sonucu oluşan bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları en büyük üyelik derecesi ile çarpılarak ağırlıklı ortalamaları bulunur. Eşitlik (12)'de durulaştırma işlemi verilmiştir [19].

$$y^* = \frac{\sum \mu(y)y}{\sum \mu(y)} \quad (12)$$

Ağırlıklı ortalama yönteminde a, b, c ve d farklı üyelik değerleri olarak kabul edilsin. Ağırlıkları üyelik şekillerinin merkez noktası olarak alınması koşuluyla ağırlıkları sırayla 0.95, 0.80, 1 ve 0.40 olsun. Bu değerler göre ağırlıklı ortalama yöntemi ile durulaştırma Eşitlik (13)'te verilmiştir.

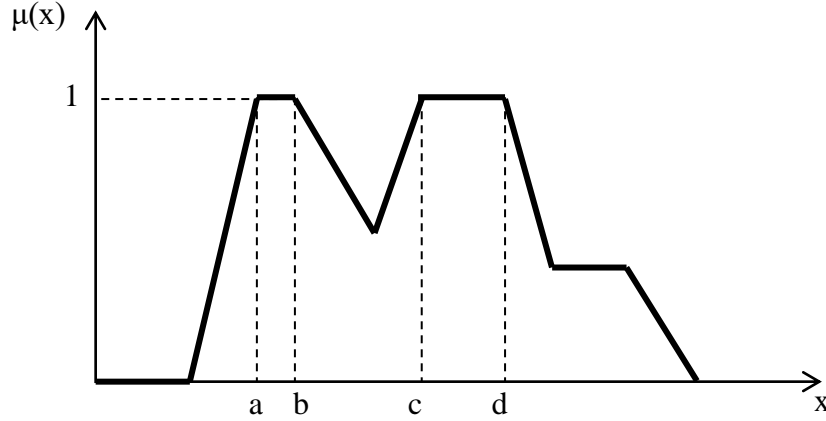
$$x = \frac{a(0.95)+b(0.80)+c(1)+d(0.40)}{a+b+c+d} \quad (13)$$



Şekil 16. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi

#### 1.2.9.4. Ortalama En Büyük Üyelik Yöntemi

En büyük üyelik değeri birden fazla olduğu durumlarda kullanılabilir. En büyük değerlerin orta noktaları seçilir. Seçilen bu orta noktalar arasında seçim yapılır. En büyük üyelik yöntemine benzerdir [19].



Şekil 17. Ortalama en büyük üyeliklerin bulunması

### 1.3. Kenar Bulma Yöntemleri

Görüntü işleme alanında kenar tespiti önemli bir yere sahiptir ve görüntü işleme aşamalarında ilk sırada bulunur. Diğer görüntü işleme adımlarının başarılı olması kenar algılama işleminin başarılı yapılmış olmasına bağlıdır [20]. Piksel düzeyinde gri seviye değişimlerinin olduğu alanlar görüntüde kenarları temsil eder. Diğer bir deyişle görüntü yoğunluğundaki keskin değişimler kenarları temsil eder [21]. Bu değişimler kenarlardan meydana gelebileceği gibi nokta ve çizgilerden de meydana gelebilir. Kenar tespiti yapan birçok operatör mevcuttur. Bu operatörlerin kenar bulma kalitesi gürültü, aydınlatma, benzer yoğunluğa sahip nesnelere ve görüntüdeki kenar yoğunluğuna göre değişmektedir [22]. Kenar bulma operatörleri genel olarak ikiye ayrılır. Birinci dereceden türev kullanan gradyan tabanlı kenar operatörleri bir maske ve bir eşik değeri kullanarak kenar tespiti yapar. Bunlara Sobel, Prewitt ve Robert operatörleri örnek verilebilir. Bunlara gradyan operatörleri de denir. Hesaplanan gradyan değeri belirli bir eşik değerden daha büyükse kenar belirlenmiş olur. İkinci dereceden türevlere dayalı yöntemler sıfır geçişini kullanırlar. Laplasyen buna örnek verilebilir. Birinci dereceden türevler daha kalın kenarlar için tepki verirler. İkinci derece türevler ince çizgiler, ayrı noktalar ve gürültü gibi gri seviye değişiminin birbirine yakın olduğu yerlerde daha etkindirler. Bu nedenle ikinci dereceden türev yöntemleri birinci dereceden türev yöntemlerine göre gürültüye daha fazla duyarlıdır.

#### 1.3.1. Kenar Operatörleri

Kenar bulma operatörleri gri seviyeleri belirli bir maske katsayıları ile çarparak işlem yapar. 3x3 maskenin merkezinde hesaplanan değer R ile gösterilirse bu değer Eşitlik (14)'te ifade edilmektedir.

$$R = w_1 z_1 + w_2 z_2 + \dots + w_9 z_9 = \sum_{k=1}^9 w_k z_k \quad (14)$$

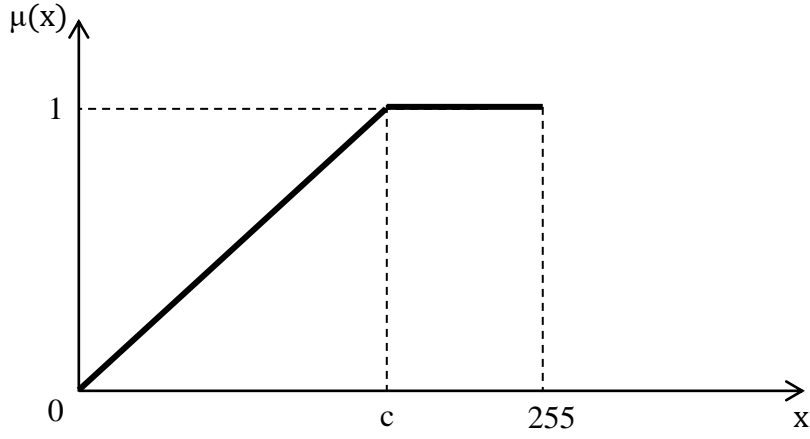
### 1.3.1.1. Canny Kenar Operatörü

Canny yöntemi Gauss filtresini kullanır. Canny tek kenar belirlemesi gerekir fakat lokal maksimumlar birden çok kenar bulmaya neden olur [25]. İlk aşama gauss ile filtreleme aşamasıdır. Böylece gürültünün etkisi azaltılır. Daha sonra gradyan değerler ortaya çıkarılır. Açılar kullanılarak kenar yönü belirlenir. Lokal maksimum etkiler en aza indirilmeye çalışıldıktan sonra eşik değeri ile kenar tespit edilir.

### 1.4. Entropi

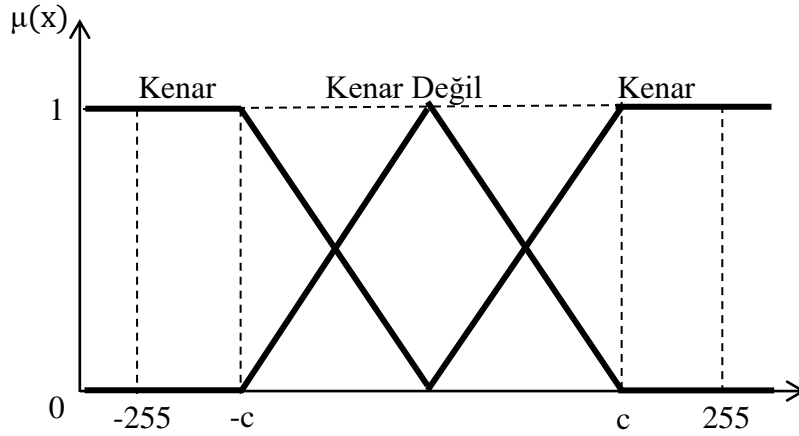
Kenar belirleme yöntemlerinin tüm farklı koşullarda her zaman iyi sonuç vermesi şu an için mümkün değildir [26]. Sobel, prewit gibi operatörler birinci türeye dayalı olarak çalışmakta ve gradyan katsayıları kullanmaktadırlar. İkinci türeyi kullanan Laplacian operatörler gürültüye daha fazla tepki verirler. Belirtilen yöntemlerde maskeler farklı görüntülerde bile olduğu gibi uygulanmaktadır. Oysa bir pikselin ve komşularının gri seviye farkı birçok etken nedeniyle farklı değerler alabilmektedir. Bu operatörlere ait başka bir zorluk ise pikselin komşularının belirli bir yönde olanlarının belirli bir katsayıyla, diğer yönde olanlarının da farklı katsayılarla işleme sokulmasıdır. Katsayıların belirlenmesinde görüntüdeki piksellerin gri seviyelerinin bir etkisi olmaz.

Burada anlatılan yöntemde her pikselin komşularıyla olan ilişkisi değerlendirilir. Bulanık değerler bir pikselin kendi komşularıyla olan gri seviye farkına göre hesaplanır. Bulanık değerler belirlenirken gri seviyeler maksimum aralığa bölünür. Maksimum standart aralık gri seviyeler için 255 olur. Buradaki bulanık yöntem ek olarak maksimum aralık 255 yerine optimum bir değeri seçilmektedir. Bu optimum c değeri Şekil 18'te gösterilmiştir.



Şekil 18. Optimimum c değeri

Bulanık yöntemde ise ilk olarak Merkez(Q) piksele ait komşu piksellerin farklı yönlerdeki kenar olma durumları için üyelik değerleri belirlenerek tümüyle görüntüye ait bir bilgi elde edilmiş olur. Şekil 19'da üyelik fonksiyonları için üyelik grafiği gösterilmektedir.



Şekil 19. Üyelik grafiği



## 2. YAPILAN ÇALIŞMA

### 2.1. Giriş

Bulanık çıkarım kurallarının uygulanması için ilk olarak piksellerin komşularıyla gri seviye farkları  $x_k$ ;  $k \in \{1, 2, \dots, 8\}$  hesaplanmaktadır. Bir piksel için sekiz farklı komşu vardır. Şekil 20’de bir pikselin komşuları gösterilmektedir. Merkez(Q) için Gri Seviye Farkı (GSF) eşitlik (15)’e göre hesaplanmaktadır.

3	4	5
2	Q	6
1	8	7

Şekil 20. Bir pikselin komşuları

$$GSF = Q - x_i$$

(15)

Merkez(Q) pikseli üzerinden sekiz farklı doğrultuda kenar çizgisi olma ihtimali bulunur. Bu doğrultular Şekil 21’de ifade edilmektedir. Merkez(Q) pikseli üzerinden herhangi bir yönde geçen kenar çizgisinin bir tarafı koyu, diğer tarafı açık tonda piksellerden oluşur. Açık ve koyu tonlu piksellerin bulanık çıkarımla üyelik değerlerinin hesaplaması gerekir.

B1	<table border="1"><tr><td>?</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td>2</td><td>Q</td><td>6</td></tr><tr><td>1</td><td>8</td><td>?</td></tr></table>	?	4	5	2	Q	6	1	8	?	B2	<table border="1"><tr><td>?</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td>2</td><td>Q</td><td>6</td></tr><tr><td>1</td><td>8</td><td>?</td></tr></table>	?	4	5	2	Q	6	1	8	?	B5	<table border="1"><tr><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td>?</td><td>Q</td><td>?</td></tr><tr><td>1</td><td>8</td><td>7</td></tr></table>	3	4	5	?	Q	?	1	8	7	B6	<table border="1"><tr><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td>?</td><td>Q</td><td>?</td></tr><tr><td>1</td><td>8</td><td>7</td></tr></table>	3	4	5	?	Q	?	1	8	7
?	4	5																																									
2	Q	6																																									
1	8	?																																									
?	4	5																																									
2	Q	6																																									
1	8	?																																									
3	4	5																																									
?	Q	?																																									
1	8	7																																									
3	4	5																																									
?	Q	?																																									
1	8	7																																									
B3	<table border="1"><tr><td>3</td><td>4</td><td>?</td></tr><tr><td>2</td><td>Q</td><td>6</td></tr><tr><td>?</td><td>8</td><td>7</td></tr></table>	3	4	?	2	Q	6	?	8	7	B4	<table border="1"><tr><td>3</td><td>4</td><td>?</td></tr><tr><td>2</td><td>Q</td><td>6</td></tr><tr><td>?</td><td>8</td><td>7</td></tr></table>	3	4	?	2	Q	6	?	8	7	B7	<table border="1"><tr><td>3</td><td>?</td><td>5</td></tr><tr><td>2</td><td>Q</td><td>6</td></tr><tr><td>1</td><td>?</td><td>7</td></tr></table>	3	?	5	2	Q	6	1	?	7	B8	<table border="1"><tr><td>3</td><td>?</td><td>5</td></tr><tr><td>2</td><td>Q</td><td>6</td></tr><tr><td>1</td><td>?</td><td>7</td></tr></table>	3	?	5	2	Q	6	1	?	7
3	4	?																																									
2	Q	6																																									
?	8	7																																									
3	4	?																																									
2	Q	6																																									
?	8	7																																									
3	?	5																																									
2	Q	6																																									
1	?	7																																									
3	?	5																																									
2	Q	6																																									
1	?	7																																									

Şekil 21. Bulanık kural şablonları

Üyelik değerlerinin hesaplandığı üyelik fonksiyonları Pozitif(x) ve Negatif(x), Eşitlik (16) ve Eşitlik (17)'de tanımlanmıştır [8]. Kenar doğrultusunun Şekil 21'de gösterilen sekiz farklı yön için belirlenmiş olması nedeniyle “?” işareti ile gösterilen komşu pikseller Pozitif(x) ve Negatif(x) üyeliklerin hesaplanmasına dâhil edilmemiştir.

$$\text{Pozitif}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ x/c, & 0 < x < c \\ 1, & x \geq c \end{cases} \quad (16)$$

$$\text{Negatif}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq -c \\ -x/c, & -c < x < 0 \\ 1, & x \geq 0 \end{cases} \quad (17)$$

Bu kısımda pozitif ve negatif üyelik değerleri belirli bir c değerine göre hesaplanır. Standart olarak c değeri 255 kabul edilir. Bu çalışmada standart değer yerine görüntünün entropisi kullanılarak optimum c değeri bulunmaya çalışılmaktadır.

Optimum c değeri tespit edildikten sonra tekrar tüm GSF'ler yeniden hesaplanarak bulanık kurallara ait Pozitif ve Negatif üyelik değerleri tespit edilir. Bir piksele ait Pozitif ve Negatif üyelik değerlerinden bir tanesi her zaman sıfır “0” olur.

## 2.2. Optimum c Değeri

Optimum c değerinin tespit edilebilmesi için görüntünün kenarlarında yer alan pikseller hariç diğerlerinin GSF'lerine bakılır. Görüntüdeki tüm pikseller için Pozitif ve Negatif üyelik değerleri  $c=1, \dots, 255$  için ayrı ayrı hesaplanır. Boyutları  $M \times N$  olan bir görüntüde bir pikselin üyelik değeri  $\mu = \{ \mu_{ijk}, n=i*j*k \mid i=1, \dots, M, j=1, \dots, N, k=1, \dots, 8 \}$  Eşitlik (18)'de belirtilmektedir[8]. Pozitif veya Negatif üyelik değerlerinden bir tanesi  $\mu$ 'ye eşitlenmiş olur.

$$\mu_{ijk} = \text{Pozitif}(x_k) + \text{Negatif}(x_k) \quad (18)$$

Shannon Entropi ifadesine göre bir olayın olasılıklarının oluşturduğu kümenin entropisi Eşitlik (19)'da ifade edilmektedir [27].

$$H = - \sum p_i \log p_i \quad (19)$$

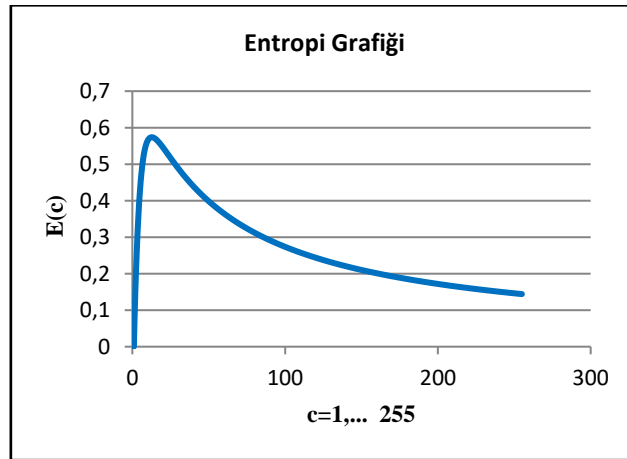
Shannon Entropi ifadesiyle üyelikleri kullanarak hesaplanacak entropi değeri Eşitlik (20)'de ifade edilmektedir [8].

$$S_n(\mu_{ijk}) = -\mu_{ijk} \log_2 \mu_{ijk} - (1-\mu_{ijk}) \log_2 (1-\mu_{ijk}) \quad (20)$$

M x N boyutlu bir görüntüde (M-1) x (N-1) x 8 adet GSF için Shannon yöntemi kullanılarak entropi hesaplanır. Hesaplanan entropi değerinin ortalaması alınır. Eşitlik (21)'de Ortalama Entropi Değeri (OED) ifade edilmektedir [8].

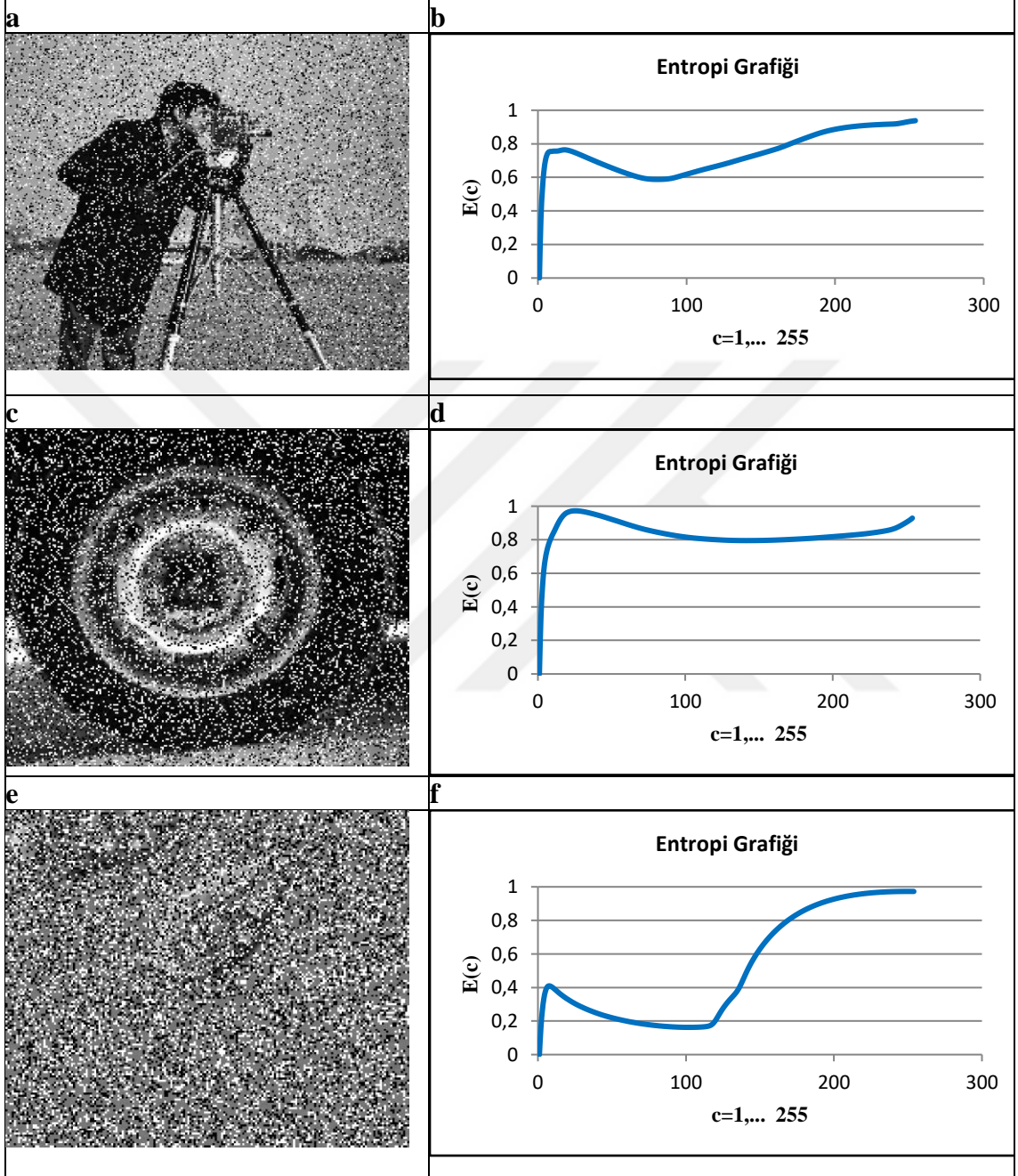
$$OED(c_i | i=1, \dots, 255) = \frac{1}{8 \times M \times N} \sum_{k=1}^8 \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (S_n(\mu_{ijk})) \quad (21)$$

Bir görüntüye ait OED'lerin  $c_i | i=1, \dots, 255$  aralığındaki değişimi Şekil 22'de gösterilmektedir.



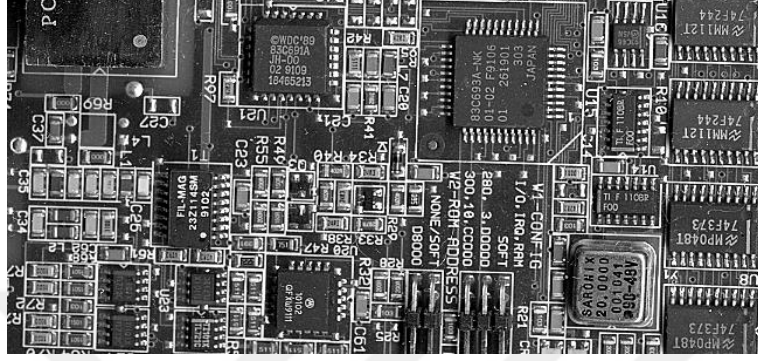
Şekil 22. % 2 Tuz ve biber gürültüsü eklenmiş Lena görüntüsünün c değerlerine bağlı değişimi

Tuz ve biber gürültüsü eklenen görüntülerde grafik Şekil 23'deki gibi olmaktadır. Tepe noktası gürültü oranı yüksek görüntülerde ilk tepe noktası olarak seçilecektir.

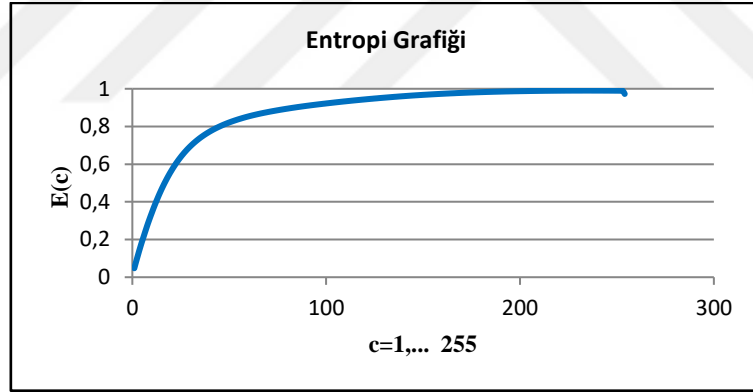


Şekil 23. (a) %20 Tuz ve biber gürültüsü eklenmiş Cameraman görüntüsü, (b) Cameraman görüntüsüne ait entropi grafiği, (c) %30 Tuz ve biber gürültüsü eklenmiş Tire görüntüsü, (d) Tire görüntüsüne ait entropi grafiği, (e) %40 Tuz ve biber gürültüsü eklenmiş cell görüntüsü, (f) Cell görüntüsüne ait entropi grafiği

Diğer yüksek değerler gürültü etkisinden kaynaklanır. Şekil 28’de verilen Board görüntüsüne ait entropi grafiği Şekil 25’te gösterilmiştir. Board görüntüsüne ait entropi grafiğinde maksimum entropinin tespit edildiği değer 236’dır. Bu değerden sonra entropi azalmaktadır.



Şekil 24. Board görüntüsü

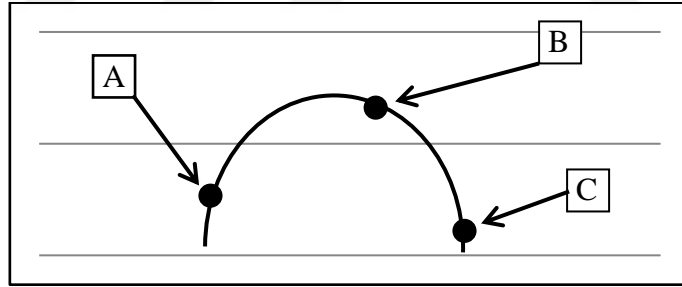


Şekil 25. Board görüntüsüne ait entropi grafiği

### 2.3. Yöntemin Geliştirilmesi

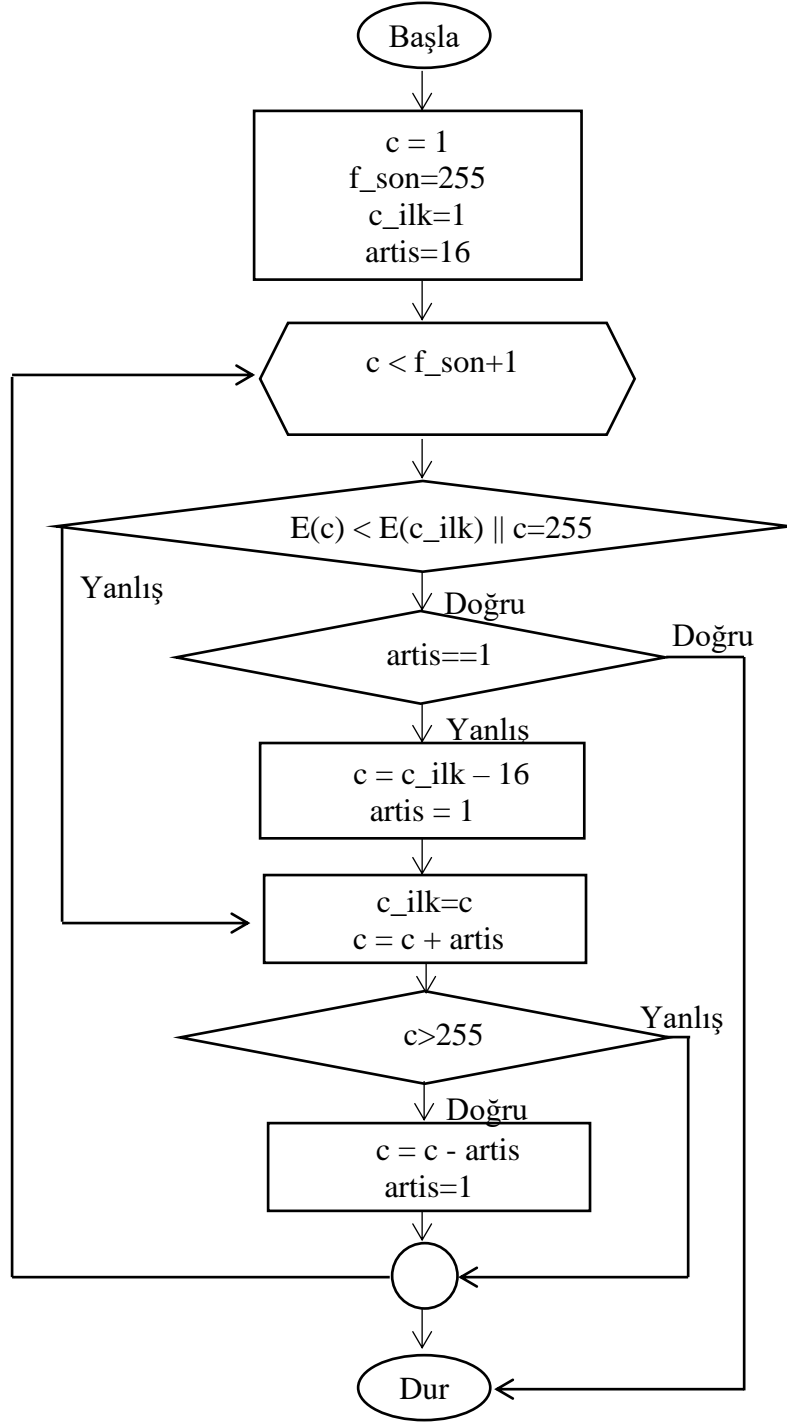
Şekil 25 incelendiğinde birden fazla tepe noktası olma ihtimalinin olduğu anlaşılır. [8]’de anlatılan yöntemde maksimum değer tepe noktası olarak seçilmektedir. Bu nedenle optimum c değeri için  $E(c)$ ’nin maksimum olarak alınması yüksek gürültü seviyeli görüntülerde hatalı sonuç vermektedir [28]. Bu durumda ilk tepe noktasının seçilmesi soruna çözüm olmaktadır.

Burada bahsedilmesi gereken diğerk bir konu ise entropi hesaplama işleminin oldukça zaman alan bir işlem olmasıdır. Her  $c=1, \dots, 255$  değeri için  $(M-1) \times (N-1) \times 8$  adet GSF'yi hesaplamaya dahil ederek ortalama entropiyi bulmak oldukça zaman alır. Şekil 26 entropi grafiğinde gösterilen tepe değeri tespit eden bir yöntem her  $c$  değerinin hesaplanması zahmetini ortadan kaldıracaktır. Maksimum  $E(c)$  değerini bulan Maksimum Entropi Belirleme Yöntemi (MEBY) [28]'de anlatılmıştır. Bu yöntemde göre  $p \cdot q = 256$  denkleminde göre  $p$  ve  $q$ 'nun en az değere sahip olabilmesi için  $c=1, \dots, 255$  aralığı 16 parçaya bölünür. Daha sonra sırayla her 16'lık aralığın başında yer alan  $c$  değeri bir sonrakiyle karşılaştırılarak artış veya azalma durumu sorgulanır. İlk tepe değerine kadar artış olacaktır. Tepe değerinden sonra gelen ilk 16'lık dilimin başlangıç değeri bir öncekine göre azalacaktır. Burada Şekil 26'da bahsedilen durum da meydana gelebilir. Şekil 26'da gösterildiği gibi 16'lık aralığın başlangıç noktası A ve bitiş noktası B olsun. Aynı zamanda B bir sonraki aralığın başlangıç noktası olacaktır. A ve B'yi karşılaştırırsak A'nın B'den az olması nedeniyle algoritma tepe noktasının henüz geçilmediğini varsayar. Fakat B'den sonra gelen aralığın C değeri B'den küçük olduğundan algoritma A ile C arasında tepe değerinin olabileceğini varsayarak A ile C arasını tekrar tarar.



Şekil 26. A, B ve C noktaları

C değeri B'ye göre az olduğundan program sonlandırılır. Böylece A ile C arasında tepe değeri tespit edilmiş olur. İlk tepe değeri tespit edildiğinde program sonlanmış olur. [28]'de bahsedilen programın akış diyagramı Şekil 27'de belirtilmiştir.



Şekil 27. Maksimum entropi belirleme yöntemi

## 2.4. Bulanık Kurallar

Optimum c değerinin tespit edilmesi aşamasından sonra Pozitif ve Negatif üyelikler optimum c değerine göre belirlenir. Şekil 28’de gösterilen sekiz farklı durum için bulanık kuralların tespiti yapılmaktadır. Bulanık Kurallar (BK) belirlenirken Şekil 33’te köşelerde yer alan “?” işaretli pikseller kenar çizgisi üzerinde kabul edildiğinden hesaplamaya dahil edilmemektedir. [8]’de anlatılan yöntemle Şekil 28’te gösterilen 1,2 ve 8 numaralı piksellerin Pozitif üyelik değerleri ile 4, 5 ve 6 numaralı piksellerin Negatif üyelik değerlerinin aritmetik ortalaması alınır.

?	4	5
2	Q	6
1	8	?

Şekil 28. Pozitif ve negatif komşular

Bu aritmetik ortalama değerleri Şekil 28’te belirtilen sekiz farklı şekil için sekiz farklı kuralı oluşturur. Merkez Q pikseli için bulanık kuralları F1-F8 Eşitlik (22) – Eşitlik (29)’da verilmiştir [8].

$$F1(Q)=\text{Pozitif}(GSF(Q,1))\cap\text{Pozitif}(GSF(Q,2))\cap\text{Pozitif}(GSF(Q,8)) \\ \cap\text{Negatif}(GSF(Q,4))\cap\text{Negatif}(GSF(Q,5))\cap\text{Negatif}(GSF(Q,6)) \quad (22)$$

$$F2(Q)=\text{Pozitif}(GSF(Q,4))\cap\text{Pozitif}(GSF(Q,5))\cap\text{Pozitif}(GSF(Q,6)) \\ \cap\text{Negatif}(GSF(Q,1))\cap\text{Negatif}(GSF(Q,2))\cap\text{Negatif}(GSF(Q,8)) \quad (23)$$

$$F3(Q)=\text{Pozitif}(GSF(Q,6))\cap\text{Pozitif}(GSF(Q,7))\cap\text{Pozitif}(GSF(Q,8)) \\ \cap\text{Negatif}(GSF(Q,2))\cap\text{Negatif}(GSF(Q,3))\cap\text{Negatif}(GSF(Q,4)) \quad (24)$$

$$F4(Q)=\text{Pozitif}(GSF(Q,2))\cap\text{Pozitif}(GSF(Q,3))\cap\text{Pozitif}(GSF(Q,4)) \\ \cap\text{Negatif}(GSF(Q,6))\cap\text{Negatif}(GSF(Q,7))\cap\text{Negatif}(GSF(Q,8)) \quad (25)$$

$$F5(Q)=\text{Pozitif}(GSF(Q,1))\cap\text{Pozitif}(GSF(Q,7))\cap\text{Pozitif}(GSF(Q,8)) \\ \cap\text{Negatif}(GSF(Q,3))\cap\text{Negatif}(GSF(Q,4))\cap\text{Negatif}(GSF(Q,5)) \quad (26)$$

$$F6(Q)=\text{Pozitif}(GSF(Q,3))\cap\text{Pozitif}(GSF(Q,4))\cap\text{Pozitif}(GSF(Q,5)) \\ \cap\text{Negatif}(GSF(Q,1))\cap\text{Negatif}(GSF(Q,7))\cap\text{Negatif}(GSF(Q,8)) \quad (27)$$

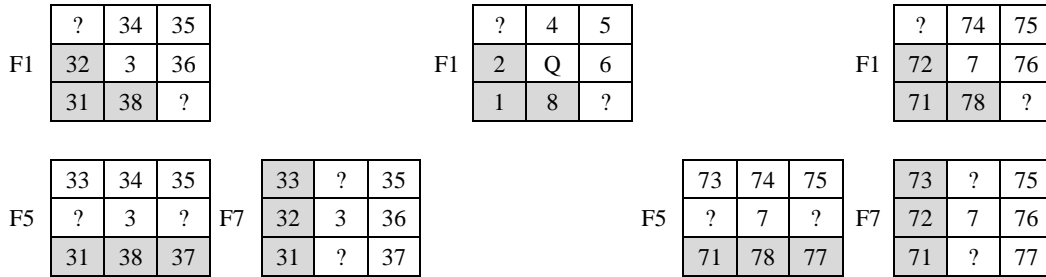


$$F7(Q)=\text{Pozitif}(GSF(Q,1))\cap\text{Pozitif}(GSF(Q,2))\cap\text{Pozitif}(GSF(Q,3)) \\ \cap\text{Negatif}(GSF(Q,5))\cap\text{Negatif}(GSF(Q,6))\cap\text{Negatif}(GSF(Q,7)) \quad (28)$$

$$F8(Q)=\text{Pozitif}(GSF(Q,5))\cap\text{Pozitif}(GSF(Q,6))\cap\text{Pozitif}(GSF(Q,7)) \\ \cap\text{Negatif}(GSF(Q,1))\cap\text{Negatif}(GSF(Q,2))\cap\text{Negatif}(GSF(Q,3)) \quad (29)$$

## 2.5. Kenar Devamlılığı Bulanık Kuralları

Görüntülerde tuz ve biber gürültüsü nedeniyle kenar bulma işlemi zorlaşmaktadır. Birçok yöntem kenar bulma işleminden önce görüntünün gürültüsünü gidermeye çalışmıştır. Burada incelenen yöntemde görüntüye herhangi bir müdahale yapılmadan kenar tespiti yapılmaktadır. Tuz ve biber gürültüsü olan görüntülerde, gürültü etkisini en aza indirebilmek için kenar devamlılığı dikkate alınmıştır. Kenar Devamlılığı Bulanık Kuralları (KDBK)'yi bulmak için bir pikselin 8 farklı doğrultuda kenar devamlılıkları işleme katılır. Her doğrultuda “?” işaretli piksellerin komşularına bakılır. Şekil 29’te merkez (Q) pikselin F1 bulanık kuralı ile 3 numaralı pikselin F1, F5 ve F7 değerlerinden maksimum olan ve 7 numaralı pikselin F1, F5 ve F7 değerlerinden maksimum olan değerinin aritmetik ortalaması alınır.



Şekil 29. Q pikselinin 3 ve 7 numaralı komşuları için KDBK şablonu

Burada örneğin 3 numaralı komşu değerlendirilirken kendisini F1, F5 ve F7 değerlerine bakılır. Bunlar arasında maksimum olan seçilir. 3 numaralı komşu için F2, F3, F4, F6 ve F8 değerlerinden maksimum olan da seçilir. Bu iki maksimum değerden minimum olan tercih edilir. Böylece Q pikseli için kenar devamlılığına bağlı ilk değer F9

tespit edilmiş olur. Kenar devamlılığına ait diğer kurallar (F9-F16) [8]'de bahsedilen yönteme göre belirlenir. F9 değeri Eşitlik (31)'de gösterilmektedir.

$$F9(Q)=F1(Q) \cap ((F1(3) \cup F5(3) \cup F7(3)) \cap_{ve} (F2(3) \cup F3(3) \cup F4(3) \cup F6(3) \cup F8(3))) \cap ((F1(7) \cup F5(7) \cup F7(7)) \cap_{ve} (F2(7) \cup F3(7) \cup F4(7) \cup F6(7) \cup F8(7))) \quad (31)$$

## 2.6. Bulanık Kuralların Seçilmesi

Her piksel için F1-F9 BK elde edilir. Bu aşamada [28] de bir geliştirme önerilmiştir. F1-F9 BK kullanılarak durulaştırmaya gidilmiştir. Yöntemde iki çeşit durulaştırma yapılabilir. Bunlar F1-F8 BK ile durulaştırma ve F9-16 KDBK ile durulaştırma. F9-F16 KDBK F1-F8 BK ile hesaplanmaktadır. [28]'de bu durulaştırma aşaması bir koşula bağlanmıştır. Koşul görüntünün ne kadar tuz ve biber gürültüsü içerdiği ile ilgilidir. Eğer belirli bir miktar üzerinde gürültü seviyesine sahip bir görüntü ise sadece F1-F8 BK ile durulaştırmaya gitmek sağlıklı sonuç vermeyecektir. Gürültü seviyesi yüksek görüntülerde gürültünün üyelik fonksiyonları üzerinde oluşturacağı etkiyi azaltmak için [8]'de bahsedilen kenar devamlılığı sürece dahil edilmektedir. Gürültü seviyesini ölçmek amacıyla Sinyal Gürültü Oranı (SGO) kullanılmıştır. Tuz ve biber gürültüsü arttıkça SGO azalmaktadır [29]. Bir görüntüde ölçülen SGO Eşitlik (30)'da ifade edilmiştir.  $M \times N$  boyutlu  $f$  filtrelenmiş görüntüyü,  $T$  orijinal görüntüyü temsil eder [28].

$$SGO = 10 \log_{10} \frac{\left(\frac{1}{MN}\right) \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N f(i,j)^2}{\left(\frac{1}{MN}\right) \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [f(i,j)-T(i,j)]^2} \quad (30)$$

Median filtre gürültü azaltmada bilinen etkili bir yöntemdir [30]. Görüntü bir Median filtreden geçirilerek filtelenir. Filtrelenmiş görüntü orijinal görüntüyle işleme sokularak SGO değeri elde edilir. Eğer görüntü tuz ve biber gürültüsü içeren bir görüntü ise Median filtreleme uygulanınca SGO'da bu durumun sonucu gözükcektir. Gürültünün fazla olduğu görüntülerde SGO değeri 0'a yaklaşmakta, tersi durumda ise 100'e yaklaşmaktadır [28]. Denemeler sonucu SGO değeri için 20 değeri sınır kabul edilmiştir. SGO'nun 20 olması %1 tuz ve biber oranına denk gelmektedir. SGO değeri 20'nin üzerinde olan görüntülere

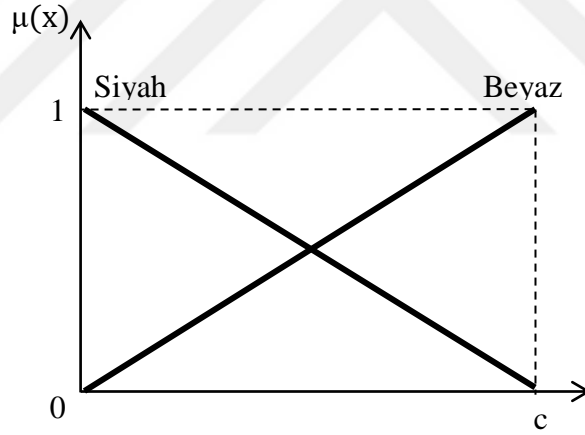
sadece BK ile durulaştırma, SGO değeri 20'nin altında olan görüntülere BK ile KDBK durulaştırılarak sonuca ulaşılır [28].

## 2.7. Durulaştırma

F9-F16 kurallarıyla üretilen değerler durulaştırma işlemine tâbi tutulur. Durulaştırma için ağırlık merkezi yöntemi kullanılmaktadır.  $\mu(z)$  üyelik fonksiyonu olmak üzere ağırlık merkezi yöntemi eşitlik (32)'de ifade edilmektedir [31].

$$z^* = \frac{\int \mu(z)zdz}{\int \mu(z)dz} \quad (32)$$

F1-F16 kuralları için üyelik fonksiyonu kullanılarak kenar değil durumu elde edilir. F1-F16 kurallarının her biri için çıkış üyelik fonksiyonuyla durulaştırma yapılır.



Şekil 30. Çıkış üyelik fonksiyonu

## 2.8. Görüntü Doğrulama (FOM)

Pratt [32] görüntü doğrulama yöntemi ideal görüntü ile test görüntüsü arasında piksel uzaklığına bakarak karşılaştırma yapmaktadır. FOM Eşitlik (33)'te gösterilmektedir [32].




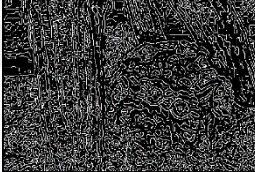



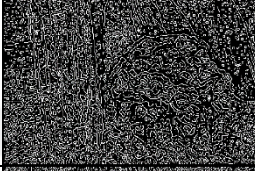

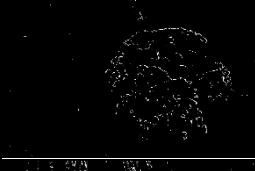

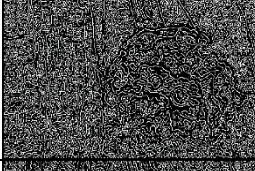



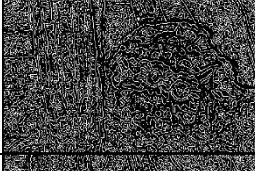
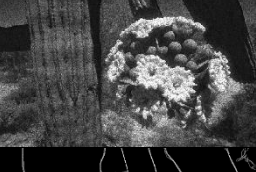


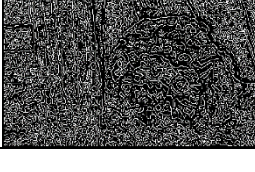
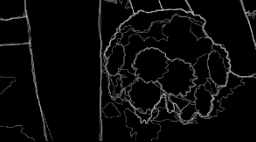
$$\text{FOM}_{\text{Pratt}} = \frac{1}{\max\{NI, NT\}} \sum_{i=1}^{NT} \frac{1}{1+ad_i^2} \quad (33)$$

NI ideal görüntüde piksel sayısını, NT test görüntüsünde piksel sayısını,  $a$  bulaşmış kenarla izole kenar arasında bir ölçekleme değerini ve  $d$  pikseller arasındaki uzaklığı temsil etmektedir. Bu çalışmada  $a$  değeri 0.5 alınmıştır.




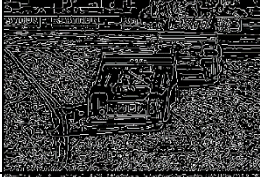
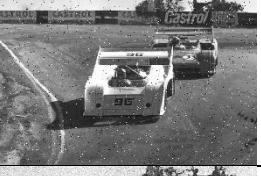


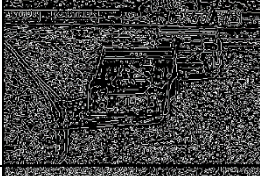
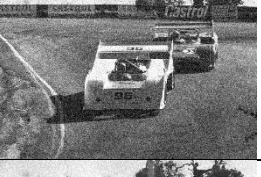


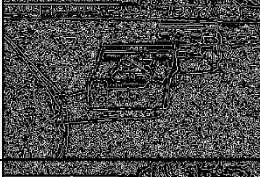
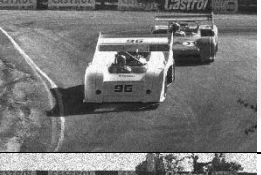


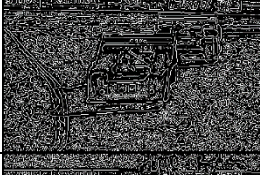
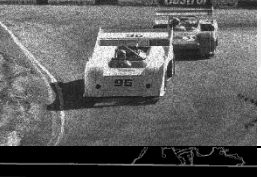



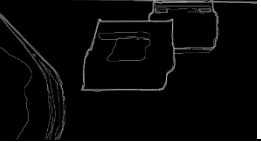
### 3. BULGULAR VE İRDELEME

#### 3.1. Yöntemlerin Görsel Sonuçları


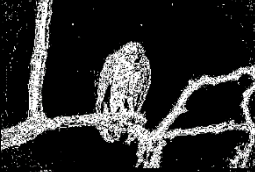



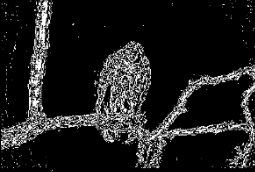















Yöntem Canny yöntemiyle karşılaştırılmaktadır. Canny yöntemi için iki farklı (0.3 ve 0.01) parametre denenmiştir.

	G1 Görüntüsü	Önerilen Yöntem Sonucu	Canny(0.3)	Canny(0.01)
Gürültü yok				
Tuz ve Biber				
Gaussian				
Poisson				
Speckle				
Test Görüntüsü				








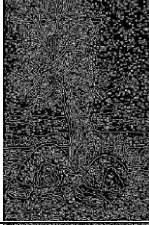













Şekil 31. Tuz ve Biber Gürültüsü (0.02), Gaussian (0.01) ve Speckle (0.04)

	G2 Görüntüsü	Önerilen Yöntem Sonucu	Canny(0.3)	Canny(0.01)
Gürültü yok				
Tuz ve Biber				
Gaussian				
Poisson				
Speckle				
Test Görüntüsü				

Şekil 32. Tuz ve Biber Gürültüsü (0.02), Gaussian (0.01) ve Speckle (0.04)




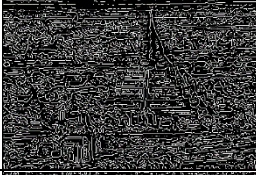



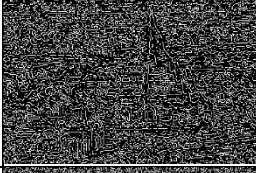


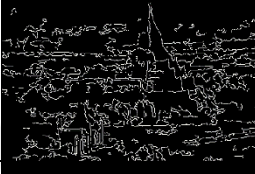
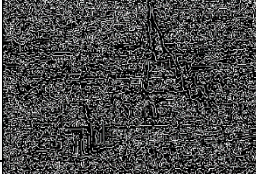



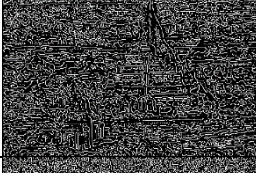
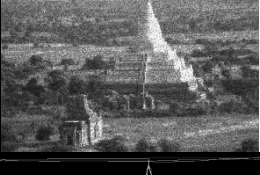


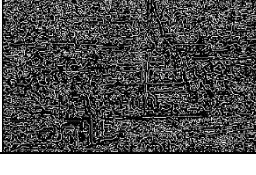

	G3 Görüntüsü	Önerilen Yöntem Sonucu	Canny(0.3)	Canny(0.01)
Gürültü yok				
Tuz ve Biber				
Gaussian				
Poisson				
Speckle				
Test Görüntüsü				

Şekil 33. Tuz ve Biber Gürültüsü (0.02), Gaussian (0.01) ve Speckle (0.04)


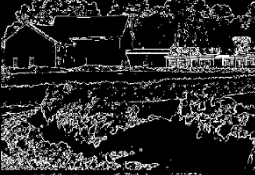

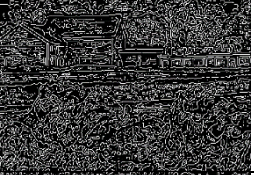



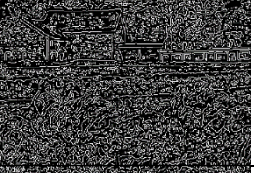



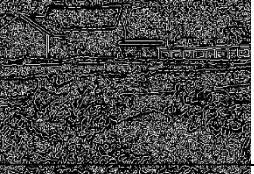







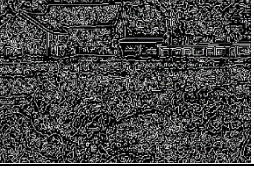

	G4 Görüntüsü	Önerilen Yöntem Sonucu	Canny(0.3)	Canny(0.01)
Gürültü yok				
Tuz ve Biber				
Gaussian				
Poisson				
Speckle				
Test Görüntüsü				

Şekil 34. Tuz ve Biber Gürültüsü (0.02), Gaussian (0.01) ve Speckle (0.04)




















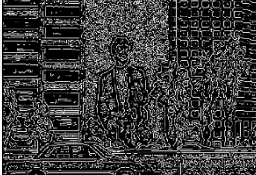



	G5 Görüntüsü	Önerilen Yöntem Sonucu	Canny(0.3)	Canny(0.01)
Gürültü yok				
Tuz ve Biber				
Gaussian				
Poisson				
Speckle				
Test Görüntüsü				


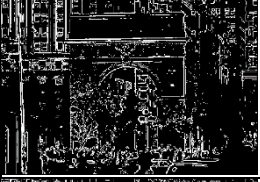

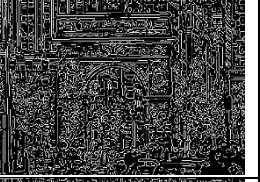



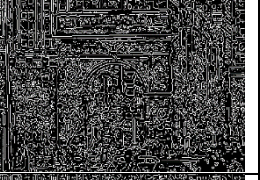



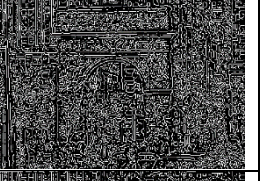



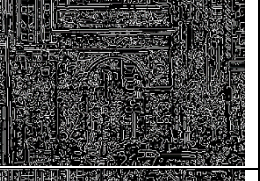
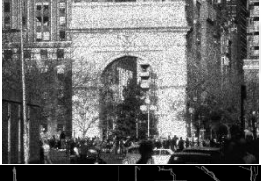


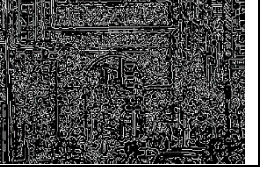

Şekil 35. Tuz ve Biber Gürültüsü (0.02), Gaussian (0.01) ve Speckle (0.04)

	G6 Görüntüsü	Önerilen Yöntem Sonucu	Canny(0.3)	Canny(0.01)
Gürültü yok				
Tuz ve Biber				
Gaussian				
Poisson				
Speckle				
Test Görüntüsü				


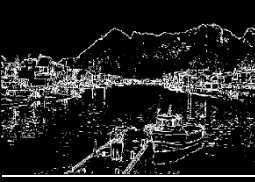





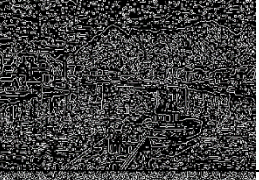
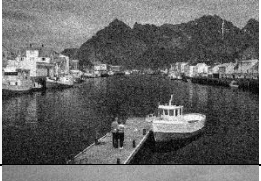
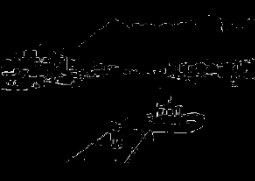

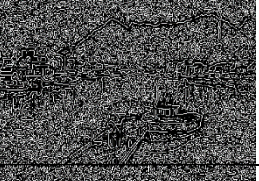
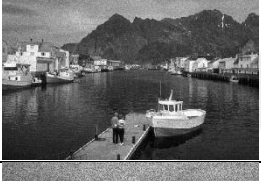



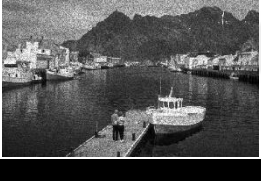


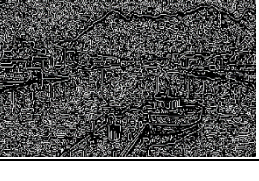
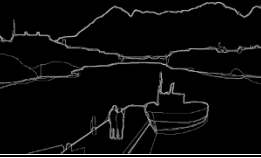
Şekil 36. Tuz ve Biber Gürültüsü (0.02), Gaussian (0.01) ve Speckle (0.04)

	G7 Görüntüsü	Önerilen Yöntem Sonucu	Canny(0.3)	Canny(0.01)
Gürültü yok				
Tuz ve Biber				
Gaussian				
Poisson				
Speckle				
Test Görüntüsü				




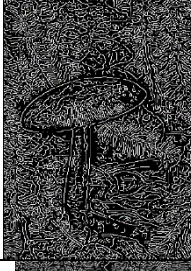





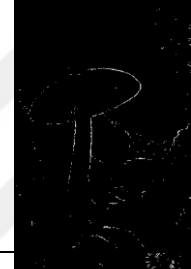









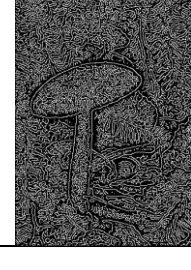
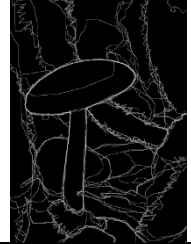
Şekil 37. Tuz ve Biber Gürültüsü (0.02), Gaussian (0.01) ve Speckle (0.04)

	G8 Görüntüsü	Önerilen Yöntem Sonucu	Canny(0.3)	Canny(0.01)
Gürültü yok				
Tuz ve Biber				
Gaussian				
Poisson				
Speckle				
Test Görüntüsü				

Şekil 38. Tuz ve Biber Gürültüsü (0.02), Gaussian (0.01) ve Speckle (0.04)

	G9 Görüntüsü	Önerilen Yöntem Sonucu	Canny(0.3)	Canny(0.01)
Gürültü yok				
Tuz ve Biber				
Gaussian				
Poisson				
Speckle				
Test Görüntüsü				

Şekil 39. Tuz ve Biber Gürültüsü (0.02), Gaussian (0.01) ve Speckle (0.04)

	G4 Görüntüsü	Önerilen Yöntem Sonucu	Canny(0.3)	Canny(0.01)
Gürültü yok				
Tuz ve Biber				
Gaussian				
Poisson				
Speckle				
Test Görüntüsü				

Şekil 40. Tuz ve Biber Gürültüsü (0.02), Gaussian (0.01) ve Speckle (0.04)

### 3.2. Kenar Bulma Yöntemlerinin FOM ile Karşılaştırılması

Program Matlab’da farklı gri görüntüler kullanılarak denenmektedir. Şekil 35-44’te (a) ve (b) alanlarında yer alan görüntüler (URL-33, 2018)’de mevcuttur. Her bir görüntü için bir ideal görüntü kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır. Karşılaştırmada FOM kullanılmıştır. FOM ideal görüntüdeki pikselle test görüntüsündeki pikselin aralarındaki uzaklıkları hesaba katmaktadır. G1-G10 görüntüleri için üretilen FOM değerleri Tablo 1’de gösterilmiştir. Değer 1’e yaklaştıkça benzerlik artmakta, 0’a yaklaştıkça benzerlik azalmaktadır.

Tablo 1. G1-G10 görüntülerinin FOM değerleri

Yöntem	G1			G2			G3			G4		
	KDBK	Canny (0.3)	Canny (0.01)	KDBK	Canny (0.3)	Canny (0.01)	KDBK	Canny (0.3)	Canny (0.01)	KDBK	Canny (0.3)	Canny (0.01)
Gürültüsüz	0.39	0.27	0.20	0.35	0.37	0.16	0.44	0.32	0.19	0.33	0.22	0.28
Tuz ve Biber	0.37	0.29	0.19	0.35	0.39	0.15	0.44	0.32	0.16	0.24	0.24	0.26
Gaussian	0.06	0.26	0.17	0.16	0.39	0.14	0.17	0.32	0.11	0.01	0.25	0.13
Poisson	0.27	0.28	0.18	0.40	0.37	0.14	0.32	0.32	0.11	0.13	0.22	0.24
Speckle	0.17	0.30	0.17	0.14	0.39	0.13	0.10	0.31	0.11	0.02	0.23	0.23
	G5			G6			G7			G8		
Gürültüsüz	0.33	0.24	0.22	0.27	0.36	0.17	0.43	0.28	0.30	0.30	0.31	0.20
Tuz ve Biber	0.33	0.27	0.21	0.29	0.34	0.16	0.42	0.30	0.28	0.31	0.30	0.20
Gaussian	0.01	0.32	0.21	0.11	0.35	0.15	0.17	0.32	0.25	0.11	0.29	0.19
Poisson	0.13	0.26	0.21	0.31	0.36	0.15	0.34	0.30	0.27	0.32	0.31	0.20
Speckle	0.02	0.30	0.21	0.09	0.35	0.15	0.15	0.30	0.27	0.09	0.30	0.19
	G9			G10								
Gürültüsüz	0.30	0.30	0.12	0.39	0.16	0.28						
Tuz ve Biber	0.29	0.31	0.11	0.33	0.17	0.28						
Gaussian	0.09	0.31	0.10	0.03	0.18	0.26						
Poisson	0.31	0.30	0.10	0.18	0.16	0.27						
Speckle	0.12	0.33	0.09	0.08	0.17	0.26						

Tablo 1’deki veriler incelendiğinde KDBK yönteminin gürültüsüz görüntülerde daha başarılı olduğu görülmektedir. Tuz ve biber gürültüsü içeren görüntülerde yine KDBK’nin başarılı olduğu görülmektedir. Diğer gürültü çeşitlerinde ise Canny KDBK’ye göre oldukça başarılıdır.

### 3.3. Maksimum Entropi Hesaplama Yöntemi

Bu kısımda Maksimum entropi değerini bulan MEBY incelenmektedir. Tablo 2’de MEBY ile MEBY olmadan programın çalışma süreleri gösterilmektedir. Her bir görüntü için yöntemlerin çıktı üretme süreleri saniye cinsinden verilmiştir.

Tablo 2. Yöntemlerin çalışma süreleri

Yöntem	Çalışma Süreleri									
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
MEBY ile	10.8 s	8.5 s	4.4 s	7.4 s	6.4 s	8.3 s	6.7 s	8.4 s	8.4 s	9.8 s
MEBY hariç	85.8 s	88.0 s	77.7 s	81.5 s	87.7 s	85.5 s	84.3 s	92.3 s	81.7 s	86.7 s
Canny	0.3 s	0.3 s	0.3 s	0.3 s	0.3 s	0.3 s	0.3 s	0.3 s	0.3 s	0.3 s

MEBY yönteminde aralık değiştirilebilir. Aralığın 10 olduğu durumda program daha başarılı olur. Bunun sebebi maksimum entropi değerinin çoğu zaman sıfıra yakın bir değer olmasıdır.

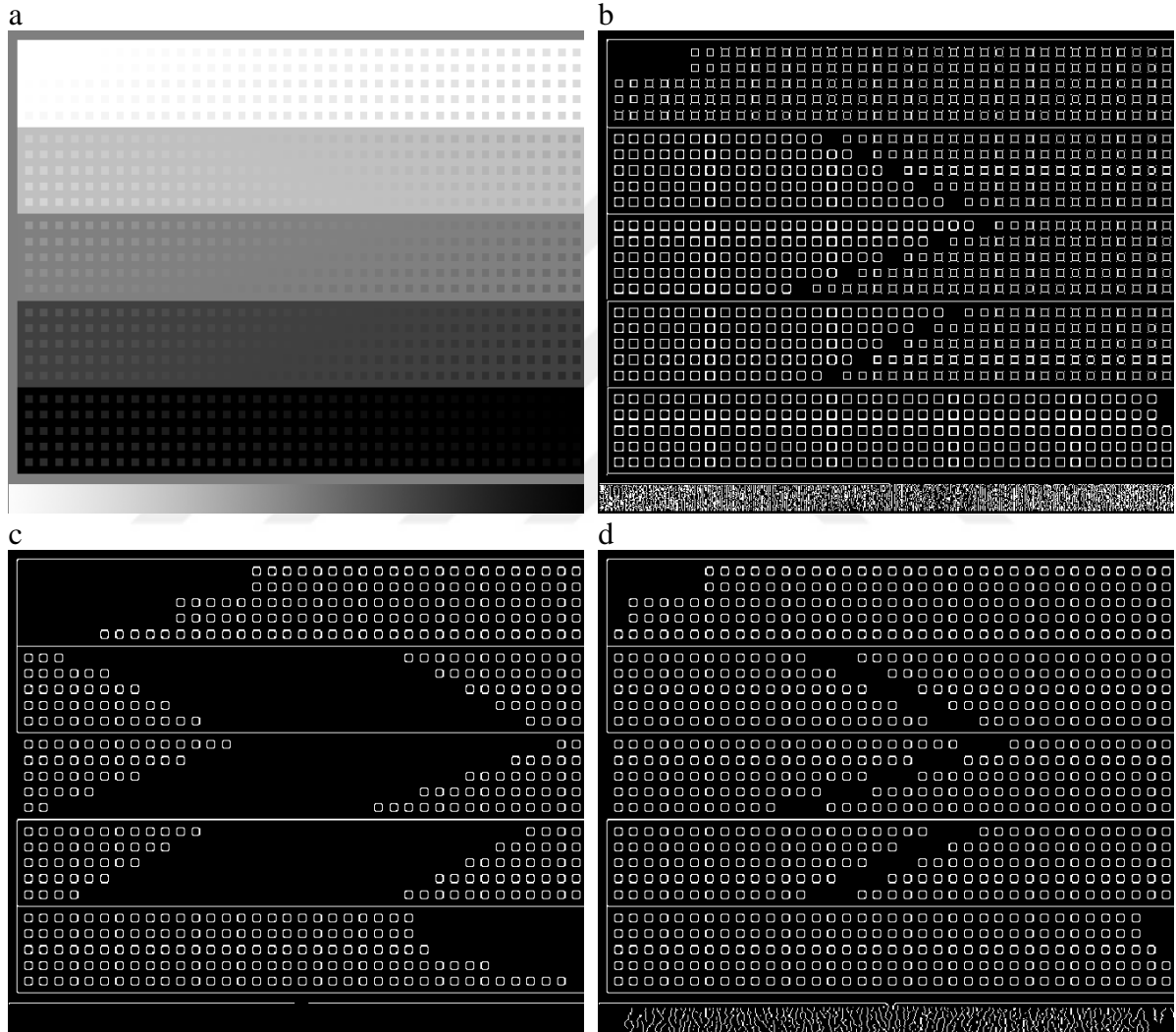
### 3.4. Farklı Gürültü Oranlarının Görsel Sonuçları ve SGO ile Seçim

SGO kullanılarak tuz ve biber gürültü oranının sıfır olduğu veya çok az olduğu görüntülerde durulaştırma işlemi F1-F8 BK ile yapılmaktadır. Denemelerde F1-F8 kuralları ile durulaştırma süresi 2.5 saniye civarında olmaktadır. F9-F16 ile durulaştırmaya gidildiğinde süre 5.5 saniye civarında olmaktadır. SGO ile seçim yapılan görüntülerde yaklaşık 3 saniye kazanç söz konusudur.



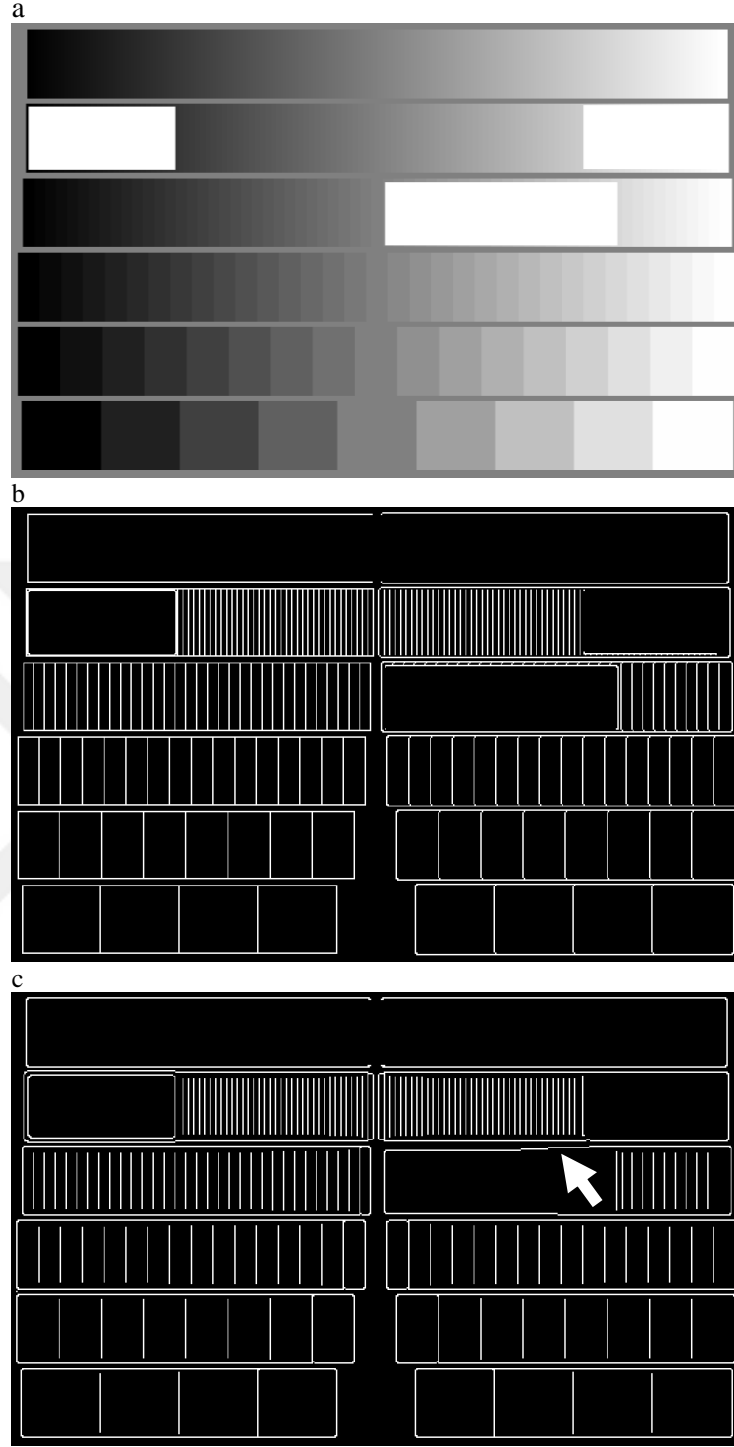
### 3.5. Sentetik Görüntülerde Programın Denenmesi

Sentetik görüntülerde programın tepkileri görüntüye göre değişmektedir. Şekil 41’de gri seviyeli S1 görüntüsüne ait sonuçlar gösterilmektedir. KDBK için programda üretilen T eşik değeri 0.01 ile çarpılarak hassasiyet artırılmıştır. Canny yöntemine göre daha fazla kare tespit edilmiştir. Fakat Canny’de parametreyi düşürmemize rağmen en iyi Şekil 41(d) elde edilebilmektedir.



Şekil 41. (a) S1 görüntüsü, (b) KDBK çıktısı, (c) Canny(0.3), (d) Canny(0.01)

Diğer bir sentetik görüntü ise S2 görüntüsüdür. Bu görüntüde kenar devamlılığını eşik değerdeki etkisi yarıya indirilmiştir. Eşik değeri hem yerel kenar devamlılığında gelen değeri hem de genel üyeliğin ortalaması ile elde edilmektedir.



Şekil 42. (a) S2 görüntüsü, (b) KDBK çıktısı, (c) Canny(0.01) çıktısı

Şekil 42(c)'de ok ile gösterilen bölgede Canny birbirine yakın alanları birbirine karıştırırken, KDBK yöntemi detaylarda yüksek başarı göstermiştir.

### 3.6. Çift Kenarların Bulunmasının Engellenmesi

KDBK yöntemi kenarları çift kenar olarak bulmaktadır. Bunun engellenmesi için bir yöntem önerilmektedir. Yöntemin Matlab kodu Şekil 43'te verilmiştir. Burada üyelik değerlerinin maksimum olanı idx değişkenine atanmaktadır. Böylece kenarın hangi yönde ağırlık kazandığı belirlenebilmektedir. İlgili yöne göre komşu piksellere bakılarak kenar olma ihtimalinin söz konusu olup olmadığı anlaşılmaktadır. Kenar olma ihtimali yoksa ilgili piksel kenar kabul edilmektedir. Burada yapılan kontroller eşik değeri geçen değerler içindir.

```

if idx==1
    if (RDegerleri(i,j-1,1)>T && RDegerleri(i+1,j,1)>T)==false
        sonucImge(i,j)=255;
    end
elseif idx==2
    if (RDegerleri(i,j+1,2)>T && RDegerleri(i-1,j,2)>T)==false
        sonucImge(i,j)=255;
    end
elseif idx==3
    if (RDegerleri(i+1,j,3)>T && RDegerleri(i,j+1,3)>T)==false
        sonucImge(i,j)=255;
    end
elseif idx==4
    if (RDegerleri(i-1,j,4)>T && RDegerleri(i,j-1,4)>T)==false
        sonucImge(i,j)=255;
    end
elseif idx==5
    if (RDegerleri(i+1,j,5)>T )==false
        sonucImge(i,j)=255;
    end
elseif idx==6
    if (RDegerleri(i-1,j,6)>T )==false
        sonucImge(i,j)=255;
    end
elseif idx==7
    if (RDegerleri(i,j-1,7)>T )==false
        sonucImge(i,j)=255;
    end
else
    if (RDegerleri(i,j+1,8)>T )==false
        sonucImge(i,j)=255;
    end
end
end

```

Şekil 43. Çift kenar önleme yöntemi Matlab kodu

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada tuz ve biber gürültüsü içeren gri seviyeli görüntülerde bulanık çıkarım kurallarını ve kenar devamlılığını kullanarak kenar bulan daha önce yapılmış bir çalışmanın iyileştirilmesini amaçlayan bir yöntem önerilmiştir. İlk iyileştirmede görüntülerin tuz ve biber gürültüsünün çok az olduğu durumlarda kenar devamlılığı ile durulaştırma yapmadan sonuca gidilmiştir. Diğer iyileştirmede maksimum entropi değerini hızlı bulmayı amaçlayan MEBY yöntemi incelenmiştir. Bulanık çıkarım kurallarını ve kenar devamlılığını kullanan KDBK'nin Canny yöntemiyle sonuçları karşılaştırılmıştır.

KDBK'nin Tuz ve biber gürültüsünden fazla etkilenmeden kenarları bulabildiği tespit edilmiştir. Karşılaştırılan yöntemler gürültüye dirençli olduğundan çıkış görüntülerinde bozulmaların olduğu görülmektedir. KDBK yönteminde bulanık üyelik değerleri hesaplanırken her piksel için pikselin komşularının da bulanık üyelik değerlerinin hesaba katılması tuz ve biber gürültüsünün kenar bulma üzerindeki olumsuz etkisini oldukça azaltmıştır.

İlk iyileştirmede tuz ve biber gürültüsü eklenmiş bir görüntüde SGO değeri kullanılarak bir değerlendirme yapılmıştır. Gürültü oranı arttıkça SGO ve Median filtreleme ile hesaplanan değer azalmaktadır. Bu nedenle düşük gürültü oranlarında kenar devamlılığı ile üretilen üyelik değerleri kullanılmadan durulaştırmaya gidildiğinde programın çalışma süresinde azalma olmuştur.

Entropi değerlerinin hesaplandığı aşamada kullanılan MEBY ile programın çalışma zamanında önemli ölçüde süre kazancı sağlanmıştır.

Elde edilen deneysel sonuçlarla gürültü oranına göre durulaştırılacak olan üyelik değerlerini seçerek süre kazancı sağlayan ve maksimum entropinin üretildiği değeri hızlı tespit ederek programın çalışma süresinde kazanç sağlayan MEBY incelenmiştir.

SGO kullanılarak yapılan seçimle sonuca daha hızlı ulaşılsa da kenar devamlılığının kullanılması FOM değerlerine göre daha iyi sonuç vermektedir. Bu nedenle buradaki süre kaybı dikkate alınmadan kenar devamlılığı kullanılabilir.

Sentetik görüntülerde programın eşik değerinde değişiklikler yapılarak iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Çift kenar üreten KDBK için çift kenar engelleme yöntemi kullanılarak programda iyileştirme yapılmıştır.

KDBK'nin Canny yöntemine göre avantajı Tuz ve Biber eklenen görüntülerde ve gürültüsüz görüntülerdeki başarısıdır. Fakat KDBK yönteminin çalışma zamanı Canny yöntemine göre fazladır. Bu nedenle bundan sonra yapılacak çalışmalarda sürenin kısaltılması konusu önem arz etmektedir. KDBK tamamen gürültüden etkilenmeden çalışan bir yöntem değildir. Bir pikselin komşularının bulanık üyelikleri hesaplanırken komşuların çevrelerinde yer alan tuz ve biber gürültüsüne ait pikseller az miktarda da olsa olumsuz bir etkiye neden olmaktadır. Bu nedenle gürültü piksellerinin önceden tespit edilip kenar devamlılığına dayalı hesaplamalara katılmaması sağlanabilir.

Görüntülerin belirli kısımlarında gürültünün olmadığı bölgeler var olabilir. Bu bölgeleri tespit edebilen bir yöntem geliştirilirse KDBK yerine sadece BK kullanılabilir. Bu işlem süre kazancı sağlayabilir.

## 5. KAYNAKLAR

1. Nallaperumal, K., Varghese, J., Saudia S., Krishnaveni K., Mathew S. P. ve Kumar P., "An efficient Switching Median Filter for Salt & Pepper Impulse Noise Reduction", 2006 1st International Conference on Digital Information Management, December 2007, Bangalore, 161-166.
2. Chinnasarn, K., Rangsanseri, Y. ve Thitimajshima, P., "Removing salt and pepper noise in text/graphics images", IEEE. APCCAS 1998. 1998 IEEE Asia-Pacific Conference on Circuits and Systems. Microelectronics and Integrating Systems, November 1998, Chiangmai, 459-462.
3. Aydın, İ., [http://web.firat.edu.tr/iaydin/bmu357/bmu\\_357\\_bolum5.pdf](http://web.firat.edu.tr/iaydin/bmu357/bmu_357_bolum5.pdf) 10 Haziran 2018
4. [https://en.wikipedia.org/wiki/Median\\_filter.html](https://en.wikipedia.org/wiki/Median_filter.html) 10 Haziran 2018
5. Wang, C., Chen, T. and Qu, T., A novel improved median filter for salt-and-pepper noise from highly corrupted images, 2010 3rd International Symposium on Systems and Control in Aeronautics and Astronautics, June 2010, Harbin, 718-722.
6. Zhou, Y., Tang, Q. h., ve Jin W. d., Adaptive Fuzzy Median Filter for Images Corrupted by Impulse Noise, 2008 Congress on Image and Signal Processing, 2008, Sanya, China, 265-269.
7. Palabaş, T., ve Gangal, A., Adaptive fuzzy filter combined with median filter for reducing intensive salt and pepper noise in gray level images, 2012 International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications, July 2012, Trabzon, 1-4.
8. Hu, L., Cheng, H. D. ve Zang, M., A high performance edge detector based on fuzzy inference rules, Information Sciences, 177, 21 (2007), 4768-4784.
9. Şen, Z., Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri, 10, Bilge Kültür Sanat, 2001.
10. Baykal, N., Beyan, T., Bulanık Mantık İlke ve Temelleri, 17-18, Bıçaklar Kitabevi, 2004.
11. Zadeh, L.A., Fuzzy Sets, Information and Control, 8, 3, 1965, 338-353.
12. Esin, B., Bulanık Kümelerin Üyelik Fonksiyonlarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 2007
13. Cin, E., Bulanık Doğrusal Programlama İle Ömrünü Tamamlamış Araçların Tersine Lojistik Ağ Tasarımı: İstanbul İli Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2017.

14. Şen, Z., Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri, 33, Bilge Kültür Sanat, 2001.
15. [http://web.itu.edu.tr/~yesileng/bulanik\\_kume\\_tanimlar.htm](http://web.itu.edu.tr/~yesileng/bulanik_kume_tanimlar.htm) 10 Haziran 2018.
16. Ünal, H., Bulanık Doğrusal Programlama ve Borsa İstanbul'da Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana, 2015.
17. Eroğlu, G., Portföy Analizinde Bulanık Programlama, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006.
18. Görgülü, Ö., Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) Teorisi Ve Tarımda Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, 2007.
19. Arslan, M., Bulanık Mantık Yönteminin Liman Planlamasına Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.
20. Yüksel, E., M., Edge Detection in Noisy Images By Neuro-Fuzzy Processing, AEU-International Journal of Electronics and Communications, 61, 2 (2007), 82-89.
21. Srinivasan, G., N. ve Shobha, G., Segmentation Techniques for Target Recognition, WSEAS Transactions on Computers, 7, 10 (2008), 1555-1563.
22. Bhardwaj, S. ve Mittal, A., A Survey on Various Edge Detector Techniques, Procedia Technology, 4 (2012), 220-226.
23. YİĞİTBAŞI, E., D., Yapay Arı Kolonisi Optimizasyonu ile Kenar Bulma, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2014.
24. Haralick, R., M. ve Lee, J., S., J., Context Dependent Edge Detection and evaluation, Pattern Recognition, 23,1-2 (1990) 203-207.
25. Canny, J., A Computational Approach To Edge Detection, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, PAMI-8, 6 (1986) 679- 698.
26. El-Sayed. M., A., A New Algorithm Based Entropic Threshold for Edge Detection in Images, International Journal of Computer Science Issues, 8 (2012).
27. Shannon, C., E., A mathematical theory of communication, The Bell System Technical Journal, 27, 3 (1948) 379-656.
28. Kara, F. ve Ulutaş M., Bulanık Kurallara ve Kenar Devamlılığı Kurallarına Dayalı Kenar Tespiti İyileştirilmesi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 19, 2 (2017) 62-76.
29. Li, Z., Zhang, W. ve Lin, W., Adaptive Median Filter Based on SNR Estimation of Single Image, 2012 International Conference on Computer Science and Service System, December 2012, Nanjing, China, 246-249.

30. Tang, Q., Jin, W. ve Zhou, Y., Adaptive Fuzzy Median Filter for Images Corrupted by Impulse Noise, 2008 Congress on Image and Signal Processing, May 2008, Sanya, Hainan, China, 3, 265-269.
31. Pfluger N., Yen J. ve Langari R., A defuzzification strategy for a fuzzy logic controller employing prohibitive information in command formulation, [1992 Proceedings] IEEE International Conference on Fuzzy Systems, March 1992, San Diego, 717-723.
32. Abdou, I., E. ve Pratt, W., K., Quantitative design and evaluation of enhancement/thresholding edge detectors, Proceedings of the IEEE, 67,5 (1979) 753-763.
33. <https://www2.eecs.berkeley.edu/Research/Projects/CS/vision/bsds/> 13.06.2018





## ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Trabzon'da doğdu. İlköğrenimini Fatih İlköğretim Okulu'nda Orta öğrenimini Trabzon Kanuni Anadolu Lisesinde tamamladı. 2004 yılında Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bilgisayar Öğretmenliği programına başladı ve 2008 yılında mezun oldu. 2011 yılında Artvin Çoruh Üniversitesi Artvin Meslek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Halen bu görevini sürdürmektedir.

