

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İSTATİSTİK VE BİLGİSAYAR BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

**YANIK YARA GÖRÜNTÜLERİNİN KÜMELENMESİNDE BULANIK KÜMELEME
YAKLAŞIMLARININ BAŞARIM DEĞERLENDİRMESİ**

DOKTORA TEZİ

Yeşim AKBAŞ

**HAZİRAN 2020
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTATİSTİK VE BİLGİSAYAR BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

**YANIK YARA GÖRÜNTÜLERİNİN KÜMELENMESİNDE BULANIK KÜMELEME
YAKLAŞIMLARININ BAŞARIM DEĞERLENDİRMESİ**

YEŞİM AKBAŞ

ORCID : 0000 -0001 -7590 - 6139

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"DOKTOR (İSTATİSTİK)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19 / 05 /2020

Tezin Savunma Tarihi : 19 / 06 /2020

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Tolga BERBER
ORCID : 0000 -0002 - 6487 - 5581

Trabzon 2020

ÖNSÖZ

Doktora tezi olarak sunulan bu çalışmada, yanık hastalarından dijital kameralarla elde edilen iki boyutlu görüntülerin kümelenmesi amaçlanmıştır. Burada nihai hedef, bilgisayar ortamında insan derisinin ve yanığın bölge ayırımını tam anlamıyla yapabilmek ve KTÜ BAP FAY-2016-5588 Altyapı Projesi bünyesinde birden fazla stereo kameranın kullanımıyla kurulacak olan görüntüleme sisteminde, yanık hastalarının taranması sonrası oluşturulacak model üzerinden deriye ve yanığa ilişkin alanların tespit edilebilmesidir. Bu sayede hastaya ilişkin yanık yüzdesinin gerçeğe en uygun şekilde hesaplanabilmesi mümkün olacaktır.

Tez danışmanlığımı üstlenerek, konu seçimi ve çalışmaların yürütülmesi sırasında bilgisini, tecrübesini benimle paylaşan ve hem bilimsel hem de manevi yardımını esirgemeyen değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Tolga BERBER'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca yapıcı eleştirileri ve yöntem önerileri ile tezime büyük katkıda bulunan hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Uğur ŞEVİK'e, tez izleme dönemleri boyunca değerli fikir ve görüşleri ile çalışmalarımızı yönlendirmemize yardım eden Sayın Prof. Dr. Hamza EROL'a, tüm eğitim hayatım boyunca bana yol gösterip ışık tutan Sayın Prof. Dr. İhsan ÜNVER'e ve bazı çalışmalarımızı ortak olarak yürüttüğümüz arkadaşım Arş. Gör. Dr. Erdinç KARAKULLUKÇU'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışması sürecinde bana desteklerini esirgemeyen İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümü'ndeki tüm değerli hocalarıma ve asistan arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, doğduğum günden beri elimi hiç bırakmayan, verdiğim her kararda arkamda olan, beni ben olduğum için seven annem ve babam Gülay - Adnan YEGİNOĞLU'ya, benim için kardeşten öte can olan Sinem YEGİNOĞLU'ya, bana hem hayat arkadaşı, hem iş arkadaşı olan bu stresli dönemi omuz omuza geçirdiğim, hiçbir konuda desteğini esirgemeyen sevgili eşim Serkan AKBAŞ'a, son olarak da bu yoğun ve stresli dönemde karnımda, attığı her bir tekme ile beni mutlu ve motive eden minik meleğim ELA'ma sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Yeşim AKBAŞ

Trabzon 2020

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Yanık Yara Görüntülerinin Kümelenmesinde Bulanık Kümeleme Yaklaşımlarının Başarımlarının Değerlendirilmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Tolga BERBER’in 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. 19/06/2020

Yeşim AKBAŞ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XIV
SEMBOLLER DİZİNİ	XVI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Tezin Amacı ve Yapısı	2
1.3. İnsan Derisi.....	3
1.4. Yanık Yaralanması	4
1.4.1. Yanık Oluşumuna Neden Olan Etkenin Niteliğine Göre Yanık Türleri.....	4
1.4.1.1. Alev Yanıkları	5
1.4.1.2. Haşlanma Yanıkları	5
1.4.1.3. Elektrik Yanıkları	5
1.4.1.4. Radyasyon Yanıkları	5
1.4.1.5. Temas Yanıkları.....	6
1.4.1.6. Kimyasal Yanıklar	6
1.5. Yanık Yüzey Alanının Belirlenmesi.....	7
1.6. Tez Kapsamında Kullanılan Yöntemlere İlişkin Literatürde Yapılan Çalışmalar	9
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	13
2.1. Veri Seti	13
2.2. Önerilen Sistem	15
2.2.1. Ön İşlem Aşaması.....	16
2.2.1.1. Filtreleme	17
2.2.1.1.1. Gauss Filtresi	17
2.2.1.1.2. Medyan Filtresi	18

2.2.2.	Görüntülerdeki Bilgilerin Birleştirilmesi Aşaması.....	19
2.2.3.	Renk Uzayları	20
2.2.3.1.	RGB Renk Uzayı.....	20
2.2.3.2.	HSV Renk Uzayı	21
2.2.3.3.	CIE L*a*b Renk Uzayı.....	21
2.2.4.	Kümeleme Aşaması	22
2.2.4.1.	Uzaklık Ölçütleri	22
2.2.4.2.	Kümeleme Yaklaşımları	24
2.2.4.2.1.	Bulanık C-Ortalamalar.....	24
2.2.4.2.2.	Gustafson Kessel Yaklaşımı	27
2.2.4.3.	Kümeleme Deneylerinin Başarımlarının Değerlendirilmesinde Kullanılan Kümeleme Geçerlilik İndeksleri.....	29
2.2.4.4.	GPU ve CPU Karşılaştırması	33
3.	BULGULAR VE İRDELEME	36
3.1.	Geçerlilik İndekslerine Göre Başarımların Değerlendirilmesi.....	38
3.1.1.	PC Kümeleme Geçerlilik İndeksine Göre Başarımlar.....	39
3.1.2.	P Kümeleme Geçerlilik İndeksine Göre Başarımlar	44
3.1.3.	XB Kümeleme Geçerlilik İndeksine Göre Başarımlar	50
3.1.4.	SC Kümeleme Geçerlilik İndeksine Göre Başarımlar.....	55
3.1.5.	ZSC Kümeleme Geçerlilik İndeksine Göre Başarımlar	60
3.1.6.	PBMF Kümeleme Geçerlilik İndeksine Göre Başarımlar	66
3.1.7.	APD Kümeleme Geçerlilik İndeksine Göre Başarımlar.....	71
3.1.8.	HORT Kümeleme Geçerlilik İndeksine Göre Başarımlar.....	76
4.	SONUÇLAR.....	93
5.	ÖNERİLER.....	98
6.	KAYNAKLAR.....	99
ÖZGEÇMİŞ		

Doktora Tezi

ÖZET

YANIK YARA GÖRÜNTÜLERİNİN KÜMELENMESİNDE BULANIK KÜMELEME
YAKLAŞIMLARININ BAŞARIMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Yeşim AKBAŞ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Tolga BERBER
2020, 108 Sayfa

Dünya Sağlık Örgütü yanık yaralarının neden olduğu yıllık ölüm sayısının 265.000 olduğunu bildirmiştir. Bu rakam yanık yaralarının teşhisine yardımcı programlar geliştirmenin ne denli önemli olduğunu gözler önüne sermektedir. Başarılı bir yanık tedavisi için, yanık yüzey alanı gibi bazı hayati parametrelerin doğru belirlenmiş olması gerekmektedir. Bu tez kapsamında, yanık yara görüntülerinden yanık ve normal cilt bölgelerinin ayrımını yaparak yanık yüzdesini hesaplamayı amaçlayan sistemin ilk adımını sağlamak üzere optimum bulanık kümeleme yaklaşımının tanımlanması için bir yöntem önerilmiştir. Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi Farabi Hastanesi Yanık Ünitesi'nden 120 dijital görüntü (2D) toplanmıştır. Veri seti, 100 tanesi eğitim, 20 tanesi test görüntüsü olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Tezde önerilen sistem, Öklid, Mahalanobis, Manhattan, Minkowski, Chebishev, Jaccard ve Kosinüs olmak üzere 7 farklı uzaklık ölçeği ile RGB, HSV ve LAB olmak üzere 3 farklı renk uzayı arasında yanık görüntüleri üzerinde en başarılı bulanık kümeleme yaklaşımını tespit etmeyi amaçlamaktadır. Sistem, bulanık kümeleme geçerlilik indekslerini kullanarak eğitim setindeki görüntüler için en uygun küme sayısını bulmak üzere kapsamlı bir dizi deney gerçekleştirmektedir. Bunlara ek olarak görüntülerdeki gürültülerin olumsuz etkisini de ortadan kaldırabilmek için en iyi bulanıklaştırma filtresi de tespit edilmeye çalışılmaktadır. Deneysel sonuçlar önerilen sistemin yanık görüntülerini başarılı bir şekilde kümelediğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Görüntü kümeleme, Bulanık kümeleme, Bulanık C-Ortalama, Gustafson Kessel, Görüntü tanıma

PhD. Thesis

SUMMARY

EVALUATION OF THE PERFORMANCES OF FUZZY CLUSTER APPROACHES IN
CLUSTERING BURN WOUND IMAGES

Yeşim AKBAŞ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Statistics and Computer Sciences Graduate Program
Supervisor: Asst. Prof. Tolga BERBER
2020, 108 Pages

The World Health Organization reported that the annual number of deaths caused by burn wounds was 265,000. Hence, it is important to develop utilities to help diagnosis of burn wounds. Successful burn treatment requires accurate estimation of some vital parameters like percentage of burn wound. In this thesis, a method for identifying optimum fuzzy clustering approach is proposed to provide initial step for system which aims to calculate percentage of burn wounds by separating burn and normal skin regions from burn wound images. 120 digital images (2D) were collected from The Burn Unit of the Karadeniz Technical University Faculty of Medicine Farabi Hospital. The data set is divided into train and test sets having 100 and 20 images, respectively. The system proposed in the thesis aims to determine the most successful fuzzy clustering approach on burn images between seven different distance metrics, Euclidean, Mahalanobis, Manhattan, Minkowski, Chebishev, Jaccard and Cosine and three different color spaces as RGB, HSV and LAB. The system performs exhaustive series of experiments to find the optimal number of clusters for the images in the train set, using fuzzy cluster validity indices. In addition, the best smoothing filter tried to detect to eliminate negative effect of image noise. Experimental results show that proposed system could successfully clustered burn images.

Key Words: Image segmentation, Fuzzy clustering, Fuzzy C-Means, Gustafson Kessel, Image recognition

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Örnek bir yanık görüntüsü.....	2
Şekil 2.	Derinin yapısı	3
Şekil 3.	Dokuzlar Kuralı için yüzdellikler [48]	7
Şekil 4.	Lund Browder için yüzdellikler [48]	7
Şekil 5.	Palmar Metodu	8
Şekil 6.	Eğitim setinden örnek görüntüler	14
Şekil 7.	Test setinden örnek görüntüler	15
Şekil 8.	Önerilen sistemin blok şeması.....	16
Şekil 9.	σ 'nın 0,5 ve 2,5 aralığındaki değerleri için Gauss filtreleri	17
Şekil 10.	Medyan filtresinin kullanımına bir örnek.....	18
Şekil 11.	(a) Örnek bir görüntünün tuz ve biber gürültülü hali, (b) Medyan filtre uygulanmış örnek görüntü	18
Şekil 12.	Önerilen sistemin görüntü birleştirme adımının gösterimi.....	19
Şekil 13.	RGB renk uzayı gösterimi	20
Şekil 14.	HSV renk uzayının gösterimi	21
Şekil 15.	CIE L*a*b renk uzayı gösterimi.....	22
Şekil 16.	$m = 1$ ve $m > 1$ için bulanıklaştırma parametresinin sembolik gösterimi	25
Şekil 17.	Renkli görüntülerde Bulanık C-Ortalama yaklaşımı akış şeması.....	27
Şekil 18.	CPU ve GPU mimarileri.....	34
Şekil 19.	PC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları.....	39
Şekil 20.	PC geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları	40
Şekil 21.	PC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	41
Şekil 22.	PC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	41
Şekil 23.	PC geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	42
Şekil 24.	PC geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar.....	43

Şekil 25.	PC geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar.....	43
Şekil 26.	P geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları.....	45
Şekil 27.	P geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları	46
Şekil 28.	P geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	47
Şekil 29.	P geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	47
Şekil 30.	P geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	48
Şekil 31.	P geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar.....	49
Şekil 32.	P geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar.....	50
Şekil 33.	XB geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları.....	51
Şekil 34.	XB geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları	52
Şekil 35.	XB geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	52
Şekil 36.	XB geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	53
Şekil 37.	XB geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	54
Şekil 38.	XB geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar.....	54
Şekil 39.	XB geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	55
Şekil 40.	SC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları.....	56
Şekil 41.	SC geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları	57
Şekil 42.	SC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	57
Şekil 43.	SC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	58
Şekil 44.	SC geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	59

Şekil 45.	SC geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar.....	59
Şekil 46.	SC geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar.....	60
Şekil 47.	ZSC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları.....	61
Şekil 48.	ZSC geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları	62
Şekil 49.	ZSC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	63
Şekil 50.	ZSC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	63
Şekil 51.	ZSC geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	64
Şekil 52.	ZSC geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar.....	65
Şekil 53.	ZSC geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	65
Şekil 54.	PBMF geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları	67
Şekil 55.	PBMF geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları.....	67
Şekil 56.	PBMF geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	68
Şekil 57.	PBMF geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	69
Şekil 58.	PBMF geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	69
Şekil 59.	PBMF geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar.....	70
Şekil 60.	PBMF geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	71
Şekil 61.	APD geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları.....	72
Şekil 62.	APD geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları	73
Şekil 63.	APD geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	73
Şekil 64.	APD geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	74

Şekil 65.	APD geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	75
Şekil 66.	APD geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar.....	75
Şekil 67.	APD geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	76
Şekil 68.	HORT geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları	77
Şekil 69.	HORT geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları	78
Şekil 70.	HORT geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	79
Şekil 71.	HORT geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	79
Şekil 72.	HORT geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	80
Şekil 73.	HORT geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar.....	81
Şekil 74.	HORT geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar	81
Şekil 75.	Her bir renk uzayında her bir uzaklık ölçüğü için ortalama işlem süreleri	82
Şekil 76.	RGB renk uzayı için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney sonucundaki kümelerin 3 boyutlu gösterimi	83
Şekil 77.	HSV renk uzayı için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney sonucundaki kümelerin 3 boyutlu gösterimi	84
Şekil 78.	LAB renk uzayı için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney sonucundaki kümelerin 3 boyutlu gösterimi	85
Şekil 79.	Kosinüs uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney sonucundaki kümelerin 3 boyutlu gösterimi	86
Şekil 80.	Mahalanobis uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney sonucundaki kümelerin 3 boyutlu gösterimi.....	87
Şekil 81.	Jaccard uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney sonucundaki kümelerin 3 boyutlu gösterimi	88
Şekil 82.	Chebisev uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney sonucundaki kümelerin 3 boyutlu gösterimi.....	89
Şekil 83.	Manhattan uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney sonucundaki kümelerin 3 boyutlu gösterimi.....	90
Şekil 84.	Minkowski uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney sonucundaki kümelerin 3 boyutlu gösterimi.....	91

Şekil 85. Öklid uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney sonucundaki kümelerin 3 boyutlu gösterimi 92



TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Yanık yaralanmasına neden olan kimyasalların sınıflandırılması.....	6
Tablo 2. Lund Browder için yüzdeler tablosu	8
Tablo 3. Yanık görüntü veri setinin özellikleri.....	14
Tablo 4. Geçerlilik indeksleri arası korelasyonlar	33
Tablo 5. Deneylerde kullanılan hesaplama platformları.....	35
Tablo 6. Tüm renk uzayları için filtrelere göre orijinal ve küçültülmüş veri boyutları	37
Tablo 7. GPU ve CPU performans karşılaştırması (sn).....	37
Tablo 8. PC indeksine göre en başarılı ilk 10 deney.....	39
Tablo 9. P indeksine göre en başarılı ilk 10 deney	44
Tablo 10. XB indeksine göre en başarılı ilk 10 deney	50
Tablo 11. SC indeksine göre en başarılı ilk 10 deney.....	56
Tablo 12. ZSC indeksine göre en başarılı ilk 10 deney	61
Tablo 13. PBMF indeksine göre en başarılı ilk 10 deney.....	66
Tablo 14. APD indeksine göre en başarılı ilk 10 deney	71
Tablo 15. HORT indeksine göre en başarılı ilk 10 deney	77
Tablo 16. RGB renk uzayı için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deneylerin sonuçları	83
Tablo 17. HSV renk uzayı için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney parametreleri ve örnek kümeleneş görüntüler.....	84
Tablo 18. LAB renk uzayı için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney parametreleri ve örnek kümeleneş görüntüler.....	85
Tablo 19. Kosinüs uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deneylerin sonuçları.....	86
Tablo 20. Mahalanobis uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deneylerin sonuçları.....	87
Tablo 21. Jaccard uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deneylerin sonuçları.....	88
Tablo 22. Chebishev uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deneylerin sonuçları.....	89
Tablo 23. Manhattan uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deneylerin sonuçları.....	90

Tablo 24. Minkowski uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deneylerin sonuçları.....	91
Tablo 25. Öklid uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deneylerin sonuçları.....	92



SEMBOLLER DİZİNİ

2D	: 2 Boyutlu (2 Dimensional)
3D	: 3 Boyutlu (3 Dimensional)
ALU	: Aritmetik Mantık Birimi (Arithmetic Logic Unit)
APD	: Ortalama Bölme Yoğunluğu (Average Partition Density) Kümeleme Geçerlilik İndeksi
BAP	: Bilimsel Araştırmalar Projeleri
CIE	: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (Commission Internationale de l'Eclairage)
CPU	: Merkezi İşlemci Birimleri (Central Processing Units)
DPI	: İnç başına düşen nokta sayısı (Dots per Inch)
DRAM	: Dinamik Rastgele Erişimli Bellek
FCM	: Bulanık C-Ortalamalar (Fuzzy C-Means)
FHV	: Bulanık Hipervolum (Fuzzy HyperVolume) Kümeleme Geçerlilik İndeksi
GK	: Gustafson Kessel
GPGPU	: Genel amaçlı Grafik İşleme Ünitesi (General-purpose computing on graphics processing units)
GPU	: Grafik İşleme Ünitesi (Graphics Processing Unit)
HORT	: Harmonik Ortalama
HSV	: Renk Özü - Doygunluk - Parlaklık Değeri (Hue - Saturation - Value)
KTÜ	: Karadeniz Teknik Üniversitesi
MPC	: Modifiye Edilmiş Bölme Katsayısı (Modified Partition Coefficient) Kümeleme Geçerlilik İndeksi
PBMF	: Pakhira – Bansyopadhyay – Maulik Kümeleme Geçerlilik İndeksi
PC	: Bölme Katsayısı (Partition Coefficient) Kümeleme Geçerlilik İndeksi
PE	: Bölme Entropisi (Partition Entropy) Kümeleme Geçerlilik İndeksi
RAM	: Rastgele Erişimli Bellek (Random Access Memory)
RGB	: Kırmızı – Yeşil – Mavi (Red – Green – Blue)
ROI	: İlgilenilen Bölge (Region of Interest)
SC	: Ayrılık ve Kompaktlık (Seperation – Compactness) Kümeleme Geçerlilik İndeksi

XB : Xie - Beni Kümeleme Geçerlilik İndeksi
WFCM : Ağırlıklı Bulanık C-Ortalama (Weighted Fuzzy C-Means)
ZSC : Zahid Ayrılık ve Kompaktlık (Zahid's Seperation - Compactness)
Kümeleme Geçerlilik İndeksi



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Günümüzde birçok tıp alanında olduğu gibi yanık alanında da hastalık teşhisinde karar destek sistemleri kullanılmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü yanık nedeniyle meydana gelen ölümlerin sayısını yıllık 265.000 olarak belirtmiştir ve bu sayı yanık tedavisinin ne denli önemli olduğunu gözler önüne sermektedir [1]. Erişkinlerde %15'ten geniş ikinci derece veya %2 den geniş üçüncü derece yanıklar, çocuklarda %10'dan geniş ikinci derece veya herhangi miktarda üçüncü derece yanıklar, özel bölge (el, ayak, yüz ve genital bölge) yanıkları, 2 yaş altı, 65 yaş üstü yanık hastaları ve inhalasyon yanıkları hastaneye yatırılarak tedavi edilmelidir [2]. Yanık hastaların tedavisinde yaşamayan bölgenin çıkarılması uzmanlar için birincil amaç olmaktadır [3, 4]. Tüm vücut alanının %40'tan fazlasını tutan yanık yaraları mortaliteyi önemli oranda artırmaktadır [5]. Bu tür toplam vücut yüzey alanının %40'ından daha fazla ciddi yanıkları olan hastalarda, tüm ölümlerin %75'i enfeksiyon komplikasyonları veya inhalasyon hasarından kaynaklanan sepsis ile ilişkilidir [6 - 11]. T.C. Sağlık Bakanlığı 2018 Faaliyet Raporu'na [12] göre 2018 yılının sonu itibariyle Türkiye'de 14 yanık merkezi ve 32 yanık ünitesi bulunmaktadır. Bu yüzden yanık yarası olan birden fazla hastadan hangilerinin sağlık kuruluşunda yatılı tedavi altına alınmasına öncelik verileceğine karar verilmesi son derece önemlidir. Yanık yüzdesi yüksek olan hastanın yanık merkezlerine kabul edilme aşamasında, yanık yüzdesi daha düşük olan hastaya göre önceliği olmalıdır.

Yanık yüzdesi, sıvı resüsitasyonunun (vücutta kaybedilen sıvının tekrar vücuda ilave edilmesi) belirlenmesinde, hastane giriş / çıkış endikasyonlarının belirlenmesinde ve cerrahi yöntemlere karar verilmesinde kullanılan en önemli parametrelerden biridir. Günümüzde yanık yüzdesi hesaplamaları genelde uzman deneyimlerine göre yapılmaktadır. Araştırmalar, uzman değerlendirmeleri arasında \pm %20 farklılık olduğunu göstermektedir [13]. Hastaya verilecek sıvı miktarının belirlenmesinde en yaygın kullanılan formül olan Parkland formülüne göre, %20 farklılık 80kg bir hastaya 6400ml sıvının fazla veya az takviye edilmesine neden olabilir [14]. Bu da tedaviyi olumsuz yönde etkileyecektir.



Şekil 1. Örnek bir yanık görüntüsü

1.2. Tezin Amacı ve Yapısı

Bu tezin amacı, yanık hastalarının dijital görüntülerinin (2D) bulanık kümeleme yaklaşımları ile kümelemek ve böylece yanık hastalarının vücudundaki yanık yüzey alanını otomatik hesaplayarak söz konusu olumsuzlukları en aza indirmeyi hedefleyen bir sistemin ön adımını oluşturmaktır.

Tez kapsamında yanık yara görüntülerinin en başarılı şekilde bulanık kümeleneşi için gerekli olan parametrelerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Ele alınan parametreler ve değerlendirilmesi aşağıdaki gibidir:

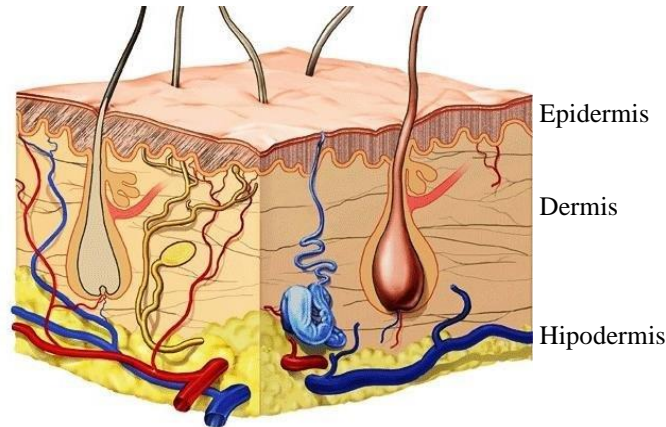
- 1) Renk Uzayları: RGB, HSV ve LAB renk uzayları ele alınıp, hangi renk uzayının yanık görüntülerinin bulanık kümeleneşinde daha başarılı olduğu araştırılmaktadır.
- 2) Uzaklık Ölçütleri: Minkowski, Öklid, Manhattan, Chebishev, Jaccard, Mahalanobis ve Kosinüs uzaklık ölçütlerinden hangisinin yanık görüntülerinin bulanık kümeleneşi deneyinde daha iyi performans gösterdiği araştırılmaktadır.
- 3) Bulanıklaştırma Filtreleri: Medyan ve Gauss filtrelerinin yanık görüntülerinin bulanık kümeleneşindeki başarısı araştırılmaktadır. Medyan için pencere boyutu ve Gauss filtresi için σ , 3 - 9 aralığında değerler alacak şekilde hesaplamaya katılmıştır.
- 4) Küme Sayısı: Bulanık kümeleme deneyleri küme sayısı 3 – 11 aralığında her bir küme sayısı için çalıştırılmış, yanık görüntüleri kaç kümeye bölündüğünde daha başarılı kümeleme başarımı elde edileceği araştırılmıştır.
- 5) Kümeleme Geçerlilik İndeksleri: Farklı parametrelerin kümeleme deneylerindeki başarımları Bölme Katsayısı (PC) [15], Bölme Entropisi (PE) [16], Modifiye Edilmiş Bölme Katsayısı (MPC) [17], P [18], Ayrılık ve Kompaktlık (SC) [19],

Zahid's SC (ZSC) [20], Pakhira – Bansyopadhyay - Maulik (PBMF) [21], Bulanık Hipervolüm (FHV) [22], Ortalama Bölme Yoğunluğu (APD) [22] ve Xie - Beni (XB) [23] kümeleme geçerlilik indeksleri ile değerlendirilmiştir.

Tezin ilk bölümünde, derinin yapısı, yanık yaraları hakkında bilgiler verilmiş, tez kapsamında kullanılacak yöntemlere ilişkin literatür özeti sunulmuştur. Tezin ikinci bölümünde, tezde yapılan çalışmalara yer verilmiştir. İlk olarak dijital yanık yarası görüntülerinin kümelenmesi için tasarlanan sistem anlatılmış, ardından ele alınan bulanık kümeleme yöntemleri, kümeleme deneylerini başarılı kılması öngörülen parametreler ve değerlendirme kriterleri açıklanmıştır. Tezin üçüncü bölümünde, bulgular sunulmuştur. Yanık görüntülerinin bulanık kümelenmesinde en başarılı olduğu tespit edilen parametreler ile elde edilen sonuçlar görselleri ile sunulmuştur. Ayrıca deneylerin performans hızlarına ilişkin Grafik İşleme Ünitesi (GPU) - Merkezi İşlemci Birimleri (CPU) karşılaştırmaları yapılmıştır. Tezin dördüncü bölümünde sonuçlara yer verilip, beşinci bölümde bu tezin ışığında ileride planlanan çalışmalardan bahsedilmiştir.

1.3. İnsan Derisi

Hem ağırlık hem de hacim olarak vücuttaki en ağır organ olarak bilinen deri, vücudun dış yüzeyini kaplayarak multi fonksiyonel bir organ olarak görev yapmaktadır [24]. Yetişkin bir erkek bireyde deri ağırlığı 6 ile 10 kg arasında değişmektedir ve yaklaşık yüzey alanı 1,5 - 2 metre karedir. Yeni doğanda ise deri yüzeyi sadece 0,2 ile 0,3 metre kare civarındadır [6]. İnsan derisi Epidermis, Dermis ve Hipodermis adı verilen 3 ana katmandan oluşan oldukça organize tabakalı bir yapıdır [25]. Şekil 2'de bu tabakalar gösterilmektedir [26].



Şekil 2. Derinin yapısı

Beş ayrı alt katmandan oluşan, vücudun en dış tabakası olarak bilinen, vücudu dış etkenlerden koruyan ve cildin elastikiyetinin korunmasına yardımcı olan Epidermisin kalınlığı yaklaşık 75-150 μm 'dir [25]. Epidermis dıştan en içe şu tabakalardan oluşmaktadır:

1. Stratum corneum (Boynuzsu tabaka)
2. Stratum lucidum (Aydınlık tabaka)
3. Stratum granulosum (Taneciksi tabaka)
4. Stratum spinosum (Dikensi tabaka)
5. Stratum basele (Temel tabaka)

Ayrıca deriye rengini veren melanin pigmenti bu tabakada yer almaktadır [27, 28].

Epidermis ile Hipodermis arasında bulunan Dermis, kollagen ve elastik liflerden oluşmaktadır. Deriye direnç ve esneklik sağlayan tabakanın kalınlığı bulunduğu yere göre 0,3 – 3 mm arasında değişmektedir. Yüzeiden derine doğru iki tabakadan oluşmaktadır [28, 29].

1. Stratum papillare
2. Stratum reticulare

İzolasyon görevi gören Hipodermis, Dermis'e gevşek bir şekilde bağlıdır. Hipodermis her kişide ve kişinin her bölgesinde aynı kalınlıkta değildir, yaş, cinsiyet, ırk, endokrin ve bireyin beslenme durumuna göre değişim göstermektedir [25, 28].

1.4. Yanık Yaralanması

Yüksek ısı, yüksek sıcaklıktaki sıvılar, alev, elektrik akımı ve kimyasal maddeler gibi etkenlerle derinin bir ya da birden fazla katmanında oluşan doku tahribatına yanık adı verilmektedir [30]. Yanık yaraları, oluşumuna neden olan etkenin niteliğine göre ve derinliğine göre sınıflandırılabilir [31].

1.4.1. Yanık Oluşumuna Neden Olan Etkenin Niteliğine Göre Yanık Türleri

Yanık yaralanma mekanizması 6 başlık altında değerlendirilmektedir. Bunlar; alev, elektrik, haşlanma, radyasyon, temas yanıkları ve kimyasal yanıklardır [32 - 34].

1.4.1.1. Alev Yanıkları

Alev yanıkları, otomobil kazaları, ısıtıcılar, yanıcı sıvı kullanımı gibi nedenlerle oluşan yanık türüdür [35]. Yetişkinlerde meydana gelen tüm yanık yaralarının %50'sini alev kaynaklı yanık yaraları oluşturmaktadır [34].

1.4.1.2. Haşlanma Yanıkları

Yağ, sıcak su ve sıcak su buharı nedeniyle meydana gelen yaralanmalar, haşlanma yanığı olarak adlandırılmaktadır. Ülkemizde yapılan iki çalışmada ele alınan hastaların haşlanma yanığına sahip olanlarının oranı %78 ve %54 [36, 37], Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir çalışmada ise bu oranın %30 olduğu görülmüştür [38].

1.4.1.3. Elektrik Yanıkları

Elektrik yaralanması, elektrik akımına, voltaja ve cildin direncine göre çok ciddi veya küçük bir yaralanmaya sebep olabilen yaralanma türlerindedir [39]. Yüksek voltajlı yanıklar (1000 volt veya üzeri) derin dokuların yaralanmasına sebebiyet verebilirken, düşük voltajlı yanıklar (1000 volttan düşük) genel olarak ellerde görülmektedir [40]. Bir başka elektrik yanığı olan flaş yanıkları yüksek voltajlı akımın insan vücuduna girmeden hızlı bir reaksiyonla parlaması ile ortaya çıkmaktadır ve ciddi sonuçlar doğurabilmektedir. Elektrik yanıkları tüm yanıkların yaklaşık %2,7'sini oluşturmaktadır [32, 41].

1.4.1.4. Radyasyon Yanıkları

Radyasyon yanığı, radyo frekansı enerjisine maruz kalındığında cilde veya diğer biyolojik dokulara zarar verebilen yanık türüdür. En yaygın radyasyon yanığı türü, ultraviyole radyasyonun neden olduğu güneş yanığıdır. Tekrarlanan tanımlayıcı tıbbi görüntüleme, girişimsel radyoloji (IR) prosedürleri veya radyoterapi (RT) sırasında röntgen ışınlarına yüksek derecede maruz kalmak da radyasyon yanıklarına neden olabilmektedir [42].

1.4.1.5. Temas Yanıkları

Temas yanıkları, soba ve ütü gibi yüksek ısıya sahip maddelere maruz kalınmasıyla meydana gelen yanık türüdür. Yaşlılar, çocuklar ve bağımlılığı (alkol, uyuşturucu vb.) olan kişiler temas edilen maddenin ısınını algılayamayacağı için bu kişilerde temas yanıkları görülme sıklığı artmaktadır. Sıklıkla el bölgesinde oluşan bu yanık türü 1. ve 2. derece yanık sınıfına girmektedir [34, 43].

1.4.1.6. Kimyasal Yanıklar

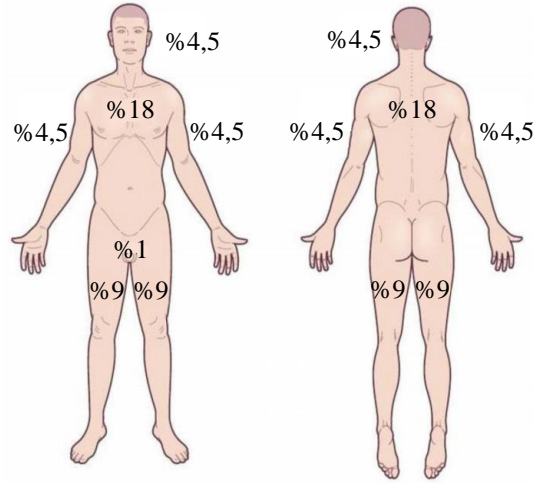
Günümüzde, birçok alanda 25.000'den fazla kimyasal maddenin kullanıldığı bilinmektedir. Bu maddelerin deri ile teması sonucunda ortaya çıkan yanık türü kimyasal yanıklardır. Ev temizliği, tarım, endüstri gibi alanlarda karşılaşılan kimyasal yanıklar son zamanlarda maalesef kadına şiddet vakalarında, savaşlarda karşımıza çıkmakta ve bundan etkilenen kişi sayısında artış görülmektedir [32, 44]. Kimyasal etkileşim protein yapılarına da zarar verebilmektedir. 1974 yılında tanımlanan ve kullanımda olan bir sınıflandırma sistemi (Tablo 1) kimyasalları etki şekline göre gruplandırmaktadır [6, 45 - 47].

Tablo 1. Yanık yaralanmasına neden olan kimyasalların sınıflandırılması

Sınıf	Örnekler	Aksiyon şekli
İndirgeyici maddeler	Hidroklorik asit	Doku proteinlerindeki serbest elektronları bağlar
Oksitleyici maddeler	Sodyum Hipoklorit	Toksik yan ürünler üreten proteinler üzerinde oksitlenir
Aşındırıcı maddeler	Fenol	Doku proteinlerini denatüre eder.
Protoplazmik zehirler	Hidroflorik asit Asetik asit	Kalsiyum veya hücre fonksiyonu için gerekli diğer iyonları bağlar
Yakıcı gaz	Dimetil sülfürid Kantarid Mustard gazı	Anoksik nekrozlu iskemi
Kurutucu madde	Sülfürik asit Muriatik asit	Kurutma Egzotermik reaksiyon

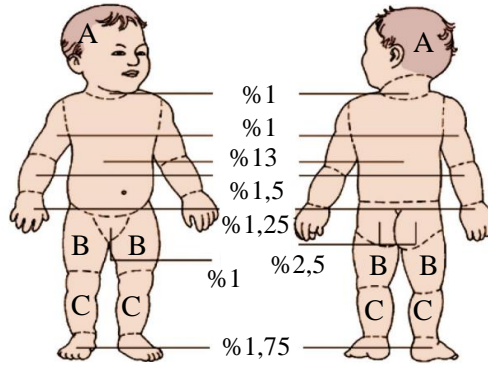
1.5. Yanık Yüzey Alanının Belirlenmesi

Yanık yüzdesinin hesaplanmasında pratikte en sık kullanılan yöntem Dokuzlar Kuralı (Rule of Nines)'dır (Şekil 3) [48]. Dokuzlar Kuralı insan vücudunu 9 bölgeye bölerek, her bölgeye bir yüzdelik belirler [49]. Ancak bu yöntem ile yanık yüzey alanı, gerçekte olduğundan yaklaşık %3 daha fazla tahmin edebilmektedir [50].



Şekil 3. Dokuzlar Kuralı için yüzdelikler [48]

Pediyatrik yaş gruplarında her yaş için 9 vücut bölgesinin vücuda oranının farklı olması, bu hastaların yanık yüzey alanları tahmin edilirken daha hassas diyagramlardan biri olan Lund - Browder tablosunun kullanılmasını gerektirmektedir (Şekil 4 ve Tablo 2) [50].



Şekil 4. Lund Browder için yüzdelikler [48]

Tablo 2. Lund Browder için yüzdeler tablosu

Yaş		Doğumda	0-1 yaş	1- 4 yaş	5-9 yaş	10-15 yaş	Yetişkin
Ön veya arka yarı		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
A	Baş	9,5	8,5	6,5	5,5	4,5	3,5
B	Uyluk kemiği	2,75	3,25	4	4,25	4,5	4,75
C	Bacak	2,5	2,5	2,75	3	3,25	3,5

Bir başka yöntem ise Palmar Metodu'dur (Avuç içi) (Şekil 5). Bu yöntemle göre, kişinin el büyüklüğü tüm vücudunun %1'ine denk gelmektedir [51, 52]. Yanık boyutu, kişinin eli ile ölçülüp yaklaşık bir yüzde tespit edilmeye çalışılmaktadır.



Şekil 5. Palmar Metodu

Dünyadaki yanık merkezleri, yanık yüzey alanının bulunmasında genellikle yukarıda adı geçen yöntemleri kullanmaktadırlar. Fakat bu yöntemler ile belirlenen yanık yüzdeleri uzmandan uzmana farklılık göstermektedir. Örneğin, yetişkin bir hastanın diz kısmında yer alan bir yanık bölgesi için bazı hekimler Dokuzlar Kuralı'na göre tüm ön bacağın vücut yüzdesi olan %9'u kullanırken, bazıları bu bölgeyi göz kararı ile tüm ön bacak alanına oranlayıp %9'dan küçük bir değer kullanabilmektedir.

Yanık yüzey alanının tespiti için BurnCase 3D [54], EPRI 3D [55], BAI [56], ve BurnCalc [57] gibi çeşitli 3 boyutlu yöntemler ve yazılımlar mevcuttur. Bu yöntemler elde edilen görüntülerin örnek bir 3 boyutlu modele uyarlanmasına dayanır ve daha doğru sonuçlar üretmelerine rağmen, otomatik olmamaları, kullanılan modellerde herhangi bir deformasyonun mümkün olması ve işlemin çok fazla uzun sürmesi gibi dezavantajlara sahiptirler.

Giretzlehner ve arkadaşları [53] çalışmalarında geleneksel toplam yanık yüzey alanı tahmin etme yöntemleri olan Palmar Metodu, Dokuzlar Kuralı ve Lund – Browder Çizelgesi'nden elde edilen değerler ile bilgisayar tabanlı yüzey alanı tahmin etme programı olan BurnCase 3D'den elde edilen değerleri karşılaştırmışlardır. Biri ulusal (Avusturya), diğeri uluslararası olmak üzere iki ayrı yanık konferansına katılan katılımcılara, üzerinde yanık bölgeleri kümelenmiş 3 ayrı hastaya ait görüntüler içeren bir sayfalık bir anket uygulanmış ve yukarıda belirtilen geleneksel yöntemlerden istediklerini kullanarak yanık yüzey alanını tahmin etmeleri istenmiştir. Ortaya çıkan sonuçlar geleneksel yöntemle elde edilen yanık yüzey alanı değerlerinin, bilgisayar ortamında elde edilen değerlerden %161'e kadar varan oranlarda daha yüksek olarak tahmin edildiğini göstermiştir. Yanık yüzey alanının gerçek değerinden daha fazla olarak tahmin edilmesi, tedavide uygulanacak sıvı takviyesinin gereğinden fazla yapılmasına ve cerrahi müdahale yapılmasında yanlış karar verilmesi gibi birçok soruna neden olabilmektedir.

1.6. Tez Kapsamında Kullanılan Yöntemlere İlişkin Literatürde Yapılan Çalışmalar

Doğru yanık yüzey alanının bulunabilmesi için öncelikle yanık ve yanık olmayan bölge ayırımının doğru bir şekilde yapılması gerekmektedir. Böylelikle, hesaplama yöntemlerinin yanık yarası tedavi prosedürüne entegrasyonunun, tedavinin etkinliğini ve doğruluğunu artıracığı, yetersiz veya aşırı dozda sıvı resüsitasyonunun neden olduğu yan etkileri azaltacağı belirtilmektedir. Yanık yüzey alanının objektif ve başarılı bir şekilde hesaplanabilmesi için yanık alanının dijital görüntüden kümelenmesi veya sınıflandırılması bir ön koşuldur [58].

Kümeleme yaklaşımları, optimizasyon ve karar vermeden, görüntü işlemeye kadar birçok alanda kullanılmaktadır [59]. Literatürde, farklı alanlardaki görüntülerin kümelenmesinde bulanık kümeleme yaklaşımları sıklıkla kullanılmakta ve yüksek performans sonuçları elde edilmektedir. Bulanık kümeleme yaklaşımları kızılötesi görüntülerin kümelenmesinde de sıklıkla kullanılmaktadır [60-64]. Aynı zamanda literatürde bitki örtüsünün ve yaprakların kümelenmesinde de bulanık kümeleme yaklaşımlarına sıklıkla rastlanmaktadır. Meyer ve arkadaşları, geniş ovalarda bitki içeren renkli görüntülerin gizli ve göze çarpan alanlarının kontrolsüz sınıflandırılmasında Bulanık C-Ortalama (BCO) ve Gustafson Kessel (GK) kümeleme yaklaşımlarını kullanmışlar ve belirli koşullar altında bitkilerin kümelenmesinde %90'ın üzerinde başarı elde etmişlerdir

[65]. Neto ve arkadaşları ise bitki örtüsü görüntülerinden tek tek yaprak çıkarımı için Gustafson Kessel kümeleme yaklaşımını kullanmış ve başarılı sonuçlar elde etmişlerdir [66]. Mohammed ve arkadaşları farklı görüntülerin kümelenmesinde geliştirilmiş BCO yaklaşımını kullanmışlardır. Veri kümesindeki her bir verinin frekansını alarak BCO'yu uygulamış ve klasik BCO'ya göre çok daha hızlı sonuçlar elde etmişlerdir [67]. Li ve arkadaşları çalışmalarında, bulanık kümelenmeye ve görüntü renk uzamsal (color – spatial) özellik ağırlıklandırmasına dayanan yeni bir görüntü kümeleme yöntemi önermiştir. Böylelikle küme merkezinin ve kümeleme verimliliğinin (efficiency) doğruluğunun arttığını savunmaktadırlar [68]. Guo ve arkadaşları, görüntü kümelemesinde BCO, Uzaysal BCO (Spatial Fuzzy C-Means -SFCM), Gölge C-Ortalama (Shadowed C-Means - SCM) ve Uzaysal Gölge BCO (Spatial Shadowed C-Means - (SSCM) üzerine inceleme yapmışlardır. Üyelik değerleri matrisine daha fazla bilgi eklemek için Kılavuzlu Filtre (Guided Filter) veya Çoklu Kılavuzlu Filtre (Multi-Guided Filter) kullanmışlardır. Deney sonucunda Kılavuzlu Filtre'nin görüntü kümelemesinde bulanık kümeleme yaklaşımlarını geliştirmek için iyi bir yöntem olduğu kanısına varmışlardır [69].

Bulanık kümeleme yaklaşımları sağlık alanında da sıklıkla tercih edilen yaklaşımlar arasında olup, özellikle tıbbi görüntülerin kümelenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Mandal ve arkadaşları, hispatolojik görüntülerden ilgilenilen bölgeleri (Region of Interest - ROI) otomatik olarak belirlemek üzere Bulanık C-Ortalama ve K-Ortalama yöntemlerini kullanmışlardır. Deneyler LAB uzayında ve Öklid uzaklığı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deney sonucunda her iki kümeleme yönteminin de neredeyse aynı sonuçlar verdiği gösterilmiştir [70]. Mathew ve Vidya çalışmalarında göğüs kanseri hastalarının ultrason görüntülerinde tümörleri benign ve malign olmak üzere iki sınıfa ayırmayı amaçlamışlardır. Görüntü üzerinde ön işlem olarak, kontrast ayarı için uyarlamalı histogram eşitlemesi, benekli gürültüyü ortadan kaldırmak için ise hibrid filtre kullanmışlardır. Görüntüleri Olasılıksal Bulanık C-Ortalama ile kümeleyerek, bulunan nesnelere sınır yapılarına göre benign ve malign olarak sınıflandırmışlardır. Benign kitle için hata oranının 0,092, malign kitle için ise 0,000034 kadar azaldığı görülmüştür [71]. Shankar ve arkadaşları, beyin tümörünün sınıflandırılması için çalışmışlardır. Sınıflandırma için gri seviye birliktelik matrisi kullanarak özellik çıkarımı yapmışlardır. Normal ve tümörden etkilenmiş kitle kümelenmesi için Gustafson-Kessel bulanık kümeleme algoritması kullanmışlardır. Bütün örnekler için doğruluk (accuracy) değerlerinin %95'ten büyük çıktığı görülmüştür [72]. Ahmed ve arkadaşları ile Zhan ve Chen çalışmalarında beyin manyetik rezonans

görüntüleme (MRI) verilerinin kümelenmesinde BCO yaklaşımını kullanmışlardır. BCO yaklaşımını, ilk çalışmada görüntüdeki bir pikselin etiketinin yakın komşularının etiketlerinden etkilenebilmesini sağlayarak, ikinci çalışmada ise yaklaşımın amaç fonksiyonundaki Öklid metriği yerine çekirdek tabanlı bir ölçek kullanarak değiştirmişlerdir. Deneysel sonuçlar önerilen yöntemin, tıbbi görüntülerin kümelenmesinde daha başarılı olduğunu göstermektedir [73, 74]. Kannan ve arkadaşları ise meme ve beyin rezonans görüntülerinin otomatik kümelenmesinde BCO yaklaşımını kullanmışlardır [75]. Yoon ve arkadaşları [76] ile Suckling ve arkadaşları [77] çalışmalarında beyin MR görüntülerinden beyaz madde, gri madde ve beyin omurilik sıvısı tespiti için BCO yaklaşımı uygulamışlar ve deneysel sonuçların bu yaklaşım için başarılı sonuçlar ortaya koyduğunu göstermişlerdir. Szilagyi ve arkadaşları, beyin MR görüntülerinin kümelenmesinde geleneksel BCO ile Yanlılığı Düzeltilmiş BCO (BCFCM - Bias-Corrected Fuzzy C Means)'yu iki adıma bölüp yeni bir gamma faktörü ekleyip kullanmışlardır. Deneysel sonuçlar yeni yöntemin ilkinden daha hızlı olduğunu göstermiştir [78]. Chuang ve arkadaşları beyin MR görüntülerinin kümelenmesinde geleneksel BCO yerine diğer yöntemlerden daha homojen bölgeler veren, sahte lekeleri azaltan, gürültü noktalarını gideren ve gürültüye karşı diğer tekniklerden daha az duyarlı olan uzamsal bilgileri içeren BCO kullanmışlardır. Bu yöntem hesaplama yaparken komşu kümelerin üyelik derecelerinin de ele alınması esasına dayanmaktadır. Önerilen yöntemin, geleneksel BCO'ya göre daha başarılı olduğunu öne sürmüşlerdir [79]. Özyavru ve Özkurt, çalışmalarında beyin MR görüntülerinde MS (multipl skleröz) plaklarının kümelenmesinde BCO yaklaşımını kullanmış ve sonuçların ileriki çalışmalar için umut verici olduğunu ileri sürmüşlerdir [80]. Bu çalışmaların yanı sıra, bulanık kümeleme yöntemlerinin başarısını kabul edip daha hızlı sonuç elde edilmesini sağlamak için de çalışmalar bulunmaktadır. Vasuda ve Satheesh, beyin MR görüntülerinin kümelenmesinde BCO'nun başarısını kabul etmiş fakat hesaplama süresini büyük bir dezavantaj olarak görmüşlerdir. Bu sorunu ortadan kaldırmak üzere, geleneksel BCO'daki küme merkezi ve üyelik değeri güncelleme kriterini değiştirerek uygulamışlar ve aynı başarıya daha hızlı sürede ulaştıklarını belirtmişlerdir [81]. Shasidhar ve arkadaşları da BCO'nun çalışma hızını artırmayı amaçlayarak yaptıkları çalışmada, veri sıkıştırma tekniği kullanarak veri sayısı azaltmış, böylece işlem süresinin kısılmasını sağlamışlardır [82].

Literatür incelendiğinde, tıbbi görüntülerin kümelenmesinin daha özelinde yanık görüntülerinin kümelenmesi için bulanık kümeleme yaklaşımlarının kullanıldığı çalışmalara da rastlanılmaktadır. Wantanajittikul ve arkadaşları yanık yaralarının derinliklerini tespit

etmeyi amaçlamışlardır. Öncelikle yanık bölgeyi ayırt edebilmek için Cr dönüşümü, Luv dönüşümü ve Bulanık C-Ortalama yaklaşımlarını kullanmışlardır. Daha sonra yanık bölgelerinin yanık derecelerine göre sınıflandırılmasında Destek Vektör Makinelerini (DVM) kullanmışlardır. DVM ile yapılan sınıflandırma ile 4 kez çapraz doğrulama ile %89,29'luk bir skor ile doğru sınıflandırıldığını bildirmişlerdir [83]. Şevik ve arkadaşları, kümelenmiş görüntülerden deri ve yanık yarası sınıflandırması yapmayı amaçlamışlardır. Görüntü kümelenmesinde Bulanık C-Ortalama, K-Ortalamalar, Beklenti Maksimizasyonu (EM), ve Basit Doğrusal İteratif Kümeleme (SLIC) yaklaşımlarını, optimum küme sayısının bulunmasında ise Calinski-Harabasz kriterini kullanmışlardır [84, 85]. Castro ve arkadaşları ise yanık yara görüntülerinin kümelenmesinde kullanılan klasik ve yeni bulanık kümeleme yaklaşımlarını ele alıp, Bulanık C En Yakın Komşu (BCEYK), Modifiye Bulanık C-Ortalama (MBCO), Mekansal Sağlam Bulanık C-Ortalama (MSBCO) ve Çekirdekli Bulanık C-Ortalama (ÇBCO) algoritmalarını karşılaştırmışlardır. ÇBCO ile elde edilen sonuçlar BCO ile elde edilen sonuçlardan daha başarılı iken, BCEYK ve MBCO çoğu görüntü için daha başarılı bulunmuştur. MSBCO ise istenen sonuçları üretememiştir [86]. Literatürde, kümeleme ve sınıflandırma başarımlarında görüntünün elde edilmiş şeklinin büyük etkisi olduğu görülmüştür. Acha ve arkadaşları [87] görüntülerin elde edimi için bir sistem ortaya koymuşlardır. Bu sistem literatürde bulunan bazı çalışmalara ışık olmuş ve bu çalışmalar kümeleme ve sınıflandırma işlemlerine başlamadan önce görüntülerini bu sistem yardımı ile elde etmişlerdir [88-93]. Bu sistem işi kolaylaştırıyor gibi görünse de görüntüyü alan kişinin sistemi yanlış kullanması elde edilen sonuçların yanlış olmasına neden olabilecektir. Görüntü elde edebilmek her zaman mümkün olmayabileceğinden hazır veri tabanları, internet, kitaplardan taranan görüntüler [94-96] ve veri tabanları belli hastanelerden elde edilen görüntüler çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır [97-100]. Bu tip görüntüler herhangi bir görüntü elde etme protokolü kullanılmadan elde edilen görüntülerdir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu tez kapsamında, Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi Farabi Hastanesi Yanık Ünitesi'ne başvuran hastaların yanık yara görüntüleri toplanmıştır. Çalışmalar, 02.01.2017 tarihli ve 24237859-26 tarihlerinde Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurul Onay Belgesi ile Bilimsel Araştırma Etik Kurulu Başkanı tarafından onaylanmıştır. Tezde yanık yara görüntülerinin en başarılı bulanık kümelenmesi için gerekli olan parametrelerin tespit edilmesi için bir sistem önerilmiştir. Önerilen sistem, yanık bölgesi tanımlama problemi için görüntülerin optimal gösterimini tanımlamak için RGB, HSV ve CIE Lab olan üç farklı renk uzayı kullanmaktadır. Her uzaklık ölçütünün farklı renk uzaylarında farklı performans göstereceği düşüncesiyle yanık görüntülerinin kümelenmesinde Bulanık C-Ortalama yöntemi, Minkowski, Öklid, Mahalanobis, Manhattan, Chebishev, Jaccard ve Kosinüs uzaklığı olmak üzere yedi farklı uzaklık ölçütü kullanarak uygulanmıştır. Örneğin, renk uzayının renk benzerliğini değerlendirmek için özel bir mesafe ölçüsü olan Mahalanobis mesafesinin CIE Lab renk uzayında daha iyi performans göstereceği varsayılmaktadır. Ayrıca gürültüyü ortadan kaldırmak ve yapı bilgisini arttırmak için yanık görüntülerine Gauss ve Medyan filtreleri uygulanmıştır. Tezin ilerleyen bölümlerinde önerilen sistem hakkında ayrıntılı bilgi verilmektedir.

2.1. Veri Seti

Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi Farabi Hastanesi Yanık Ünitesi'ne başvuran hastaların yanık yara görüntülerinin bulunduğu veri setinden 120 görüntü toplanmıştır. 120 dijital görüntüden oluşan veri seti, rastgele örnekleme kullanılarak 100'ü eğitim, 20'si test setini oluşturacak şekilde iki kümeye ayrılmıştır.

Yanık yarası veri setindeki tüm görüntüler, arka planda yeşil çarşaflar, sağlık personeli elleri ve yataklar gibi nesnelerin bulunduğu bir hastane ortamında çekilmiştir. Arka planın neredeyse tümüyle aynı olmasına rağmen, fotoğraf çekmek için herhangi bir standart (ışık, çekim açısı, arka plan düzeltilmesi vb.) kullanılmamıştır.

Tablo 3 tez kapsamında kullanılan yanık yarası veri setinin fotoğraf özelliklerini içermektedir. Tabloya göre, Canon PowerShot SX210 IS fotoğraf makinesi ile çekilmiş toplam fotoğraf sayısı 91'dir. Geri kalan fotoğrafların elde ediminde ise akıllı telefon kameraları kullanılmıştır.

Tablo 3. Yanık görüntü veri setinin özellikleri

Marka	Model	Çözünürlük	Boyut	Frekans
Canon	Canon PowerShot SX210 IS	180 dpi	640x480	2
			4320x3240	2
			3648x2736	41
			2816x2112	46
Samsung	SM-G610F	72 dpi	3096x1048	2
			3096x4128	8
			3096x5448	1
Nokia	X3-00	300 dpi	3096x5998	1
			2048x1536	7
			747x1328	2
Bilinmeyen	Bilinmeyen	96 dpi	768x1024	2
			1196x1600	1
			1200x1600	5
			Toplam:	120

Eğitim ve test setlerinden örnek görüntüler Şekil 6 ve Şekil 7’de verilmektedir.



Şekil 6. Eğitim setinden örnek görüntüler

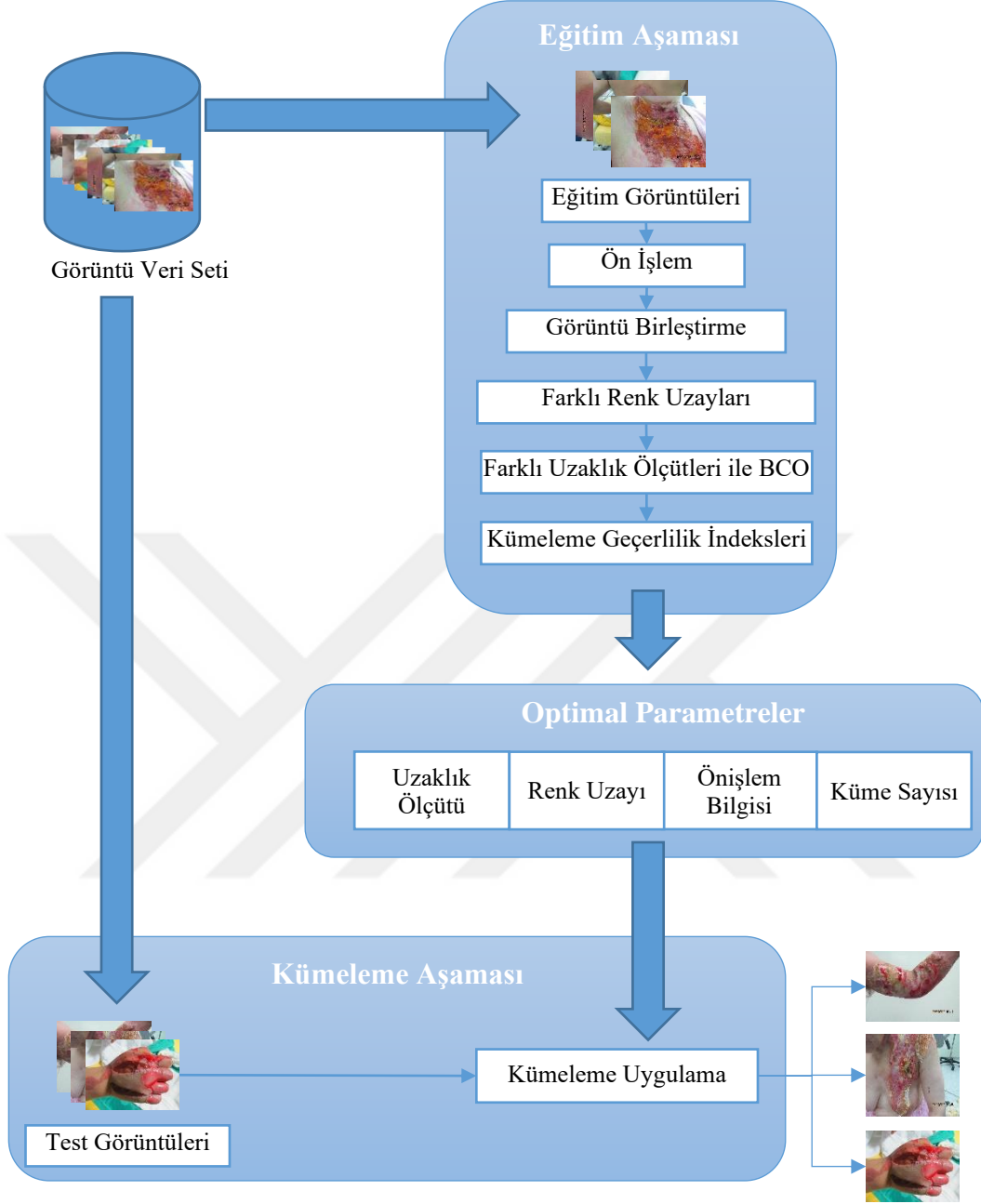


Şekil 7. Test setinden örnek görüntüler

2.2. Önerilen Sistem

Bu tez kapsamında, yanık görüntülerinin bulanık kümeleneşmesi için iki aşamalı bir sistem önerilmiştir. İlk aşamada, kümeleme yöntemi için eğitim görüntüleri kullanılarak optimal parametreler belirlenmektedir. İkinci aşamada ise belirlenen parametreler, kümeleme deneyinin gerçekleşmesi için test görüntülerine uygulanmaktadır. Önerilen sistemin blok şeması Şekil 8'de verilmiştir.

Önerilen sistemin işleyişi şu şekildedir: Veri tabanındaki görüntüler eğitim ve test görüntüleri olmak üzere rastgele iki gruba ayrılır. Eğitim verilerine ön işlem olarak 3 - 9 aralığında parametre değeri alan Gauss ve Medyan filtreleri uygulanmasının ardından tüm görüntülerdeki bilgiler görüntü birleştirme aşamasında tek bir veri seti altında toplanır. Ardından eğitim verisine farklı renk uzaylarında, farklı uzaklık ölçütleri kullanan Bulanık C-Ortalama yaklaşımı uygulanıp, kümeleme geçerlilik indeksleri sayesinde en uygun kümeleme parametreleri (uzaklık ölçütü, renk uzayı, ön işlem yöntemi, ön işlem parametresi küme sayısı, filtre parametresi) belirlenir. Belirlenen bu parametreler kullanılarak test verisine bulanık kümeleme yaklaşımı uygulanır.



Şekil 8. Önerilen sistemin blok şeması

2.2.1. Ön İşlem Aşaması

Görüntü elde edilirken meydana gelebilecek veri kayıplarını / bozulmalarını azaltmak veya ortadan kaldırmak, çalışmanın sonuçlarının doğruluğunu artıran önemli bir adımdır. Yanık görüntülerin kümelenmesinin ön işlemi olarak, ilk aşamada, gürültü giderimi ve hesaplama zorluğunun azaltılması için görüntülerin boyutları %50 oranında küçültülmüştür. Ardından bulanıklaştırma filtreleri uygulanmıştır.

2.2.1.1. Filtreleme

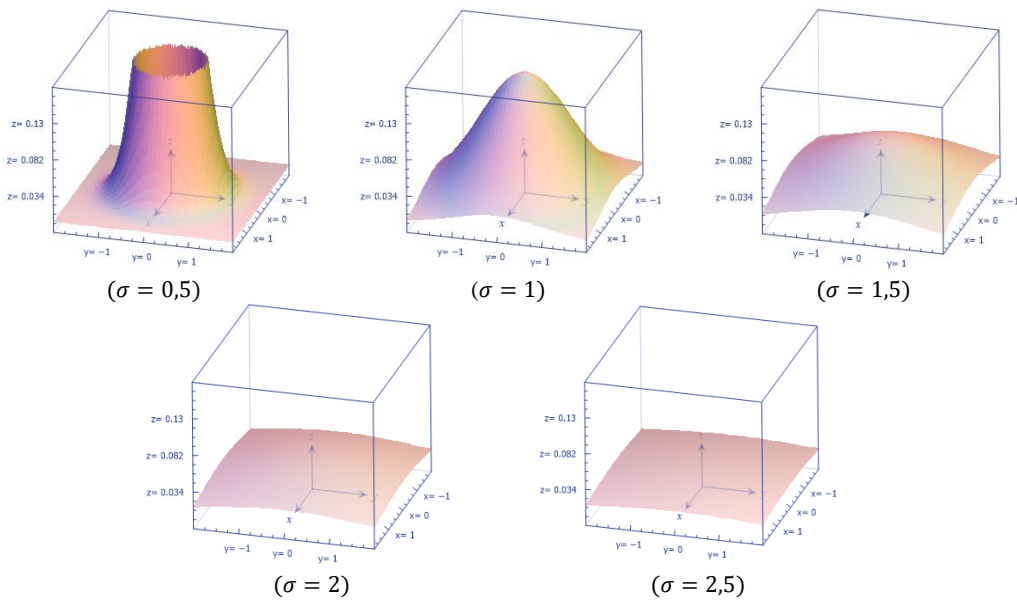
Bulanıklaştırma filtrelerinden Gauss ve Medyan filtrelerinin performansları ayrı ayrı test edilmiş ve karşılaştırılmıştır.

2.2.1.1.1. Gauss Filtresi

Görüntüdeki gürültülerin azaltılmasında tez kapsamında kullanılan filtrelerden ilki Gauss filtresidir. Eşitlik 1’de formülü verilen iki boyutlu Gauss filtresi kullanılarak görüntülerin iyileştirilmesi yoluna gidilmiştir. Görüntünün bulanıklaştırılması, görüntü üzerinde yer alan gürültüleri yok ederken, bazı detayların yok edilmesine neden olabilmektedir.

$$g(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

σ değeri kullanıcı tarafından belirlenmekte ve görüntüdeki bütün pikseller için sabit bir değer almaktadır [101]. σ^2 'nin büyük seçilmesi gürültü giderimini artırırken görüntüde bulanıklaşmaya ve kenarların yok olmasına neden olmaktadır. σ^2 'nin küçük seçilmesi ise kenarların ve ayrıntıların korunmasını sağlarken, gürültünün yok edilmesini azaltmaktadır. σ 'nın 0,5 ve 2 aralığındaki değerleri için Gauss filtreleri Şekil 9’da verilmektedir. Gauss filtresi, σ değeri 2,5’ten büyük olduğunda ortalama filtresi gibi davranmaktadır [101].



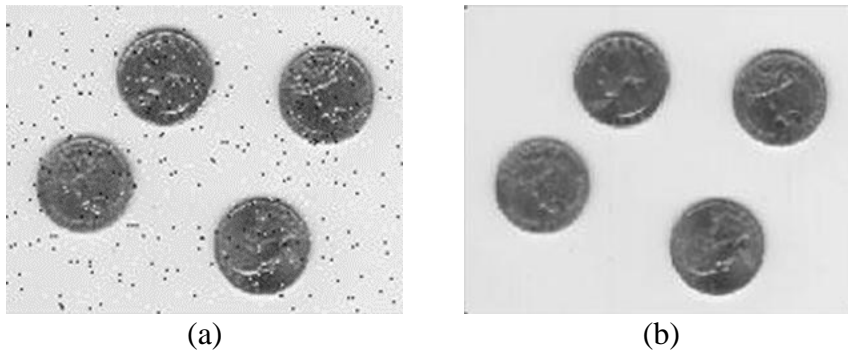
Şekil 9. σ 'nın 0,5 ve 2,5 aralığındaki değerleri için Gauss filtreleri

2.2.1.1.2. Medyan Filtresi

Görüntüdeki gürültülerin azaltılmasında tez kapsamında kullanılan filtrelerden bir diğeri de Medyan filtresidir [102]. Filtrenin görüntü üzerinde piksel piksel gezdirilmesi ve her bir piksel değerinin komşu piksel değerlerinin medyanı ile değiştirilmesi mantığı ile çalışmaktadır. Kaç komşu pikselin hesaba katılacağı, seçilecek “pencere” boyutu ile belirlenmektedir. Temsil yeteneği uzak bir piksel, sıralanan dizinin uçlarında kalacağından, komşuların genel temsilini etkilemesi imkânsız hale gelmiş olacaktır. Özellikle tuz biber (salt - pepper) tipi gürültülerde başarılı sonuçlar vermektedir. Medyan filtresinin uygulanmasına Şekil 10’da, filtre uygulanmış örnek görüntüye ise Şekil 11’de yer verilmiştir [103].

	123	125	126	130	140
	124	124	126	127	135
	118	120	150	125	134
	119	115	119	123	133
	111	116	110	120	130
115					
119					
120	123	125	126	130	140
123	124	124	126	127	135
124	118	120	124	125	134
125	119	115	119	123	133
126	111	116	110	120	130
127					
150					

Şekil 10. Medyan filtresinin kullanımına bir örnek

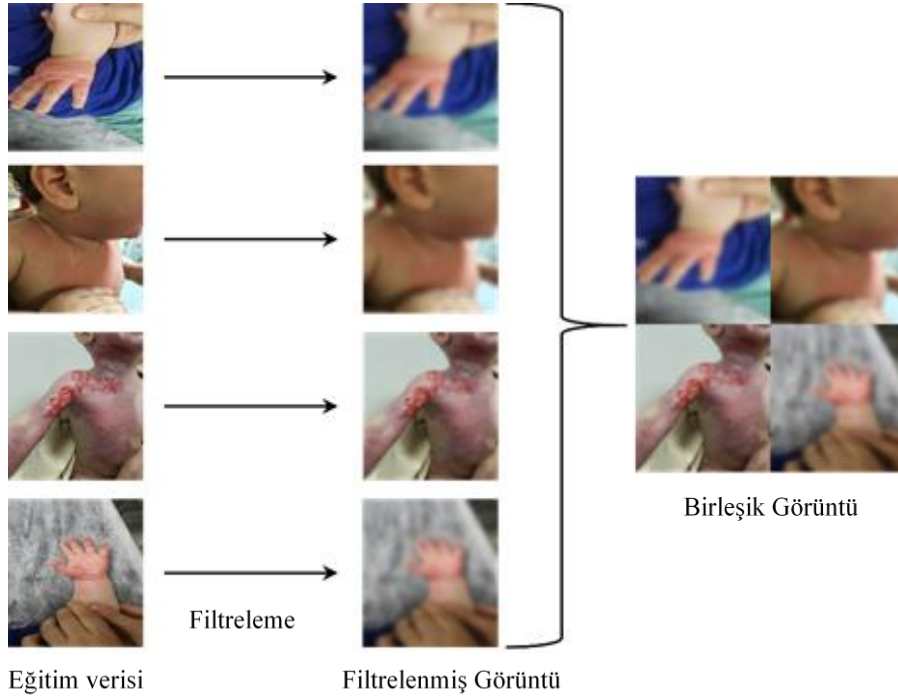


Şekil 11. (a) Örnek bir görüntünün tuz ve biber gürültülü hali, (b) Medyan filtre uygulanmış örnek görüntü

Medyan filtreleri, bazı rasgele gürültü türleri için, kenarları korumaya yardımcı olan benzer boyuttaki doğrusal yumuşatma filtrelerinden çok daha az bulanıklaştırma ile daha iyi gürültü azaltma özellikleri sağlayabilmektedirler [104].

2.2.2. Görüntülerdeki Bilgilerin Birleştirilmesi Aşaması

Hastanın acil durumundan dolayı yanık görüntüleri, standartlaştırılmayan bir ortamda alındığından, görüntüler çarşaf, sağlık personeli, zemin, tıbbi ekipman gibi farklı yapılar içermektedir. Fotoğraf çekimi için ışık, çekim açısı, arka plan düzeltme gibi bir standart olmamasına rağmen bütün görüntülerin arka planları çok benzerdir. Bu durum görüntülerin benzer yapıda olmasını sağlamaktadır. Önerilen sistemde tüm eğitim görüntülerindeki bilgiler birleştirilerek birleşik bir görüntü oluşturulmaktadır. Önerilen sistemin görüntü birleştirme adımı Şekil 12’de gösterilmektedir.



Şekil 12. Önerilen sistemin görüntü birleştirme adımının gösterimi

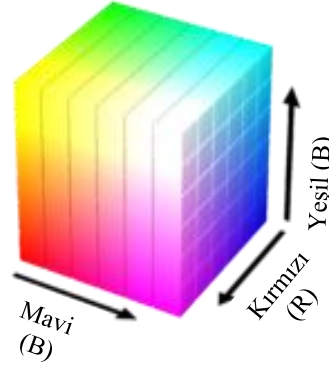
Bu sayede eğitim setindeki tüm piksel bilgileri işlenmiş olduğundan, eğitim setindeki her bir görüntü yerine tüm eğitim setini temsil eden kümeler elde edilmektedir. Böylelikle elde edilen kümeleme bilgileri kullanılarak, test görüntüleri kolaylıkla başarılı bir şekilde kümelenebilmektedir.

2.2.3. Renk Uzayları

Yanık görüntüleri, deri, yanık ve arka plan (doktor eldivenleri, yataklar, çarşafklar ve oyuncaklar gibi) bilgilerini içermektedir. Bu tip görüntülerin tespitinde birçok farklı renk modeli kullanılmaktadır. Her biri dönüşüm biçimi, ışık dönüşümüne uyum sağlamlığı ve gölge gürültüsü bakımından diğerlerine göre farklılıklar göstermektedir [105]. Bu çalışmada yanık görüntülerinin kümelenmesinde renk uzaylarının etkisinin araştırılması amacıyla görüntüler RGB, HSV, LAB renk uzaylarında ele alınmıştır.

2.2.3.1. RGB Renk Uzayı

RGB (Red, Green, Blue), dijital görüntüleri temsil etmek için en yaygın kullanılan renk uzayıdır. Her bilgisayar sisteminde olduğu gibi, video ve kamera gibi görüntüleme cihazlarının çoğunda bu renk uzayı kullanılmaktadır [106, 107]. Her rengin kırmızı, yeşil ve mavinin birincil spektral bileşeni içinde görüldüğü RGB modeli, kartezyen koordinat sistemine dayanmaktadır. RGB renk uzayı bir küp olarak ifade edilebilmektedir (Şekil 13).

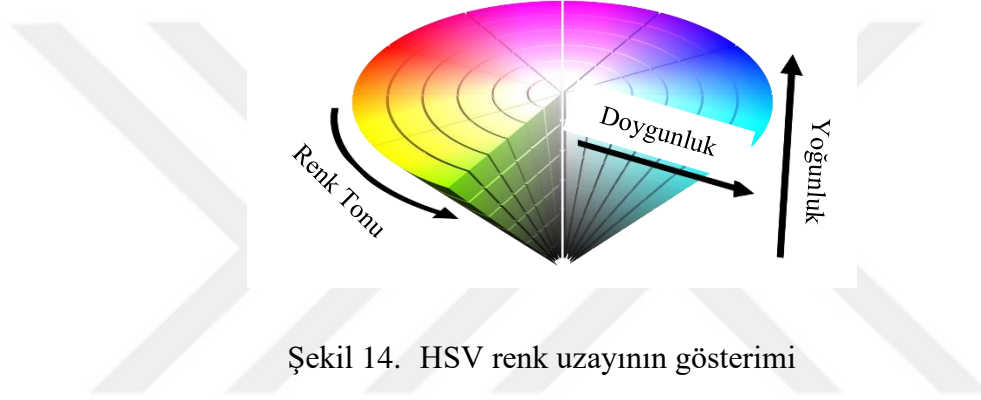


Şekil 13. RGB renk uzayı gösterimi

Kırmızı, yeşil ve mavi bu küpün üç köşesinde, camgöbeği (cyan), mor (magenta) ve sarı bir diğer üç köşesinde, siyah orijininde, beyaz ise orijine en uzak köşesinde yer almaktadır. Siyah ve beyaz noktalarını birleştiren çizgi boyunca grinin tonları gözlemlenmektedir [108]. Kanallar arasındaki yüksek korelasyon, algısal değişebilirliği, renklilik ve parlaklık verilerinin karıştırılması bu renk uzayının dezavantajlarıdır [109].

2.2.3.2. HSV Renk Uzayı

İnsan gözüne benzer bir algıyı ifade etmek için tanımlanan HSV (Hue, Saturation, Value) renk uzayının üç boyutlu gösterimi, merkezi dikey eksenini yoğunluğu temsil eden bir hegzagondur [110]. Ayrıca, HSV renk tanıma için en uygun renk uzaylarından biridir [111]. Renk tonu (Hue), $(0, 2\pi)$ aralığında açı olarak tanımlanmaktadır. 0 açıda kırmızı, $2\pi/3$ açıda yeşil, $4\pi/3$ açıda mavi ve 2π açıda yeniden kırmızıyı ifade etmektedir. Rengin derinliğini ve saflığını ifade eden doygunluk (Saturation), merkezi eksenindeki 0 ile dış yüzeydeki 1 arasındaki radyal uzaklık olarak ölçülür (Şekil 14).

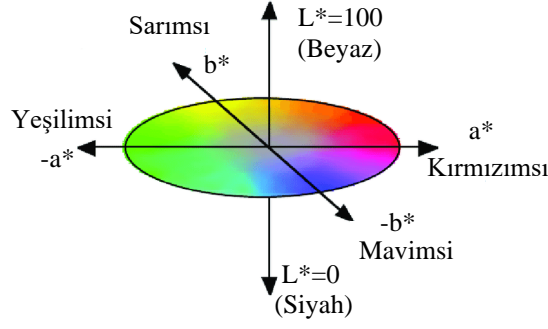


Şekil 14. HSV renk uzayının gösterimi

$S = 0$ için yoğunluk eksenini boyunca yukarı doğru geçildikçe siyahtan beyaza doğru geçilir. Farklı bir açıdan bakıldığında, HSV alanındaki herhangi bir renk doygunluğu yeterince düşürerek bir gri tonuna dönüşebilir. Yoğunluk değeri (Value), bu dönüşümün yakınsadığı belirli gri tonlamayı belirler [112].

2.2.3.3. CIE L*a*b Renk Uzayı

$L^*a^*b^*$ ya da CIELab renk alanı, 1976'da Uluslararası Komisyon Tüzüğü (CIE) tarafından, renk ölçümleri için uluslararası bir standart olarak kabul edilmiştir [113]. LAB renk uzayı, her biri belirli bir parlaklık (L - Luminance) için olası tüm renkleri içeren bir "ab" düzlemleri yığını olarak görülebilir. Dikey L eksenini bu "ab" düzlemlerinin merkezinden geçerek düşük ışıklılık değerlerinden yüksek ışıklılık değerlerine doğru gitmektedir [114]. L^* , 0'dan 100'e değişen parlaklık veya açıklık bileşeni, a^* (yeşilden kırmızıya) ve b^* (mavi'den sarıya) parametreleri ise -120'den 120'ye kadar değişen iki renk bileşenidir (Şekil 15) [115].



Şekil 15. CIE L*a*b renk uzayı gösterimi

2.2.4. Kümeleme Aşaması

Kümeleme yöntemleri, sonrasında sınıflandırma yapabilmek amacı ile verileri sahip oldukları özelliklere göre alt gruplara ayırma işleminde kullanılmaktadır. Kümeleme işlemi sonucunda, elde edilen kümeler küme içi homojenlik, kümeler arası heterojenlik göstermektedirler [116, 117]. Önerilen sistemde, yanık görüntülerinin kümeleneşinde başarılarından dolayı bulanık kümeleme yaklaşımlarına odaklanılmıştır. BCO kümeleme yaklaşımı farklı uzaklık ölçütleri ile denenmiştir.

2.2.4.1. Uzaklık Ölçütleri

Bu tez kapsamında yanık görüntülerinin kümeleneşinde uzaklık ölçütlerinin etkisinin araştırılması amacıyla Minkowski, Öklid, Kosinüs, Manhattan, Mahalanobis, Chebishev, Jaccard uzaklıklarında Bulanık C-Ortalama kümeleme yaklaşımının başarımlı araştırılmıştır.

p veriyi oluşturan bileşenlerin sayısı, n toplam veri sayısı, C küme sayısı, x_i i . ($i = 1, 2, 3, \dots, N$) veri noktası ve v_j j . ($j = 1, 2, 3, \dots, C$) küme merkezi olmak üzere, gözlem değerleri arasındaki uzaklıkların belirlenmesinde kullanılan uzaklık ölçülerine aşağıda yer verilmiştir:

Minkowski uzaklığı (Eşitlik 2), genelleştirilmiş bir uzaklık ölçütüdür [118].

$$d(x_i, v_j) = \left[\sum_{k=1}^p (|x_{ik} - v_{jk}|^m) \right]^{\frac{1}{m}} \quad (2)$$

Öklid uzaklığı (Eşitlik 3), uygulama kolaylığı nedeni ile en yaygın kullanılan uzaklık ölçütüdür. Minkowski uzaklığında m değeri 2 alındığında Öklid uzaklığı elde edilir [119].

$$d(x_i, v_j) = \sqrt{(x_i - v_j)^t (x_i - v_j)} \quad (3)$$

Kosinüs uzaklığı (Eşitlik 4), sıfır olmayan uzunluk vektörleri gerektirmektedir, bu sorunun üstesinden gelmek için tüm renk vektörleri hesaplama öncesi ötelenmiştir [120].

$$d(x_i, v_j) = 1 - \frac{\sum_{k=1}^p x_{ik} v_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^p x_{ik}^2} \sqrt{\sum_{k=1}^p v_{jk}^2}} \quad (4)$$

Manhattan uzaklığı (Eşitlik 5), Minkowski uzaklığında m değeri 1 alındığında elde edilir. Manhattan uzaklık ölçütü aynı zamanda Cityblok uzaklığı, Taxis uzaklığı, doğrusal uzaklık ve sağ açılı uzaklık olarak da adlandırılmaktadır [121].

$$d(x_i, v_j) = \sum_{k=1}^p (|x_{ik} - v_{jk}|) \quad (5)$$

Mahalanobis uzaklığı (Eşitlik 6), Öklid uzaklığının genelleştirilmiş bir şeklidir ve hesaplaması çok değişkenli vektörlerin çok boyutlu uzaklıklarının ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Ayrıca, bu uzaklık verilerin birbirleri ile ilişkisini gösteren Varyans – Kovaryans matrisi (A_i) kullanılmaktadır [122, 123].

$$d(x_i, v_j) = \sqrt{(x_i - v_j)^t A_i^{-1} (x_i - v_j)} \quad (6)$$

Chebishev uzaklığı (Eşitlik 7) aynı zamanda kafes uzaklığı, satranç tahtası uzaklığı ve kral koşusu uzaklığı olarak da adlandırılmaktadır [121].

$$d(x_i, v_j) = \max\{|x_{ik} - v_{jk}|\}, k = 1, 2, \dots, p \quad (7)$$

Jaccard uzaklığı (Eşitlik 8), Tanimoto uzaklığı olarak da adlandırılmaktadır [121].

$$d(x_i, v_j) = 1 - \frac{\sum_{k=1}^p \min(x_{ik}, v_{jk})}{\sum_{k=1}^p \max(x_{ik}, v_{jk})}, \quad (8)$$

2.2.4.2. Kümeleme Yaklaşımları

Tez kapsamında bulanık kümeleme yaklaşımlarından Bulanık C-Ortalama (BCO) yaklaşımı ele alınmıştır. Öklid uzaklık ölçütü kullanan klasik BCO, Minkowski, Kosinüs, Manhattan, Mahalanobis, Chebishev, Jaccard uzaklıkları ile de denenmiştir. Bunların yanı sıra, Mahalanobis uzaklığının hesaplanabilmesi için Bulanık C-Ortalama yaklaşımının Gustafson Kessel tarafından genişletilmiş hali de kullanılmıştır [124].

2.2.4.2.1. Bulanık C-Ortalamalar

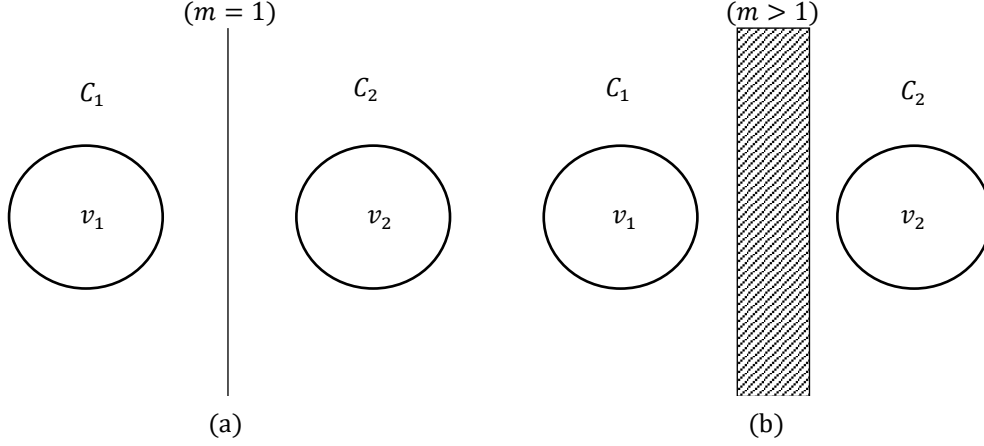
Bulanık C-Ortalama yaklaşımı 1973'te Dunn tarafından ortaya atılmış ve 1981'de Bezdek tarafından geliştirilmiştir [125, 126]. Bulanık mantığa göre her birim, her kümeye $[0,1]$ aralığında birer üyelik derecesi ile atanmakta ve her birimin tüm kümelere olan üyelik derecelerinin toplamı 1 olmaktadır. Birimlerin kümelere olan üyelik dereceleri, küme merkezlerine olan uzaklıkları ile ters orantılıdır. Başka bir deyişle, bir verinin belirlenmiş küme merkezleri içerisinde en yakın kümeye olan üyelik derecesi en büyük olacaktır [127]. BCO yaklaşımının üyelik matrisi, belirsiz durumların tanımlanmasını kolaylaştırdığından, kümeleme üzerine olumlu etkileri vardır [128, 129].

D boyutlu bir Öklid uzayında n örnekten oluşan bir $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, (x_i \in R^D)$ veri kümesinin verildiği ve v_j j . küme merkezini göstermek üzere C adet kümeye $\{v_1, v_2, \dots, v_c\}$ bölüneceği varsayıldığında, Bulanık C-Ortalama yaklaşımı Eşitlik 9 ile verilen amaç fonksiyonunu minimize etmeye çalışmaktadır [130].

$$J_m = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^c U_{ij}^m \|x_i - v_j\|^2 \quad (9)$$

U_{ij}, i . elemanın j . kümeye üyelik değerini, üyelik derecesinin ağırlık etkisini ayarlamak için kullanılan bir indeks olan m ise bulanıklaştırma parametresini ifade etmektedir. Bulanıklaştırma parametresi 1 ile sonsuz arasında değer alabilmesine rağmen

genelde 2 olarak kabul edilmektedir. Bulanıklaştırma parametresi 1'e yaklaştıkça kümeleme kesin kümelemeye yaklaşmakta, 1'den uzaklaştıkça da kümelemenin bulanıklığı artmaktadır (Şekil 16).



Şekil 16. $m = 1$ ve $m > 1$ için bulanıklaştırma parametresinin sembolik gösterimi

BCO'nun en küçüklemeye çalıştığı amaç fonksiyonu Eşitlik 10 - 12 ile verilen kısıtları sağlamalıdır:

$$0 \leq U_{ij} \leq 1, \quad \forall i, j \quad (10)$$

$$0 < \sum_{i=1}^n U_{ij} < N, \quad \forall i \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^c U_{ij} = 1, \quad \forall j \quad (12)$$

Başlangıç üyelik değerleri $U^0 = [U_{ij}]$, $[0,1)$ aralığında düzgün dağılımdan rastgele belirlenmektedir. Bu üyelik değerleri kullanılarak Eşitlik 13'ün yardımı ile küme merkezleri hesaplanmaktadır.

$$v_j = \frac{\sum_{i=1}^n U_{ij}^m x_i}{\sum_{i=1}^n U_{ij}^m}, \quad j = 1, 2, \dots, C \quad (13)$$

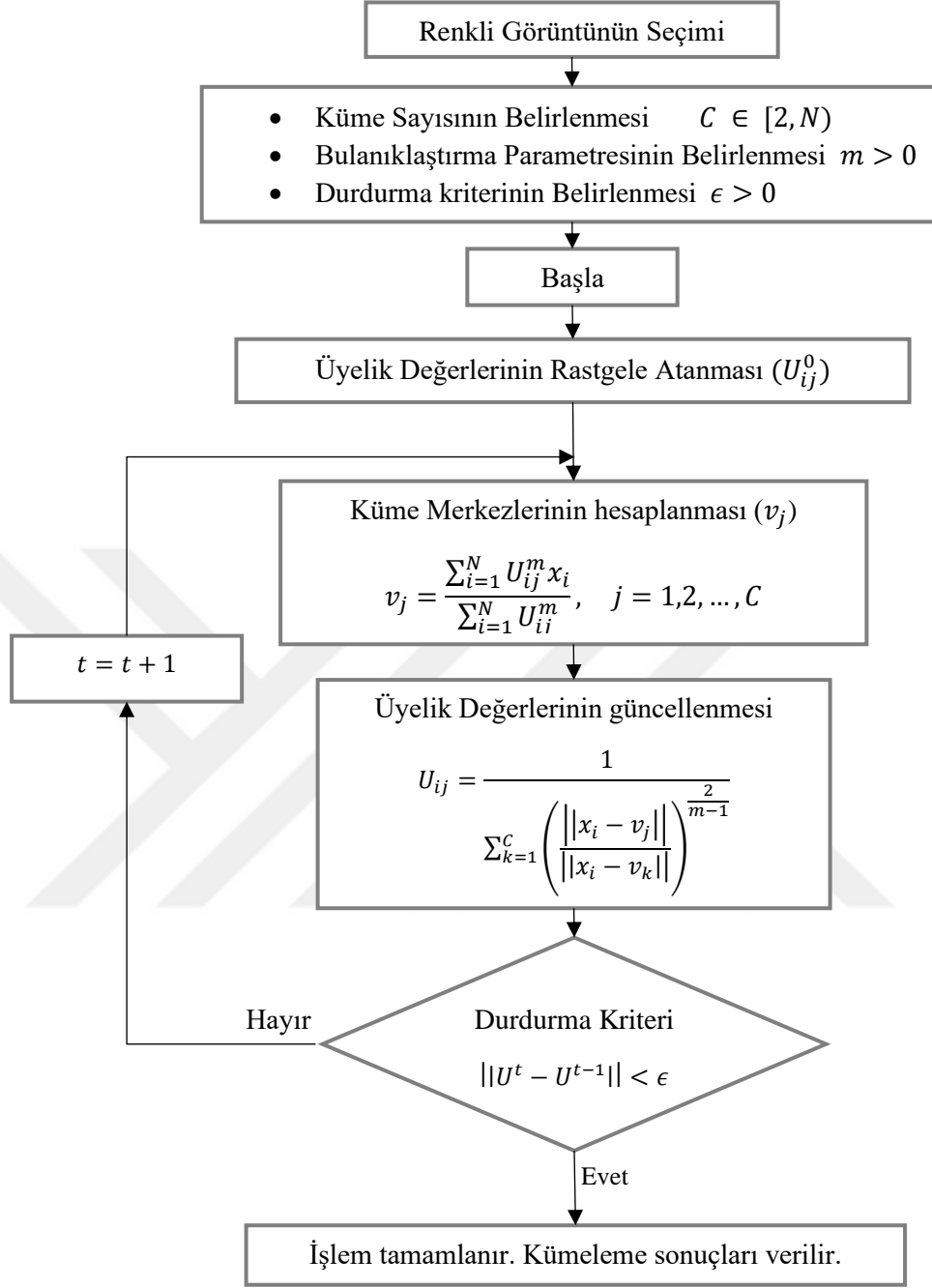
Hesaplanan küme merkezlerine göre, U üyelik matrisi Eşitlik 14 kullanılarak güncellenmektedir.

$$U_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^C \left(\frac{\|x_i - v_j\|}{\|x_i - v_k\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (14)$$

İki ardışık üyelik matrisinin farklarının normu ε 'dan küçük olduğunda işlem durdurulur (Eşitlik 15) [131].

$$\|U^t - U^{t-1}\| < \varepsilon \quad (15)$$

Renkli görüntülerde BCO ile görüntü kümelenmesi için akış şeması Şekil 17'de verilmiştir.



Şekil 17. Renkli görüntülerde Bulanık C-Ortalama yaklaşımını akış şeması

2.2.4.2.2. Gustafson Kessel Yaklaşımı

Gustafson Kessel (GK) yaklaşımı, Mahalanobis mesafesinin kullanılmasını sağlamak için standart BCO yaklaşımının [124] genişletilmiş bir halidir [132]. Bu yaklaşım, veri kümesindeki farklı geometrik oluşumları tanımlayabilmek için, BCO kümeleme yaklaşımındaki Öklid uzaklığı yerine uzaklık ölçümünde ilgili kümelerin kovaryans

matrislerini kullanır. Gustafson Kessel Yaklaşımı'nın amaç fonksiyonu Eşitlik 16'da verildiği gibidir.

$$J(X, u, v) = \sum_{i=1}^C \sum_{j=1}^N (U_{ij})^m D(x_i, v_j) \quad (16)$$

$D(x_i, v_j)$, x_i ve v_j arasındaki Mahalanobis uzaklığıdır. İlk üyelik değerleri $U^0 = [U_{ij}]$ BCO'da olduğu gibi $[0,1)$ aralığında düzgün dağılımdan rastgele belirlenir. Bulanık küme merkezleri her küme için, Eşitlik 17'deki gibi hesaplanır.

$$v_j = \frac{\sum_{i=1}^N U_{ij}^m x_i}{\sum_{i=1}^N U_{ij}^m} \quad (i = 1, \dots, C) \quad (17)$$

Bulanık kovaryans matrisi, her küme için, Eşitlik 18 kullanılarak hesaplanır.

$$F_j = \frac{\sum_{i=1}^N U_{ij}^m (x_i - v_j)(x_i - v_j)^t}{\sum_{i=1}^N U_{ij}^m} \quad (18)$$

Her bir nokta için Mahalanobis uzaklıkları Eşitlik 19 ve Eşitlik 20 ile hesaplanır.

$$D(x_i, v_j) = (x_i - v_j)^t A_j (x_i - v_j) \quad (19)$$

$$A_j = \sqrt{\det(F_j)} * F_j^{-1} \quad (20)$$

Son olarak yeni üyelik matrisi Eşitlik 21 ile elde edilir.

$$U_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^C \left(\frac{D(x_i, v_j)}{D(x_i, v_k)} \right)^{\frac{2}{m-1}}}, \quad i = 1, \dots, C \quad (21)$$

Yeni üyelik değerleri bir önceki üyelik değerleri ile karşılaştırılır ve $||U^t - U^{t-1}|| < \epsilon$ şartı sağlandığında durulur.

2.2.4.3. Kümeleme Deneylerinin Başarımlarının Değerlendirilmesinde Kullanılan Kümeleme Geçerlilik İndeksleri

Önerilen sistem, kümeleme geçerlilik indeksleri yardımı ile optimum kümeleme parametrelerini belirleyebilmektedir. Her kümeleme deneyi, Bölme Katsayısı (PC) [15], Bölme Entropisi (PE) [16], Modifiye Edilmiş Bölme Katsayısı (MPC) [17], P [18], Ayrılık ve Kompaktlık (SC) [19], Zahid's SC (ZSC) [20], PBMF [21], Bulanık Hipervolum (FHV) [22], Ortalama Bölme Yoğunluğu (APD) [22] ve Xie-Beni (XB) [23] kümeleme geçerlilik indeksleri ile değerlendirilmektedir.

Bezdek tarafından bulanık kümeleme için geliştirilen Bölme Katsayısı (PC) ve Bölme Entropisi (PE) geçerlilik indeksleri Eşitlik 22 ve Eşitlik 23'te verilmektedir [133].

$$V_{PC} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^C U_{ij}^2}{N} \quad (22)$$

$$V_{PE} = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^C [U_{ij} \log_a(U_{ij})] \quad (23)$$

Eşitlik 22 ve Eşitlik 23'ten görülmektedir ki küme sayısına ($c = 2, 3, \dots, c_{max}$) bağlı olarak V_{PC} 'nin maksimize, v_{PE} 'nin ise minimize edilmesi ile optimal bölünme elde edilmiş olacaktır. Bu indekslerin en büyük dezavantajı, kümelerin veri yapısını göz önünde bulundurmadan sadece her bir kümeleme için bulanık üyelik derecelerini (U_{ij}) kullanmalarındır.

Bölme Katsayısı indeksinin modifiye edilmiş hali olan MPC geçerlilik indeksinin en yüksek değeri en iyi kümeleme başarımını ifade etmektedir (Eşitlik 24) [17].

$$V_{MPC} = 1 - \frac{C}{C-1} (1 - V_{PC}) \quad (24)$$

Başarılı bir kümeleme deneyi için Chen ve Linkens tarafından önerilen, Eşitlik 25 ve Eşitlik 26 ile gösterilen P geçerlilik indeksinin en yüksek değeri alması beklenmektedir [18].

$$V_P = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \max_i(U_{ki}) - \frac{1}{K} \sum_{j=1}^{C-1} \sum_{l=l+1}^C \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \min(U_{ij}, U_{kl}) \right] \quad (25)$$

$$K = \sum_{i=1}^{C-1} i \quad (26)$$

Ayrılık ve Kompaktlık (SC) indeksinin en düşük değeri en başarılı kümelemeyi ifade etmektedir (Eşitlik 27) [19].

$$V_{SC} = \frac{\sum_{j=1}^C \frac{\sum_{i=1}^N U_{ij}^m \|x_i - v_j\|^2}{\sum_{i=1}^N U_{ij}}}{\sum_{k=1}^C \frac{\sum_{i=1}^N U_{ij}^m \|v_k - v_i\|^2}{\sum_{i=1}^N U_{ij}}} \quad (27)$$

Ayrılık ve Kompaktlık özelliklerine bulanıklık kavramını katan Zahid, ZSC geçerlilik indeksini önermiştir. En büyük V_{ZSC} değeri en başarılı kümelemeyi ifade etmektedir (Eşitlik 28 - 30) [20].

$$V_{ZSC} = SC_{1(C)} - SC_{2(C)} \quad (28)$$

$$SC_{1(C)} = \frac{\sum_{j=1}^C \frac{\|v_j - \bar{v}\|^2}{C}}{\sum_{j=1}^C \left(\frac{\sum_{i=1}^N (U_{ij}^m) \|x_i - v_j\|^2}{\sum_{i=1}^N U_{ij}} \right)} \quad (29)$$

$$SC_{2(C)} = \frac{\sum_{j=1}^C \sum_{l=j+1}^C \left(\frac{\sum_{i=1}^N \frac{(\min(U_{ij}, U_{il}))^2}{\sum_{k=1}^N \min(U_{kj}, U_{kl})}}{\sum_{i=1}^N \left(\max_{1 \leq j \leq C} U_{ij} \right)^2} \right)}{\sum_{i=1}^N \left(\max_{1 \leq j \leq C} U_{ij} \right)} \quad (30)$$

Hem kesin hem de bulanık kümeleme için geliştirilen PBM indeksinin bu çalışmada yalnızca PBMF dizini olarak adlandırılan bulanık hali ele alınmıştır (Eşitlik 31-34) [21].

$$V_{PBMF} = \left(\frac{1}{C} * \frac{E_1}{J_m} * D_c \right)^2 \quad (31)$$

$$E_1 = \sum_{i=1}^N U_{ij} \|x_i - v\| \quad (32)$$

$$J_m(U, V) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^C (U_{ij})^m \|x_i - v_j\| \quad (33)$$

$$D_c = \max_{i,j=1\dots C} \|v_i - v_j\| \quad (34)$$

PBMF indeksi $1/C$, E_1/J_m ve D_c faktörlerinden oluşmaktadır. İlk faktör küme sisteminin bölünebilirliğini ifade etmektedir ve küme sayısı (C) ile ters orantılıdır. İkinci faktör ağırlıklandırılmış kümeler arası uzaklıkların toplamını içermektedir. Bu faktör bir C küme sisteminin kompaktlığını ölçmektedir. Üçüncü faktör D_c bir C küme sistemindeki en büyük sınıf içi bölütlenmedir. En yüksek v_{PBMF} değeri en iyi kümeleme değerini vermektedir.

Başarılı bir kümeleme deneyi için Gath ve Geva'nın önerdiği, hipervolüme ve yoğunluğa dayanan FHV kümeleme geçerlilik indeksinin (Eşitlik 35 ve Eşitlik 36) en düşük, APD (Eşitlik 37 ve Eşitlik 38) kümeleme geçerlilik indekslerinin en yüksek değeri alması beklenmektedir [22].

$$V_{FHV} = \sum_{j=1}^C [\det(F_j)]^{\frac{1}{2}} \quad (35)$$

$$F = \frac{\sum_{i=1}^N (U_{ij})^m (x_i - v_j)(x_i - v_j)^T}{\sum_{i=1}^N (U_{ij})^m} \quad (36)$$

$$V_{APD} = \frac{1}{C} \sum_{j=1}^C \frac{S_j}{[\det(F_j)]^{\frac{1}{2}}} \quad (37)$$

$$S_j = \sum_{x \in x_j} U_{ij} \quad (38)$$

F_j , j . kümenin bulanık kovaryans matrisini ifade etmektedir.

Kümelemede yoğunluk ve ayrılık özelliklerine odaklanan Xie ve Beni geçerlilik indeksi (XB) ise minimize edilmeyi amaçlamaktadır (Eşitlik 39) [23].

$$V_{XB} = \frac{\sum_{j=1}^C \sum_{i=1}^N U_{ij}^2 \|x_i - v_j\|^2}{N \left(\min_{i,j} \|v_i - v_j\|^2 \right)} \quad (39)$$

Her bir kümeleme geçerlilik indeksi, kümeleme sonuçlarının farklı karakteristiklerini tanımlamayı amaçladığından, hangi kümeleme parametrelerinin diğerlerinden daha başarılı olduğuna karar vermek oldukça zordur. Bu sorunu ortadan kaldırmak için, bu tez kapsamında, seçilen indekslere bağlı yeni bir birleşik geçerlilik indeksi önerilmiştir. Önerilen indeksin hesaplanması, her bir metriğin ölçüm farklılıklarını ortadan kaldıracak olan normalizasyon adımı ile başlamaktadır. Bu tez çalışmasında, Eşitlik 40 ile verilen Min - Maks normalizasyonunun kullanılması tercih edilmiştir.

$$V'_{ind} = \frac{V_{ind} - \min(V_{ind})}{\max(V_{ind}) - \min(V_{ind})} \quad (40)$$

V_{ind} , normalize edilecek geçerlilik indeksini, V'_{ind} ise normalize edilmiş geçerlilik indeksini ifade etmektedir.

Geçerlilik indeksleri arasında bir ilişki olup olmadığının belirlenmesi için korelasyon analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir. Tablo 4'te geçerlilik indeksleri arasındaki korelasyonlar incelendiğinde, PC ile PE arasında -0,981, PE ile MPC arasında -0,898 ve APD ile FHV arasında -0,880 olmak üzere negatif yönlü yüksek korelasyonlar; PC ile MPC arasında ise 0,962 olmak üzere pozitif yönlü yüksek korelasyon olduğu gözlemlenmiştir. Yüksek doğrulukta bir sonuç elde etmek için PE, MPC ve FHV endeksleri hesaplamadan çıkarılmıştır. Hesaplama hangi indekslerin hariç tutulacağı, hesaplama kolaylığı için formülün karmaşıklığına göre belirlenmiştir.

Tablo 4. Geçerlilik indeksleri arası korelasyonlar

	PC	P	PE	MPC	XB	SC	ZSC	PBMF	FHV	APD
PC	1	0,494	-0,981	0,962	0,536	0,537	0,331	0,037	-0,157	0,190
P	0,494	1	-0,453	0,510	0,533	0,444	0,256	0,108	0,145	-0,082
PE	-0,981	-0,453	1	-0,898	-0,490	-0,580	-0,456	-0,160	0,166	-0,206
MPC	0,962	0,510	-0,898	1	0,581	0,407	0,141	-0,181	-0,184	0,203
XB	0,536	0,533	-0,490	0,581	1	0,628	-0,154	-0,270	0,037	-0,034
SC	0,537	0,444	-0,580	0,407	0,628	1	0,230	0,199	0,105	-0,100
ZSC	0,331	0,256	-0,456	0,141	-0,154	0,230	1	0,687	0,110	-0,075
PBMF	0,037	0,108	-0,160	-0,181	-0,270	0,199	0,687	1	0,342	-0,253
FHV	-0,157	0,145	0,166	-0,184	0,037	0,105	0,110	0,342	1	-0,880
APD	0,190	-0,082	-0,206	0,203	-0,034	-0,100	-0,075	-0,253	-0,880	1

Ayrıca, geçerlilik indeksleri incelendiğinde en başarılı kümeleme deneyi için bazılarının en büyük değer alması istenirken, bazılarının ise en küçük değer alması istendiği görülmektedir. Bu sorunu ortadan kaldırabilmek için indekslerin normalizasyonu adımından sonra, en küçük değer alması istenen indekslerin değerleri 1'den çıkarılmaktadır (Eşitlik 41).

$$\overline{V'_{ind}} = 1 - V'_{ind} \quad (41)$$

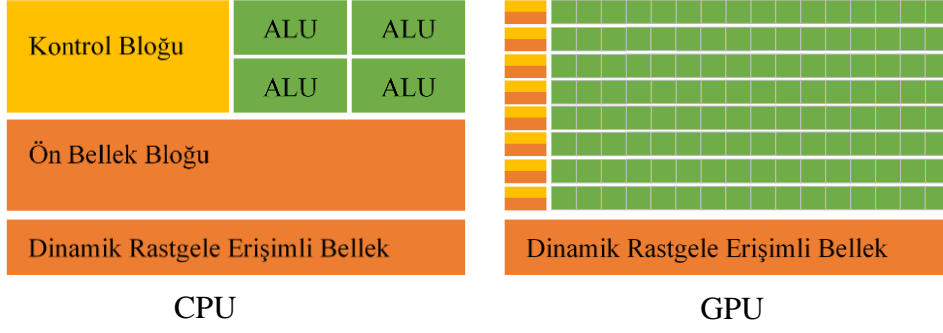
Normalizasyon aşamasının ardından ele alınan 7 kümeleme geçerlilik indeksinin harmonik ortalamasını kullanan yeni bir metrik (HORT) geliştirilmiştir (Eşitlik 42).

$$V_{HORT} = \left(\frac{\sum_{ind=1}^n V'_{ind}{}^{-1}}{n} \right)^{-1} \quad (42)$$

Min - Max normalizasyonu yapıldığında her bir indeks için verideki en küçük değer 0, en büyük değer ise 1 olacaktır. Harmonik ortalama formülü (Eşitlik 42) uygulanırken paydada yer alan 0 değerlerinin ortaya çıkaracağı tanımsızlık durumu, geçerlilik indeks değerlerinin mümkün olduğunca küçük bir epsilon değeri ile genişletilmesiyle önlenmiştir.

2.2.4.4. GPU ve CPU Karşılaştırması

Tez kapsamında, kümeleme başarımlarına ek olarak, deneyler, Merkezi İşlemci Birimleri (Central Processing Units - CPU) ve Grafik İşlemci Birimleri (Graphic Processing Units - GPU) hesaplama platformlarında çalıştırılmıştır. CPU ve GPU mimarileri Şekil 18'de sunulmaktadır [134].



Şekil 18. CPU ve GPU mimarileri

Şekil 18’de görüldüğü üzere CPU yapısında 1 adet kontrol bloğu, 4 adet aritmetik mantık birimi (Arithmetic Logic Unit - ALU), 1 adet ön bellek bloğu ve 1 adet dinamik rastgele erişimli bellek (Dynamic Random Access Memory – DRAM) bulunmaktadır. GPU yapısı ise CPU’ya göre çok daha fazla kontrol bloğu ve aritmetik mantık birimi içermektedir. Aritmetik mantık birimi, matematiksel ve mantıksal işlemler gerçekleştirmektedir. Ön bellek çalışan program kodlarının geçici olarak saklandığı bellektir. Uygulama ikinci kez çalıştığında hafızada olan kodlar uygulamanın daha hızlı olmasına olanak sağlamaktadır. Dinamik erişimli bellek ise rastgele erişimli bellek (Random Access Memory - RAM) türlerinden biridir.

Uygulamaların performanslarının artırılması için paralel işlemlerin GPU, seri işlemlerin ise CPU üzerinde hesaplanması şeklinde oluşturulan yapı “Genel Amaçlı GPU Programlama veya Hesaplama”, yani GPGPU olarak adlandırılmaktadır. Uygulamaların işlem ağırlıklı bölümleri GPU üzerinde paralel olarak hesaplanmakta, geri kalan bölümleri ise CPU üzerinde seri olarak çalıştırılmaktadır. Yüksek ölçüde paralel işleme için uyarlanmış GPU’lar yüzlerce çekirdekten oluşmaktayken, seri işlemler için uyarlanmış CPU’lar yalnızca birkaç çekirdekten meydana gelmektedir. Bu özellik GPGPU’yu yüksek performansını ortaya koymaktadır [134].

Bu tez kapsamında gerçekleştirilen deneylerde kullanılan hesaplama platformları aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 5. Deneylerde kullanılan hesaplama platformları

	CPU	GPU
Model Adı	AMD Ryzen Threadripper 1950X	NVidia Quadro P4000
Çekirdek Sayısı	32	1792
Bellek	32 GB	8 GB



3. BULGULAR VE İRDELEME

Tez kapsamında öne sürülen sistemde yanık yara görüntülerine ön işleme parametreleri 3 – 9 arasında değiştirilerek Gauss ve Medyan bulanıklaştırma filtreleri uygulanmış, RGB, HSV ve LAB renk uzaylarında Minkowski, Öklid, Manhattan, Mahalanobis, Chebishev, Jaccard ve Kosinüs uzaklık ölçütleri kullanan Bulanık C-Ortalama kümeleme yaklaşımları denenmiştir. Kümelemede hangi parametreleri kullanan yaklaşımın daha yüksek başarımlar gösterdiği araştırılmıştır. Önışlemeden geçmiş ve kümeleme yaklaşımları denenmiş eğitim verilerinden elde edilen V_{HORT} kümeleme geçerlilik indeks değerine göre uygun kümeleme parametreleri belirlenmiştir. Belirlenen bu parametreler kullanılarak, test görüntülerine kümeleme yaklaşımları uygulanıp, kümelenmiş görüntüler elde edilmiştir.

Literatür incelendiğinde, kümeleme yaklaşımlarında, küme merkezi ve üyelik değeri güncelleme kriterleri değiştirmek veya veri sıkıştırma teknikleri kullanmak gibi yöntemlerle deneylerin daha hızlı çalışması sağlanmaya çalışıldığı görülmektedir [81, 82]. Bu tez kapsamında ise çalışmanın hızını arttırmak için, tüm verileri işlemek yerine, her verinin frekanslarının dikkate alınması ve işlenmesi yöntemi ele alınmıştır [67]. Bu yaklaşım, veri kümesindeki her özellik için ağırlıklandırma faktörü kullanan ve büyük görüntülerin bölümlendirilmesinde kullanılması önerilen Ağırlıklı BCO'nun (wFCM) bir alt kümesidir [135]. Buna göre BCO için belirtilen amaç fonksiyonu ve küme merkezi hesaplama formülü w_i ağırlık katsayısı eklenerek değiştirilmiştir (Eşitlik 43 ve Eşitlik 44).

$$J_m = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^c w_i U_{ij}^m \|x_i - v_j\|^2 \quad (43)$$

$$v_j = \frac{\sum_{i=1}^n w_i U_{ij}^m x_i}{\sum_{i=1}^n w_i U_{ij}^m}, \quad j = 1, 2, \dots, C \quad (44)$$

Her yöntem için orijinal ve küçültülmüş veri boyutları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Tüm renk uzayları için filtreleme göre orijinal ve küçültülmüş veri boyutları

Tüm görüntülerdeki toplam piksel sayısı:		190.831.184				
Renk Uzayı	Benzersiz Renk Sayısı	Ön işlem yöntemi	Her bir ön işlem parametresi değeri için benzersiz renk sayısı			
			Parametre:	3	5	7
HSV	1.237.902	Gauss	2.864.820	2.813.772	2.747.905	2.738.003
		Medyan	2.824.803	2.820.331	2.778.665	2.728.356
LAB	840.227	Gauss	972.159	952.473	928.086	924.089
		Medyan	976.236	974.976	962.900	945.003
RGB	1.313.516	Gauss	4.199.814	4.119.887	4.010.766	4.001.154
		Medyan	4.096.815	4.095.500	4.028.119	3.947.031

Ayrıca, GPU ve CPU hesaplama platformlarında deneyler yapılmıştır. Paralel hesaplama yetenekleri sayesinde, GPU hızlı çalışabilmekte ve birçok araştırmacı için cazip hale gelebilmektedir [136]. GPU ve CPU’da çalıştırılan, her bir küme sayısı için farklı uzaklık ölçütlerinde deneylerin maksimum süreleri saniye cinsinden gösterilerek, GPU ve CPU performans karşılaştırması Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. GPU ve CPU performans karşılaştırması (sn)

		Küme Sayısı								
		3	4	5	6	7	8	9	10	11
CPU	Chebishev	98,91	365,24	474,93	330,68	339,50	746,53	4.511,42	3.260,43	1.849,81
	Jaccard	90,82	210,99	232,99	577,45	779,63	1.926,03	2.146,22	4.673,46	1.786,03
	Kosinüs	105,60	173,31	563,28	670,35	1.485,72	1.254,39	5.162,92	1.496,86	2.078,35
	Mahalanobis	157,38	318,34	757,55	917,18	1.499,74	2.530,89	3850,56	3.125,08	2.793,13
	Manhattan	195,46	109,46	194,74	243,41	531,38	778,64	486,34	1.245,73	979,25
	Minkowski	104,42	143,26	255,09	267,24	429,22	481,34	667,12	1.106,32	2.757,79
	Öklid	78,24	70,50	146,17	210,08	338,52	1441,56	1.744,30	1.788,33	595,32
GPU	Chebishev	2,39	9,86	11,51	8,48	11,84	19,27	90,92	57,07	64,70
	Jaccard	2,60	4,17	8,61	14,76	13,04	45,00	30,00	55,27	465,36
	Kosinüs	8,28	14,07	37,06	41,81	92,17	144,80	260,50	142,59	350,75
	Mahalanobis	14,88	46,50	117,86	178,67	128,88	147,83	426,95	363,10	608,46
	Manhattan	1,88	2,92	5,42	6,80	36,65	11,38	34,46	53,49	424,26
	Minkowski	2,36	4,97	4,91	6,92	15,06	20,91	28,66	71,79	38,94
	Öklid	2,39	3,53	5,11	13,63	13,67	20,44	55,74	23,76	38,98

Tablo 7’de GPU kullanıldığında her bir küme sayısı için farklı uzaklık ölçütlerinde deneylerin çok daha hızlı çalıştığı görülmektedir.

3.1. Geçerlilik İndekslerine Göre Başarımların Değerlendirilmesi

Bu bölümde ilk olarak, kullanılan bütün geçerlilik indeksleri için sonuçların değerlendirilmesine yer verilmiştir. Tek tek değerlendirmelerin sonunda HORT ile yapılan ortak değerlendirilme sunulmuştur. Kümeleme için kullanılan ve başarımları araştırılan 5 parametrenin (uzaklık ölçütü, renk uzayı, önişlem yöntemi, ön işlem parametresi, küme sayısı) hepsi tek bir grafikte gösterildiğinde çok karmaşık bir grafik elde edileceğinden, grafikler tek tek ele alınmıştır.

1. Küme sayılarına göre renk uzaylarının performansları, her bir küme sayısı için deneylerden elde edilen ortalama kümeleme indeks değerlerine göre karşılaştırılmıştır.
2. Küme sayısına göre uzaklık ölçütlerinin performansları, her bir küme sayısı için deneylerden elde edilen ortalama kümeleme indeks değerlerine göre karşılaştırılmıştır.
3. Uzaklık ölçütlerine göre renk uzaylarının performansları, her bir uzaklık ölçütü için deneylerden elde edilen ortalama kümeleme indeks değerlerine göre karşılaştırılmıştır.
4. Ön işlem yöntemlerine göre renk uzaylarının performansları, her bir ön işlem yöntemi için deneylerden elde edilen ortalama kümeleme indeks değerlerine göre karşılaştırılmıştır.
5. Ön işlem yöntemlerine göre uzaklık ölçütlerinin performansları, her bir ön işlem yöntemi için deneylerden elde edilen ortalama kümeleme indeks değerlerine göre karşılaştırılmıştır.
6. Küme sayılarına göre ön işlem yöntemlerinin performansları, her bir küme sayısı için deneylerden elde edilen ortalama kümeleme indeks değerlerine göre karşılaştırılmıştır.
7. Ön işlem parametre değerlerine göre ön işlem yöntemlerinin performansları, her bir ön işlem parametre değeri için deneylerden elde edilen ortalama kümeleme indeks değerlerine göre karşılaştırılmıştır.

Bu grafikler her bir geçerlilik indeksi için ayrı ayrı sunulmuştur.

3.1.1. PC Kümeleme Geçerlilik İndeksine Göre Başarımlar

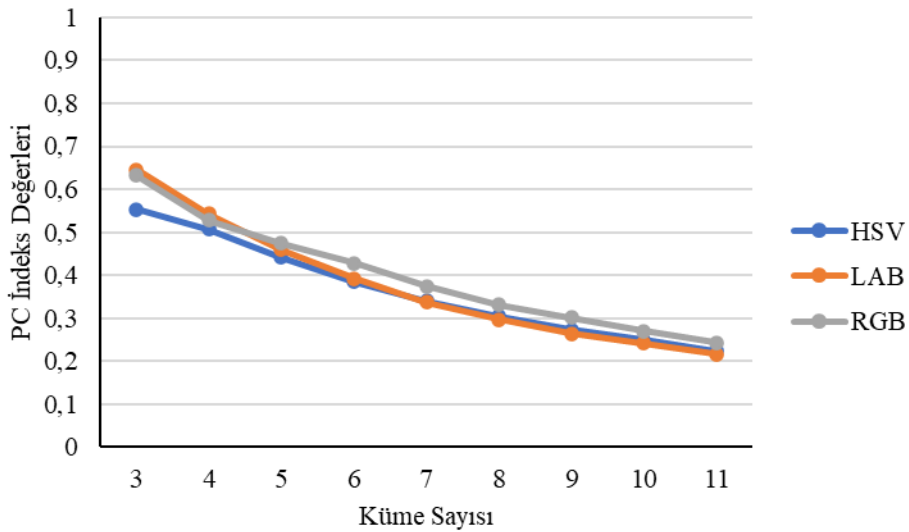
Tez kapsamında önerilen sistem ile yapılan kümeleme deneyleri sonucunda, PC kümeleme geçerlilik indeksi için en yüksek değeri veren ilk 10 kümeleme deneyi sonuçları Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. PC indeksine göre en başarılı ilk 10 deney

Renk Uzayı	Uzaklık Ölçütü	Filtre	Filtre Parametresi	Küme Sayısı	PC
RGB	Kosinüs	Gauss	5	3	0,999998
RGB	Kosinüs	Gauss	7	3	0,999970
RGB	Kosinüs	Gauss	3	3	0,999959
RGB	Kosinüs	Gauss	9	3	0,999959
RGB	Kosinüs	Medyan	5	3	0,999685
RGB	Kosinüs	Medyan	3	3	0,999662
RGB	Kosinüs	Medyan	7	3	0,999572
RGB	Kosinüs	Filtre Yok	-	3	0,999569
RGB	Kosinüs	Medyan	9	3	0,999473
LAB	Kosinüs	Filtre Yok	-	3	0,978131

Tablo 8 incelendiğinde, PC kümeleme geçerlilik indeksine göre en başarılı kümeleme deneyinin, RGB renk uzayında, bulanık kümeleme yaklaşımında uzaklık ölçüsü olarak Kosinüs uzaklığı kullanıldığında, $\sigma = 5$ parametrelili Gauss filtresi kullanıldığında ve küme sayısı 3 olarak belirlendiğinde elde edildiği görülmektedir.

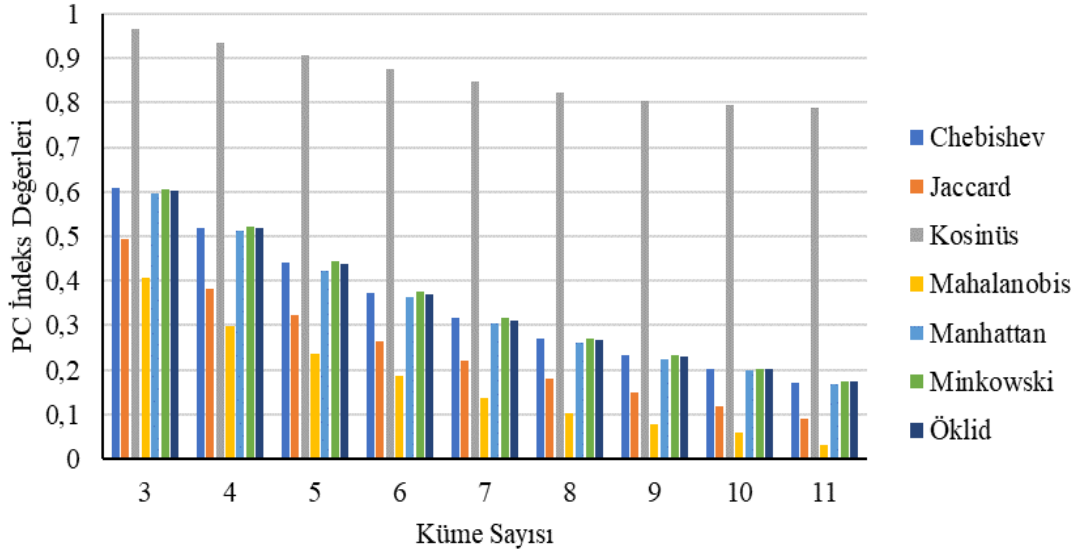
PC kümeleme geçerlilik indeksine göre, farklı küme sayıları için her bir renk uzayının gösterdiği ortalama başarımlar Şekil 19’daki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 19. PC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları

Şekil 19'daki grafik incelendiğinde, her üç renk uzayı için de PC kümeleme geçerlilik indeksine göre en başarılı deneylerin küme sayısı 3 olarak ele alındığında elde edildiği, küme sayısı arttıkça başarımların azaldığı açıkça görülmektedir. RGB renk uzayı küme sayısı 3 ve 4 için LAB renk uzayı ile neredeyse aynı başarımları göstermekte olmasına rağmen, küme sayısı arttıkça LAB ve HSV renk uzaylarına göre daha başarılı olduğu gözlemlenmektedir.

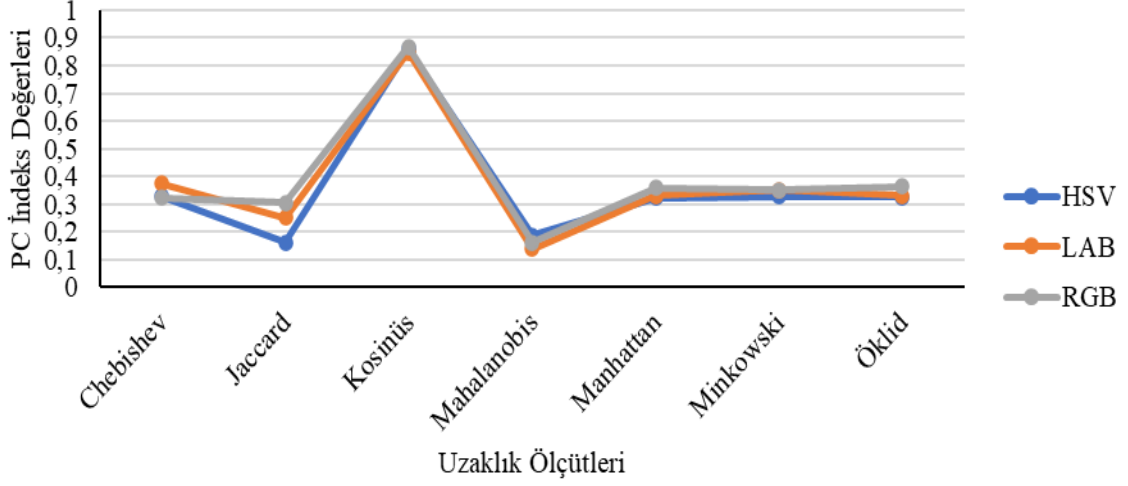
PC kümeleme geçerlilik indeksine göre, farklı küme sayıları için her bir uzaklık ölçütünün gösterdiği ortalama başarımlar Şekil 20'deki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 20. PC geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları

Şekil 20'deki grafik incelendiğinde, tezde ele alınan bütün uzaklık ölçütleri için PC kümeleme geçerlilik indeksine göre en başarılı deneylerin küme sayısı 3 olarak alındığında elde edildiği, küme sayısı arttıkça kümeleme başarımlarının azaldığı görülmektedir. PC kümeleme geçerlilik indeksi için Kosinüs uzaklık ölçütünün diğer uzaklık ölçütlerine göre çok daha başarılı olduğu, Mahalanobis uzaklık ölçütünün ise her küme sayısı için en düşük başarımları gösterdiği grafikten net bir şekilde anlaşılmaktadır.

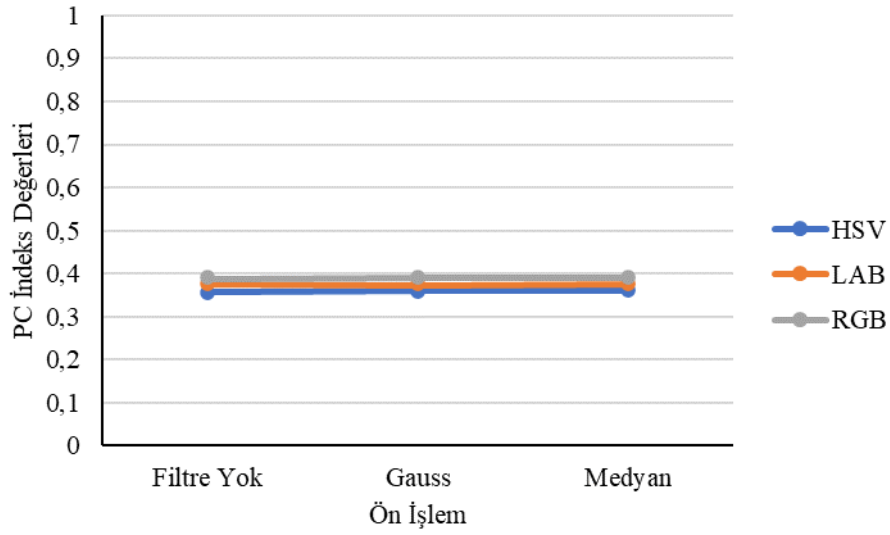
PC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 21'de gösterilmiştir.



Şekil 21. PC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 21 incelendiğinde, her bir renk uzayı için en başarılı kümeleme performansının Kosinüs uzaklığı kullanıldığında elde edildiği görülmektedir.

PC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 22’de gösterilmiştir.

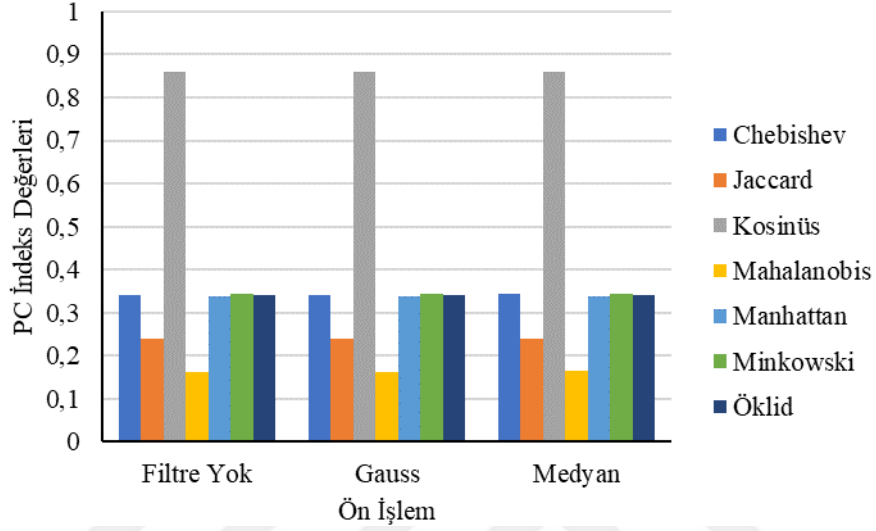


Şekil 22. PC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 22 incelendiğinde PC geçerlilik indeksine göre başarımlarda, her bir renk uzayı için, ön işlem yönteminin türünün veya uygulanıp uygulanmamasının çok fazla bir etkisinin

olmadığı görülmektedir. Nispeten her bir ön işlem yöntemine göre RGB renk uzayının diğer renk uzaylarından daha başarılı olduğu söylenebilir.

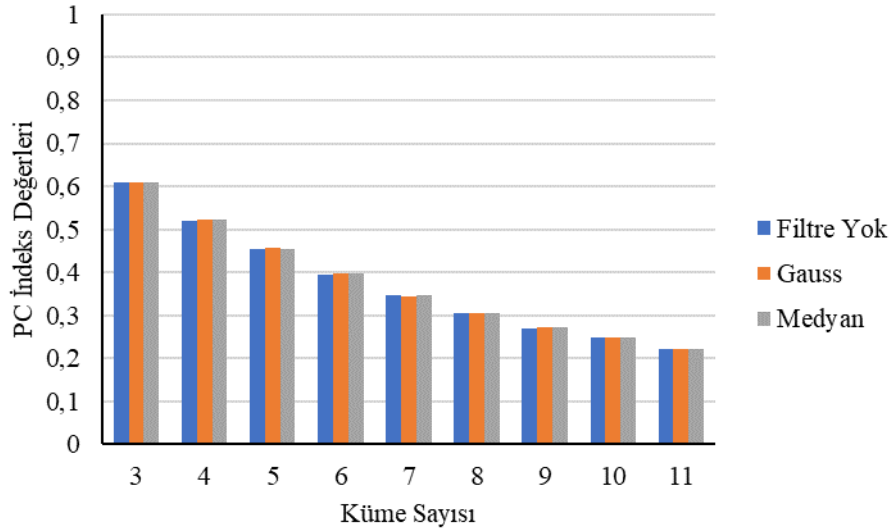
PC geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 23'te gösterilmiştir.



Şekil 23. PC geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 23 incelendiğinde PC geçerlilik indeksine göre başarımlarda, her bir uzaklık ölçütü için, ön işlem yönteminin türünün veya uygulanıp uygulanmamasının gösterdiği etkilerin neredeyse aynı olduğu görülmektedir. Her bir ön işlem yöntemine göre Kosinüs uzaklık ölçütünün diğer uzaklık ölçütlerinden çok daha fazla başarıya, Mahalanobis uzaklık ölçütünün ise diğer uzaklık ölçütlerinden çok daha düşük başarıya sahip olduğu söylenebilmektedir.

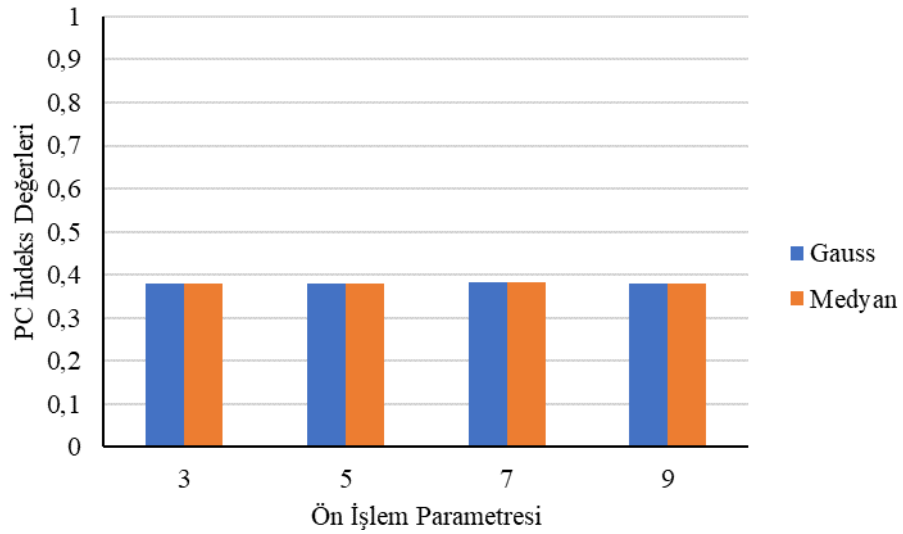
PC geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 24'te gösterilmiştir.



Şekil 24. PC geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 24'teki grafik incelendiğinde, tezde ele alınan iki ön işlem yöntemi için veya herhangi bir ön işlem yapılmadığında PC kümeleme geçerlilik indeksine göre en başarılı deneylerin küme sayısı 3 olarak alındığında elde edildiği, küme sayısı arttıkça kümeleme başarımlarının azaldığı görülmektedir.

PC geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 25'te gösterilmiştir.



Şekil 25. PC geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 25 incelendiğinde PC geçerlilik indeksine göre başarımlarda, her bir ön işlem yöntemi için, ön işlem parametre değerlerinin gösterdiği etkilerin neredeyse aynı olduğu görülmektedir.

3.1.2. P Kümeleme Geçerlilik İndeksine Göre Başarımlar

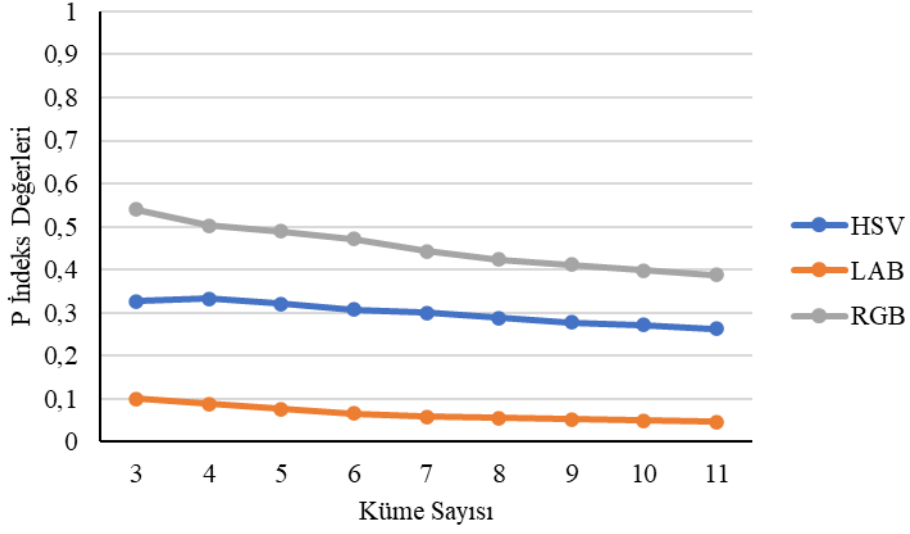
Tez kapsamında önerilen sistem ile yapılan kümeleme deneyleri sonucunda, P kümeleme geçerlilik indeksi için en yüksek değeri veren ilk 10 kümeleme deneyi sonuçları Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. P indeksine göre en başarılı ilk 10 deney

Renk Uzayı	Uzaklık Ölçütü	Filtre	Filtre Parametresi	Küme Sayısı	P
RGB	Kosinüs	Gauss	3	3	0,999943
RGB	Kosinüs	Gauss	5	3	0,980748
RGB	Kosinüs	Medyan	3	3	0,975334
RGB	Kosinüs	Medyan	5	3	0,969081
RGB	Kosinüs	Gauss	3	4	0,958935
RGB	Kosinüs	Gauss	7	3	0,954462
RGB	Kosinüs	Gauss	9	3	0,952903
RGB	Kosinüs	Medyan	7	3	0,947889
RGB	Kosinüs	Gauss	5	4	0,940413
RGB	Kosinüs	Medyan	3	4	0,935437

Tablo 9 incelendiğinde, P kümeleme geçerlilik indeksine göre en başarılı kümeleme deneyinin, RGB renk uzayında, bulanık kümeleme yaklaşımında uzaklık ölçüsü olarak Kosinüs uzaklığı kullanıldığında, $\sigma = 3$ parametrelili Gauss filtresi kullanıldığında ve küme sayısı 3 olarak belirlendiğinde elde edildiği görülmektedir.

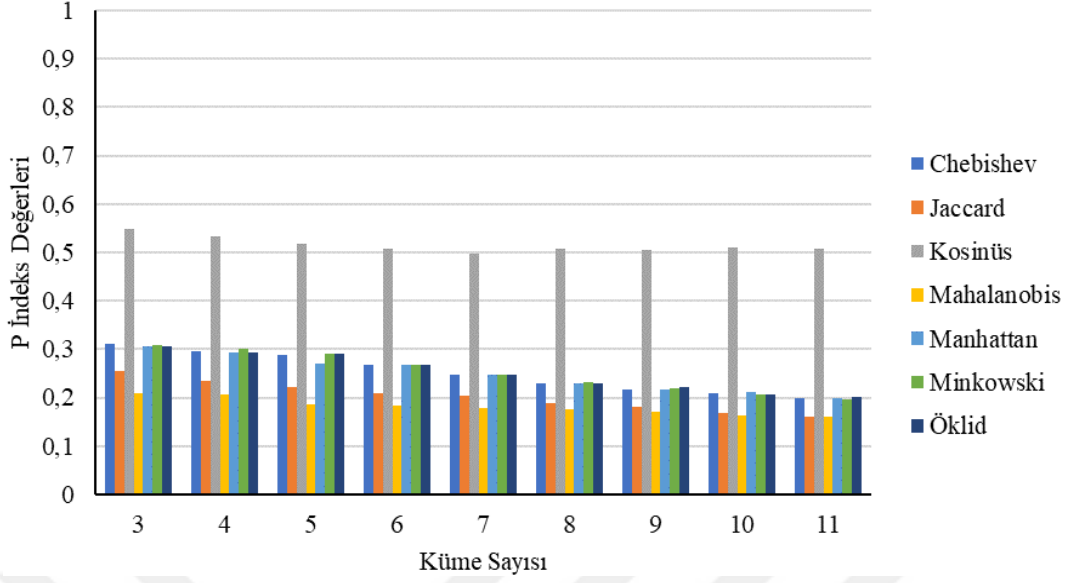
Tablo 9’daki verilerin hepsi tek bir grafikte gösterildiğinde çok karmaşık bir grafik elde edildiğinden, parametreler için grafikler ayrı ayrı oluşturulmuş ve ortalama başarımlar olarak ifade edilmiştir. P kümeleme geçerlilik indeksine göre, farklı küme sayıları için her bir renk uzayının gösterdiği ortalama başarımlar Şekil 26’daki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 26. P geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları

Şekil 26'daki grafik incelendiğinde, RGB ve LAB renk uzayları için en başarılı kümeleme deneyine küme sayısı 3 olarak alındığında, HSV renk uzayı için ise küme sayısı 4 olarak alındığında ulaşıldığı görülmektedir. HSV renk uzayının küme sayısı 3 iken gösterdiği başarımlar haricinde tez kapsamında kullanılan 3 renk uzayı için de küme sayısı artarken P kümeleme geçerlilik indeksi için ortalama başarımların düştüğü söylenebilmektedir. Bunun dışında, her bir küme sayısı için RGB renk uzayının, HSV ve LAB renk uzaylarına göre daha başarılı olduğu grafikten açıkça görülmektedir.

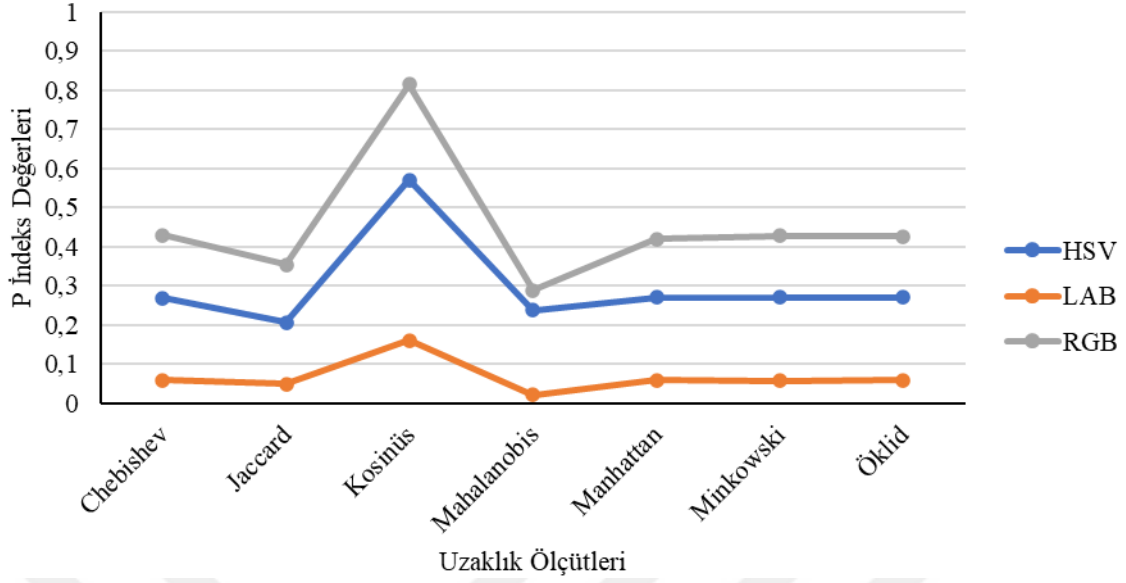
P kümeleme geçerlilik indeksine göre, farklı küme sayıları için her bir uzaklık ölçütünün gösterdiği ortalama başarımlar Şekil 27'deki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 27. P geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları

Şekil 27'deki grafik incelendiğinde, tezde ele alınan bütün uzaklık ölçütleri için P kümeleme geçerlilik indeksine göre en başarılı deneylerin küme sayısı 3 olarak alındığında elde edildiği görülmektedir. Grafikten, Chebishev, Jaccard, Mahalanobis, Manhattan, Minkowski ve Öklid uzaklıkları için küme sayısı arttıkça ortalama kümeleme başarımlarının azaldığı söylenebilirken, Kosinüs uzaklığı için net bir yargıya varılamamaktadır. P kümeleme geçerlilik indeksi için Kosinüs uzaklık ölçütünün diğer uzaklık ölçütlerine göre çok daha başarılı olduğu grafikten açıkça görülmektedir.

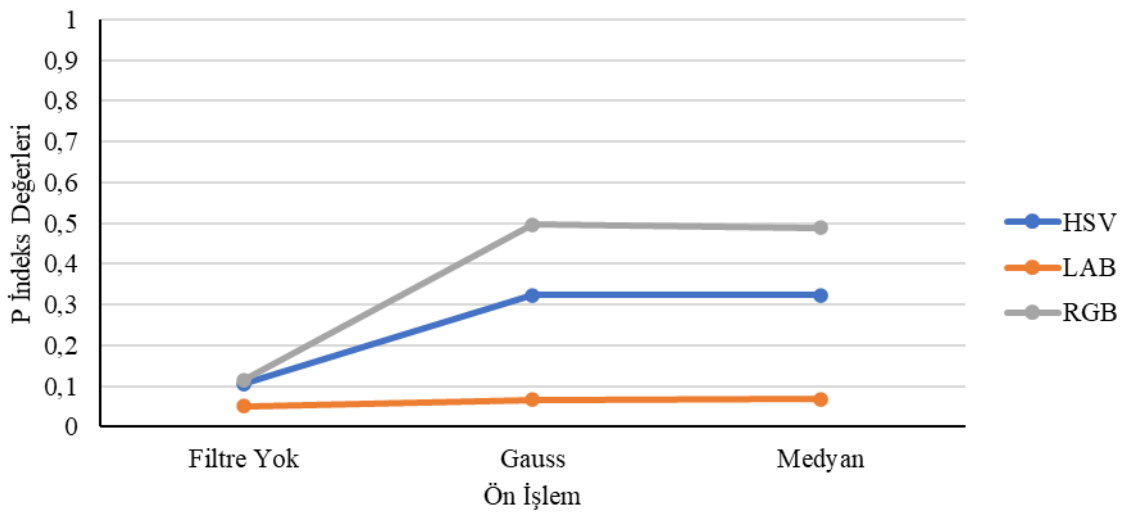
P geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 28'de gösterilmiştir.



Şekil 28. P geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 28 incelendiğinde, her bir renk uzayı için en başarılı kümeleme performansının Kosinüs uzaklığı kullanıldığında elde edildiği görülmektedir. Ayrıca her bir uzaklık ölçütü için RGB renk uzayının en yüksek, LAB renk uzayının ise en düşük başarıma sahip olduğu söylenebilmektedir.

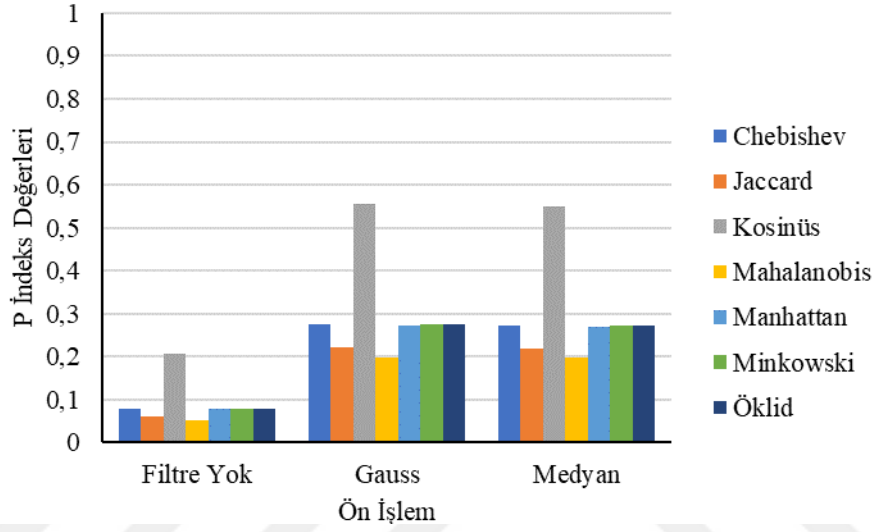
P geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 29'da gösterilmiştir.



Şekil 29. P geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 29’da her bir renk uzayı için en düşük performansın herhangi bir ön işlem uygulanmadığında ortaya çıktığı görülmektedir. Ayrıca her bir ön işlem yöntemi için RGB renk uzayının en yüksek, LAB renk uzayının ise en düşük performansa sahip olduğu söylenebilmektedir.

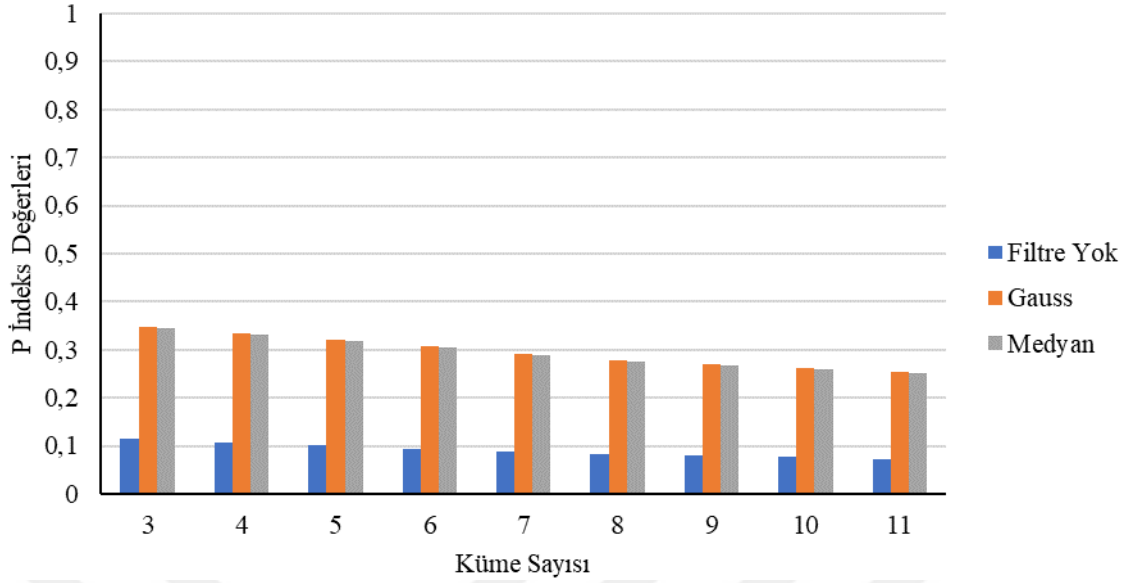
P geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 30’da gösterilmiştir.



Şekil 30. P geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 30 incelendiğinde P geçerlilik indeksine göre başarımlarda, her bir uzaklık ölçütü için, ön işlem yönteminin türünün çok fazla bir etkisinin olmadığı ancak ön işlemin uygulanmadığı durumda başarımın düştüğü görülmektedir. Her bir ön işlem yöntemine göre Kosinüs uzaklık ölçütünün diğer uzaklık ölçütlerinden çok daha fazla başarıya, Mahalanobis uzaklık ölçütünün ise diğer uzaklık ölçütlerinden çok daha düşük başarıya sahip olduğu söylenebilmektedir.

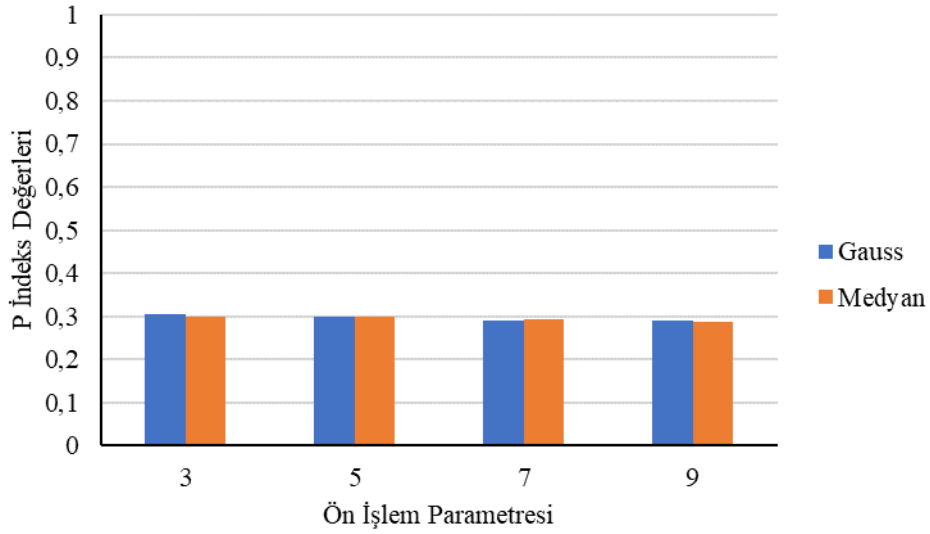
P geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 31’de gösterilmiştir.



Şekil 31. P geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 31'deki grafik incelendiğinde, tezde ele alınan iki ön işlem yöntemi uygulandığında veya herhangi bir ön işlem uygulanmadığında P kümeleme geçerlilik indeksine göre en başarılı deneylerin küme sayısı 3 olarak alındığında elde edildiği, küme sayısı arttıkça kümeleme başarımlarının azaldığı görülmektedir. Ayrıca, her bir küme sayısı için, ön işlem yönteminin türünün gösterdiği etkilerin çok farklı olmadığı ancak ön işlemin uygulanmadığı durumda başarımın düştüğü görülmektedir.

P geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 32'de gösterilmiştir.



Şekil 32. P geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 32 incelendiğinde P geçerlilik indeksine göre başarımlarda, her bir ön işlem yöntemi için, ön işlem parametre değerlerinin gösterdiği etkilerin neredeyse aynı olduğu söylenebilmektedir.

3.1.3. XB Kümeleme Geçerlilik İndeksine Göre Başarımlar

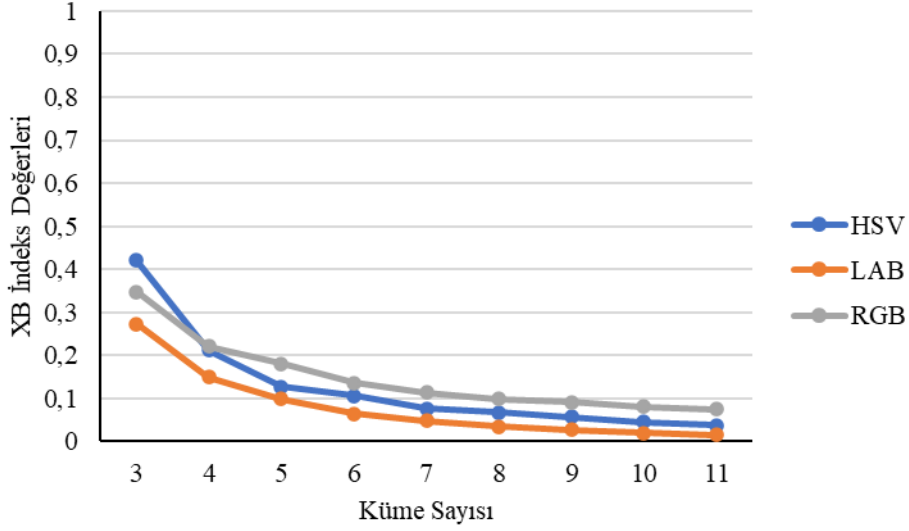
Tez kapsamında önerilen sistem ile yapılan kümeleme deneyleri sonucunda, XB kümeleme geçerlilik indeksi için en düşük değeri veren ilk 10 kümeleme deneyi sonuçları Tablo 10’da verilmiştir. XB kümeleme geçerlilik indeksinin en küçük değeri, en yüksek kümeleme başarımını ifade etmektedir.

Tablo 10. XB indeksine göre en başarılı ilk 10 deney

Renk Uzayı	Uzaklık Ölçütü	Filtre	Filtre Parametresi	Küme Sayısı	XB
LAB	Öklid	Filtre Yok	-	11	0,000002
LAB	Manhattan	Filtre Yok	-	11	0,000013
LAB	Minkowski	Filtre Yok	-	11	0,000037
LAB	Öklid	Medyan	3	11	0,000224
LAB	Minkowski	Medyan	3	11	0,000268
LAB	Öklid	Gauss	3	11	0,000339
LAB	Manhattan	Gauss	9	11	0,000341
LAB	Öklid	Gauss	9	11	0,000347
LAB	Manhattan	Gauss	3	11	0,000351
LAB	Öklid	Gauss	7	11	0,000380

Tablo 10 incelendiğinde, XB kümeleme geçerlilik indeksine göre en başarılı kümeleme deneyinin, LAB renk uzayında, bulanık kümeleme yaklaşımında uzaklık ölçüsü olarak Öklid uzaklığı kullanıldığında, herhangi bir ön işlem uygulanmadığında ve küme sayısı 11 olarak belirlendiğinde elde edildiği görülmektedir.

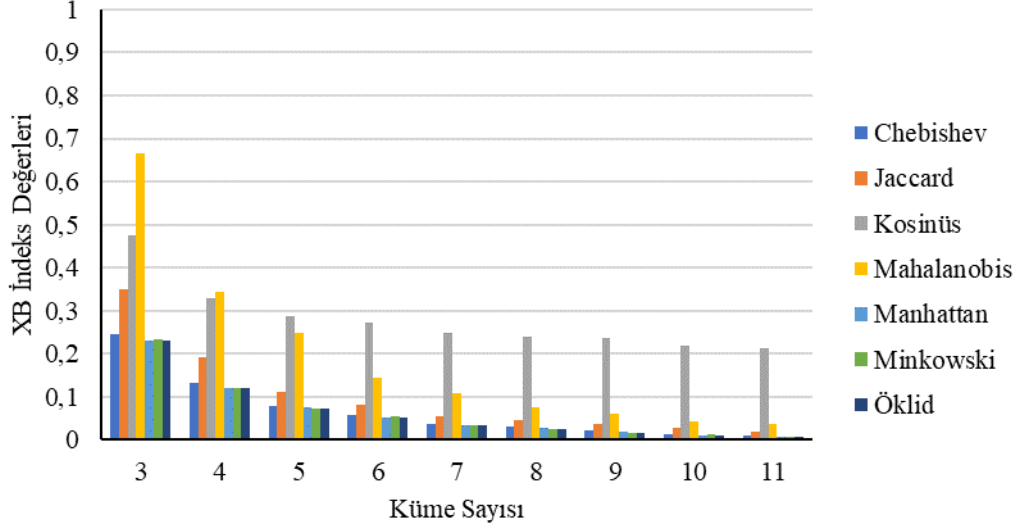
Tablo 10'daki verilerin hepsi tek bir grafikte gösterildiğinde çok karmaşık bir grafik elde edildiğinden, parametreler için grafikler ayrı ayrı oluşturulmuş ve ortalama başarımlar olarak ifade edilmiştir. XB kümeleme geçerlilik indeksine göre, farklı küme sayıları için tez kapsamında kullanılan her bir renk uzayının gösterdiği ortalama başarımlar Şekil 33'teki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 33. XB geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları

Şekil 33'teki grafik incelendiğinde, her bir küme sayısı için LAB renk uzayının, HSV ve RGB renk uzaylarına göre daha başarılı olduğu görülmektedir. Her bir renk uzayı için küme sayısı arttıkça kümeleme başarımının arttığı söylenebilmektedir.

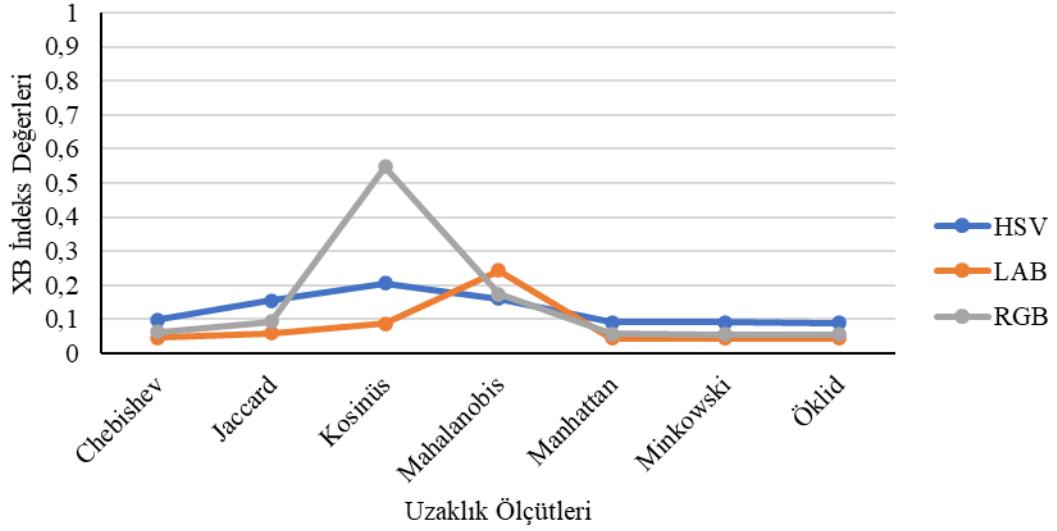
XB kümeleme geçerlilik indeksine göre, farklı küme sayıları için her bir uzaklık ölçütünün gösterdiği ortalama başarımlar Şekil 34'teki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 34. XB geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları

Şekil 34'teki grafik incelendiğinde, tez kapsamında kullanılan bütün uzaklık ölçütleri için küme sayısı arttıkça ortalama kümeleme başarımlarının arttığı söylenebilmektedir.

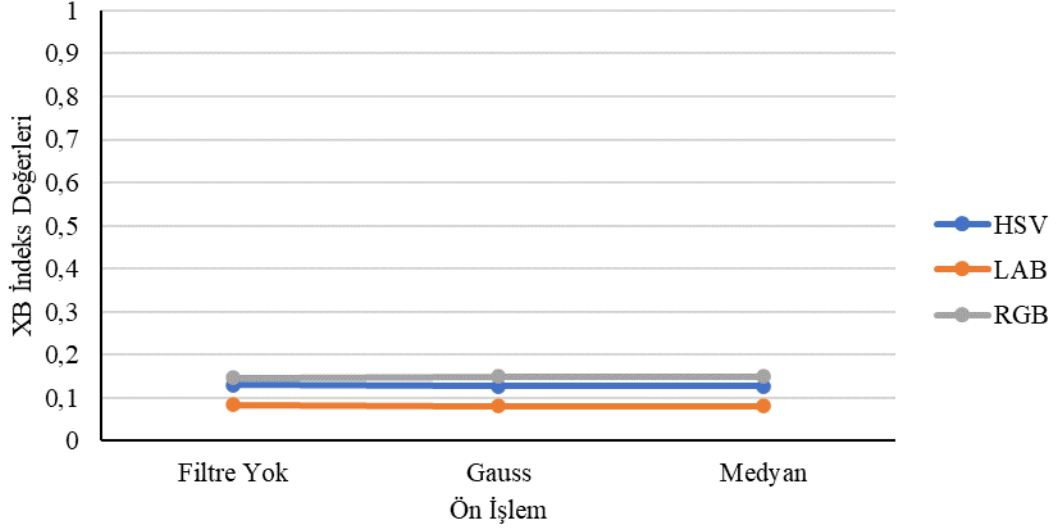
XB geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 35'te gösterilmiştir.



Şekil 35. XB geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 35 incelendiğinde, Mahalanobis haricindeki tüm uzaklık ölçütleri için en başarılı renk uzayının LAB renk uzayı olduğu görülmektedir. Mahalanobis uzaklığı için en yüksek başarımlar HSV renk uzayında elde edilmektedir.

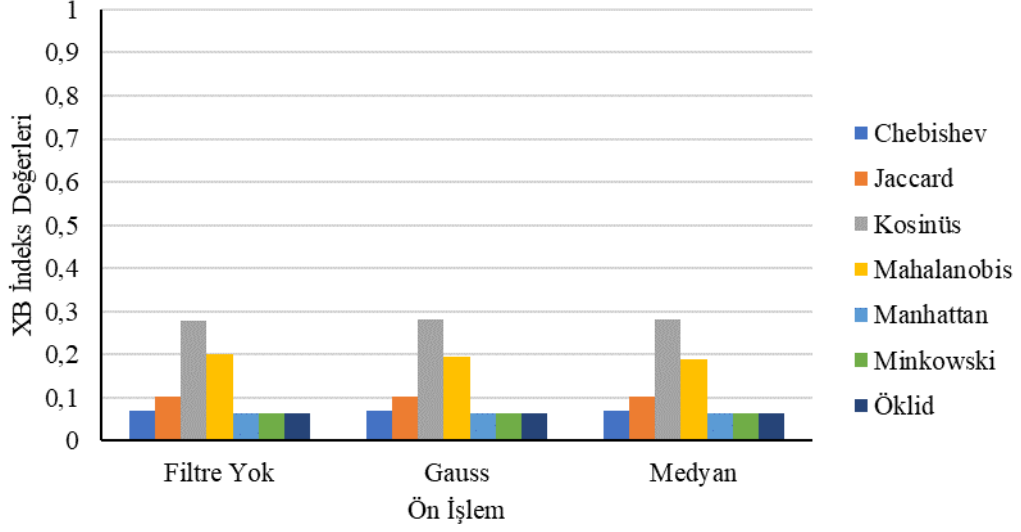
XB geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 36’da gösterilmiştir.



Şekil 36. XB geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 36 incelendiğinde XB geçerlilik indeksine göre başarımlarda, her bir renk uzayı için, ön işlem yönteminin türünün veya uygulanıp uygulanmamasının etkisinin neredeyse aynı olduğu görülmektedir. Grafik okunduğunda, XB geçerlilik indeksine göre her bir ön işlem yönteminde veya herhangi bir ön işlem uygulanmadığında en başarılı renk uzayının LAB, en düşük başarılı olanın ise RGB renk uzayı olduğu söylenebilmektedir.

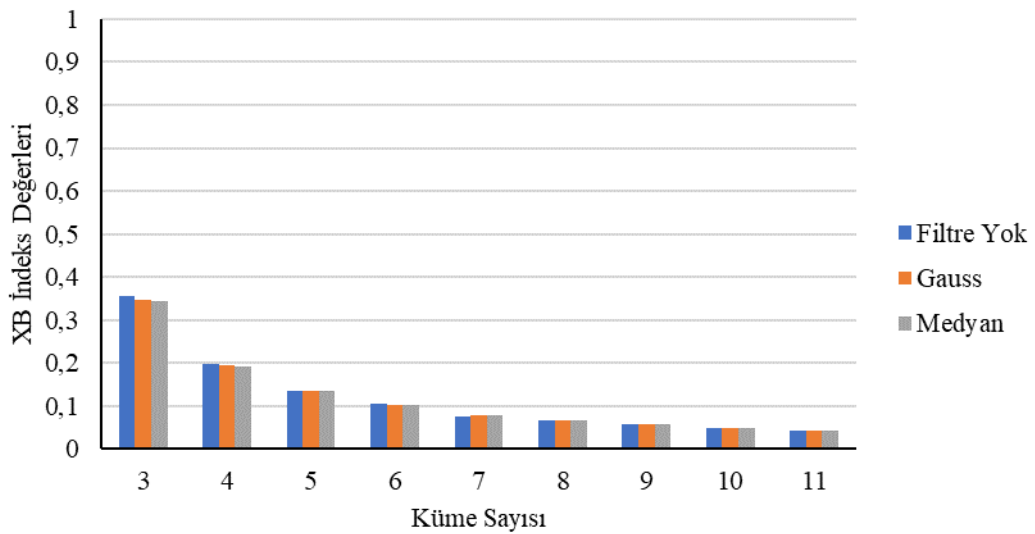
XB geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 37’de gösterilmiştir.



Şekil 37. XB geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 37 incelendiğinde XB geçerlilik indeksine göre başarımlarda, her bir uzaklık ölçütü için, ön işlem yönteminin türünün veya uygulanıp uygulanmamasının etkisinin neredeyse aynı olduğu görülmektedir. Her bir ön işlem yöntemine göre Kosinüs uzaklık ölçütünün diğer uzaklık ölçütlerinden çok daha düşük başarıya sahip olduğu söylenebilmektedir.

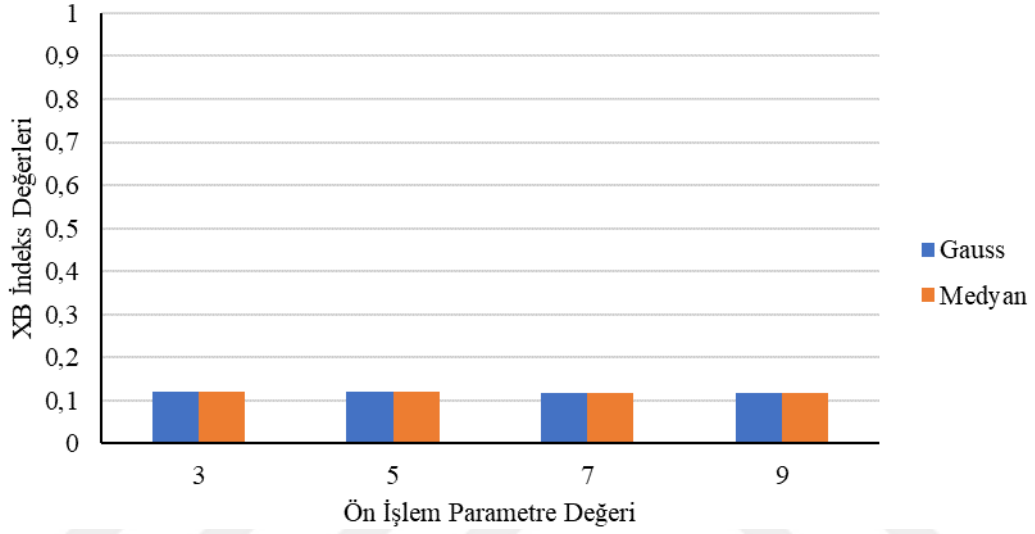
XB geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 38’de gösterilmiştir.



Şekil 38. XB geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 38'deki grafik incelendiğinde, tezde ele alınan iki ön işlem yöntemi uygulandığında veya herhangi bir ön işlem uygulanmadığında XB kümeleme geçerlilik indeksine göre en başarılı deneylerin küme sayısı 11 olarak alındığında elde edildiği görülmektedir. Küme sayısı arttıkça, kümeleme başarımları artmaktadır.

XB geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 39'da gösterilmiştir.



Şekil 39. XB geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 39 incelendiğinde XB geçerlilik indeksine göre başarımlarda, her bir ön işlem yöntemi için, ön işlem parametre değerlerinin gösterdiği etkilerin neredeyse aynı olduğu görülmektedir.

3.1.4. SC Kümeleme Geçerlilik İndeksine Göre Başarımlar

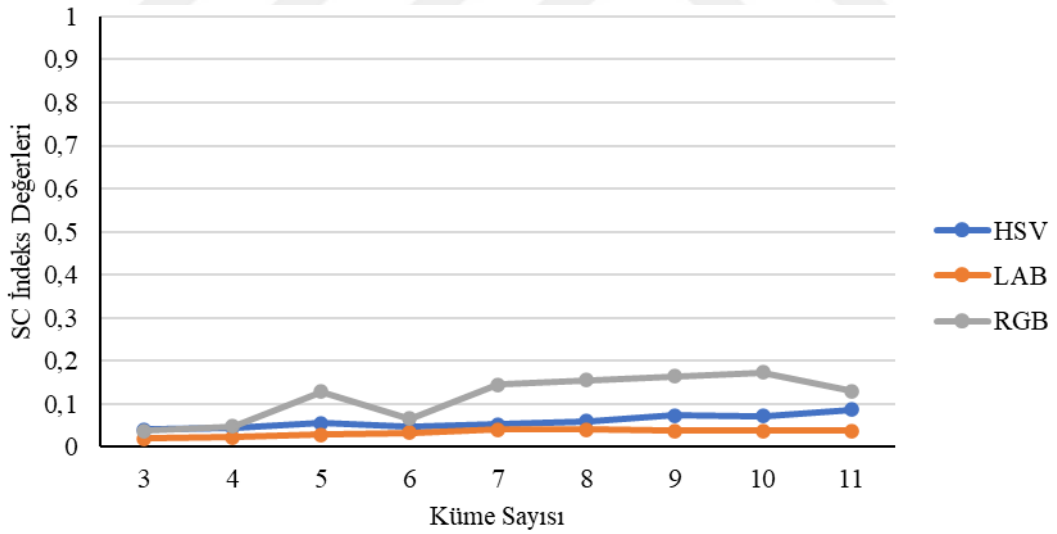
Tez kapsamında önerilen sistem ile yapılan kümeleme deneyleri sonucunda, SC kümeleme geçerlilik indeksi için en düşük değeri veren ilk 10 kümeleme deneyi sonuçları Tablo 11'de verilmiştir. SC kümeleme geçerlilik indeksinde en düşük değer en başarılı kümelemeyi vermektedir [19].

Tablo 11. SC indeksine göre en başarılı ilk 10 deney

Renk Uzayı	Uzaklık Ölçütü	Filtre	Filtre Parametresi	Küme Sayısı	SC
RGB	Minkowski	Gauss	7	4	0,000001
RGB	Minkowski	Gauss	9	4	0,000087
RGB	Minkowski	Medyan	9	4	0,000314
LAB	Minkowski	Filtre Yok	-	3	0,000628
LAB	Minkowski	Gauss	3	3	0,000676
LAB	Minkowski	Medyan	3	3	0,000693
LAB	Chebisev	Filtre Yok	-	3	0,000745
LAB	Minkowski	Gauss	5	3	0,000765
LAB	Chebisev	Gauss	3	3	0,000809
LAB	Chebisev	Medyan	3	3	0,000819

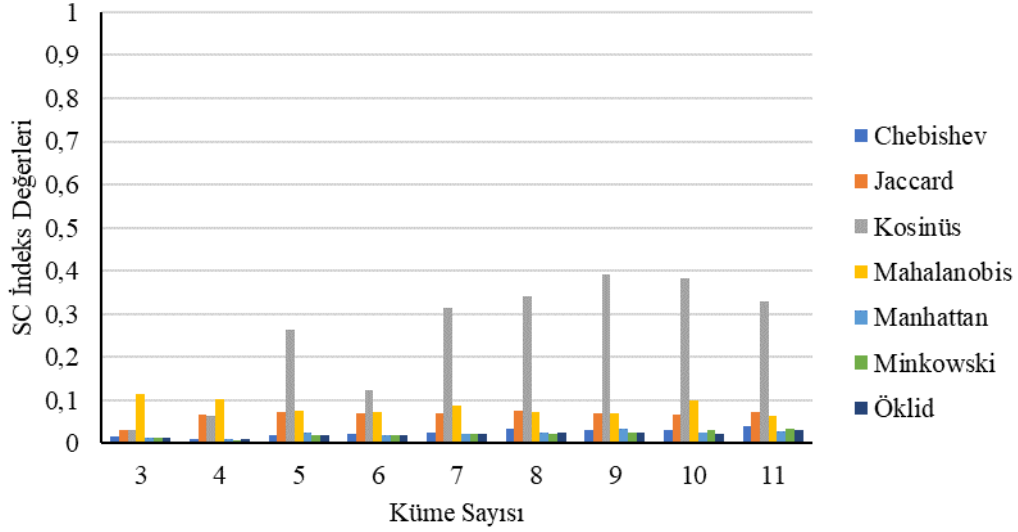
Tablo 11 incelendiğinde, SC kümeleme geçerlilik indeksine göre en başarılı kümeleme deneyinin, RGB renk uzayında, bulanık kümeleme yaklaşımında uzaklık ölçüsü olarak Minkowski uzaklığı kullanıldığında, $\sigma = 7$ parametrelili Gauss filtresi uygulandığında ve küme sayısı 4 olarak belirlendiğinde elde edildiği görülmektedir.

SC kümeleme geçerlilik indeksine göre, farklı küme sayıları için her bir renk uzayının gösterdiği ortalama başarımlar Şekil 40'taki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 40. SC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları

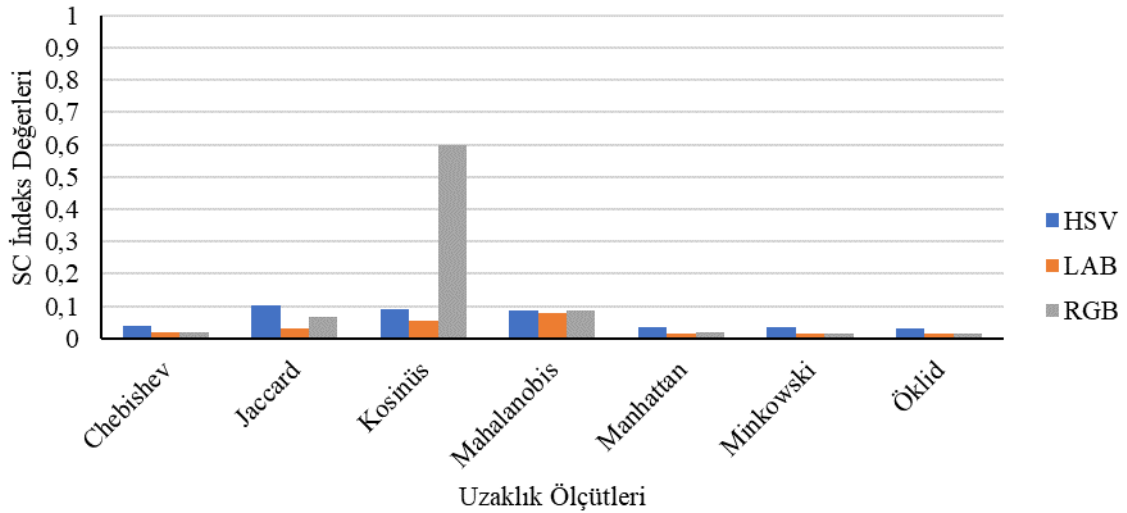
Şekil 40'taki grafik incelendiğinde, her üç renk uzayı için de SC kümeleme geçerlilik indeksine göre en başarılı deneylerin küme sayısı 3 olarak alındığında elde edildiği ve her küme sayısı için LAB renk uzayının, diğer renk uzaylarına göre daha başarılı olduğu görülmektedir. SC kümeleme geçerlilik indeksine göre, farklı küme sayıları için her bir uzaklık ölçütünün gösterdiği ortalama başarımlar Şekil 41'deki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 41. SC geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları

Şekil 41'deki grafik incelendiğinde, Jaccard ve Kosinüs haricindeki tüm uzaklık ölçütleri için SC kümeleme geçerlilik indeksine göre en başarılı deneylerin küme sayısı 4 olarak, Jaccard ve Kosinüs uzaklıkları için ise en başarılı deneylerin küme sayısı 3 olarak alındığında elde edildiği görülmektedir.

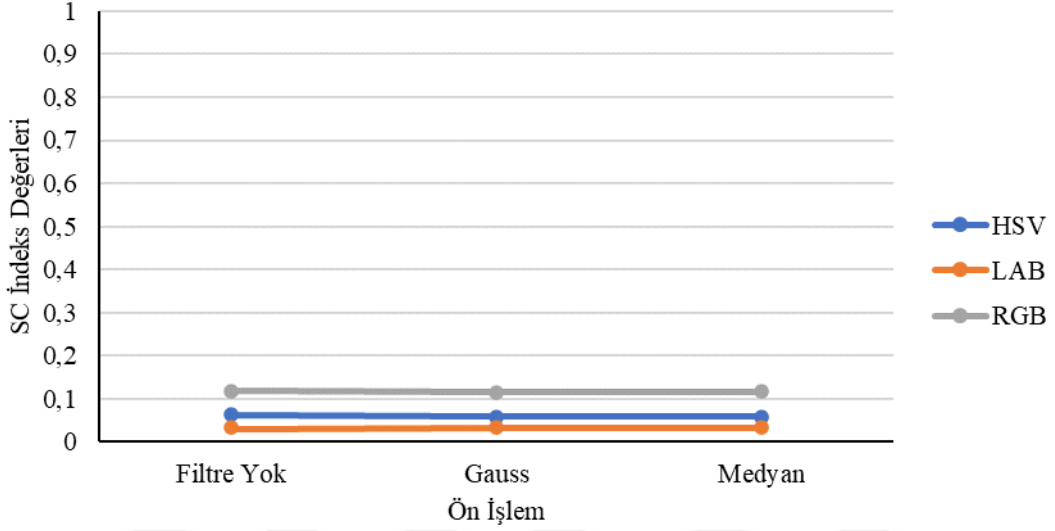
SC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 42'de gösterilmiştir.



Şekil 42. SC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 42 incelendiğinde, HSV ve LAB renk uzaylarının en yüksek başarımlarını Öklid uzaklığı kullanıldığında, RGB renk uzayının ise Minkowski uzaklık ölçütü kullanıldığında gösterdiği söylenebilmektedir.

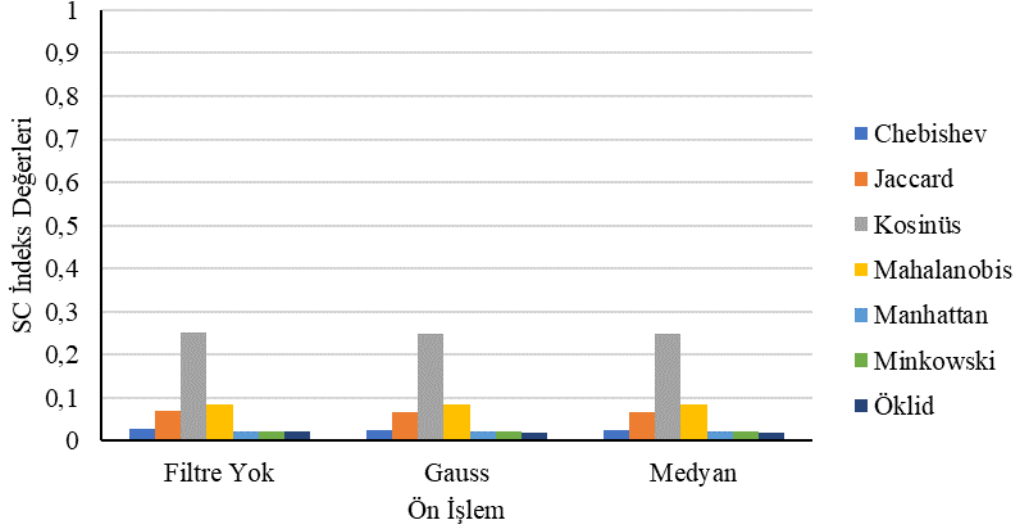
SC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 43'te gösterilmiştir.



Şekil 43. SC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 43 incelendiğinde SC geçerlilik indeksine göre başarımlarda, her bir renk uzayı için, ön işlem yönteminin türünün veya uygulanıp uygulanmamasının etkisinin neredeyse aynı olduğu görülmektedir. Her bir ön işlem yöntemine göre LAB renk uzayının diğer renk uzaylarından daha başarılı olduğu söylenebilir.

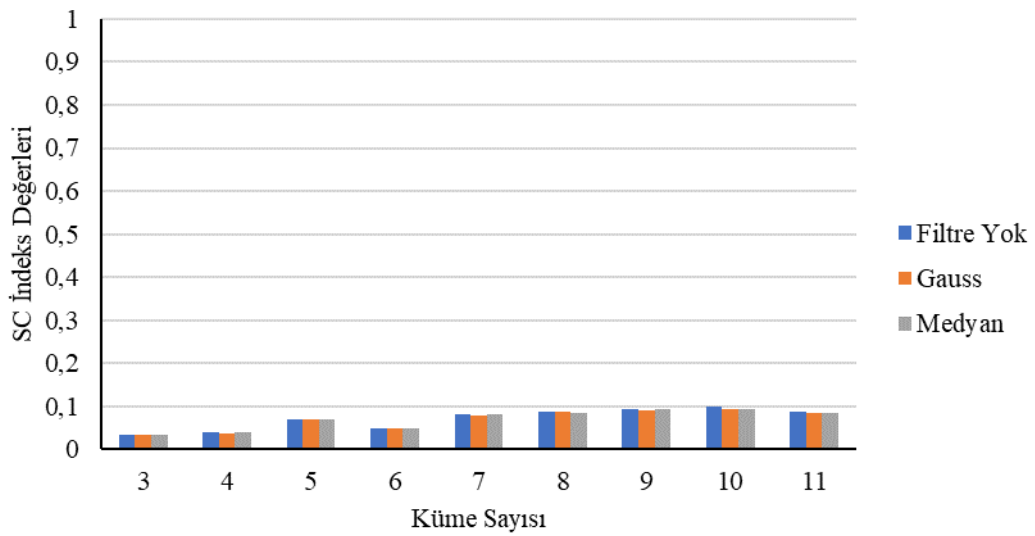
SC geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 44'te gösterilmiştir.



Şekil 44. SC geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 44 incelendiğinde SC geçerlilik indeksine göre başarımlarda, her bir uzaklık ölçütü için, ön işlem yönteminin türünün veya uygulanıp uygulanmamasının etkisinin neredeyse aynı olduğu görülmektedir. Gauss ve Medyan filtrelerinde en yüksek kümeleme başarımına sahip uzaklık ölçütünün Öklid, en düşük kümeleme başarımına sahip uzaklık ölçütünün ise Kosinüs olduğu görülmektedir.

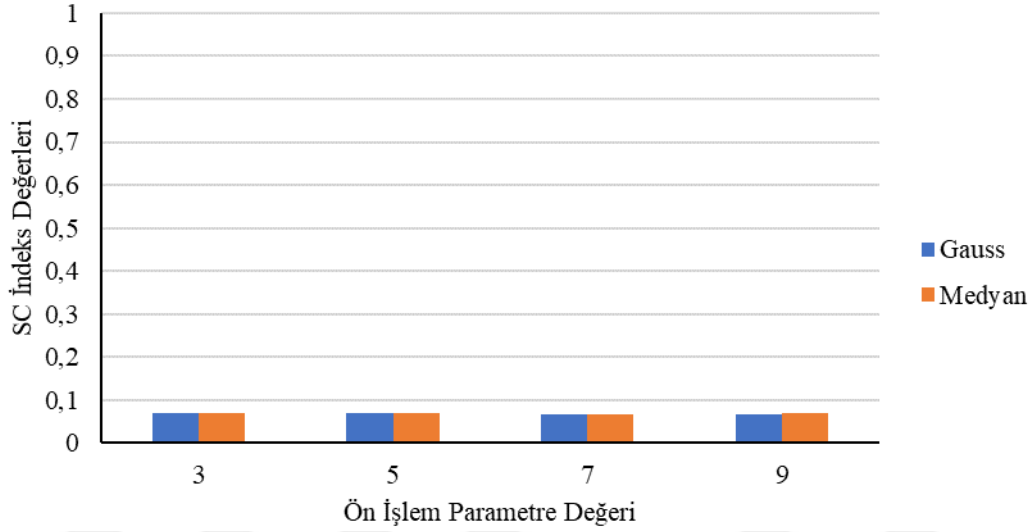
SC geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 45'te gösterilmiştir.



Şekil 45. SC geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 45'teki grafik incelendiğinde, tezde ele alınan iki ön işlem yöntemi uygulandığında veya herhangi bir ön işlem uygulanmadığında SC kümeleme geçerlilik indeksine göre en başarılı deneylerin küme sayısı 3 olarak alındığında elde edildiği görülmektedir.

SC geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 46'da gösterilmiştir.



Şekil 46. SC geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 46 incelendiğinde SC geçerlilik indeksine göre başarımlarda, her bir ön işlem yöntemi için, ön işlem parametre değerlerinin gösterdiği etkilerin neredeyse aynı olduğu görülmektedir.

3.1.5. ZSC Kümeleme Geçerlilik İndeksine Göre Başarımlar

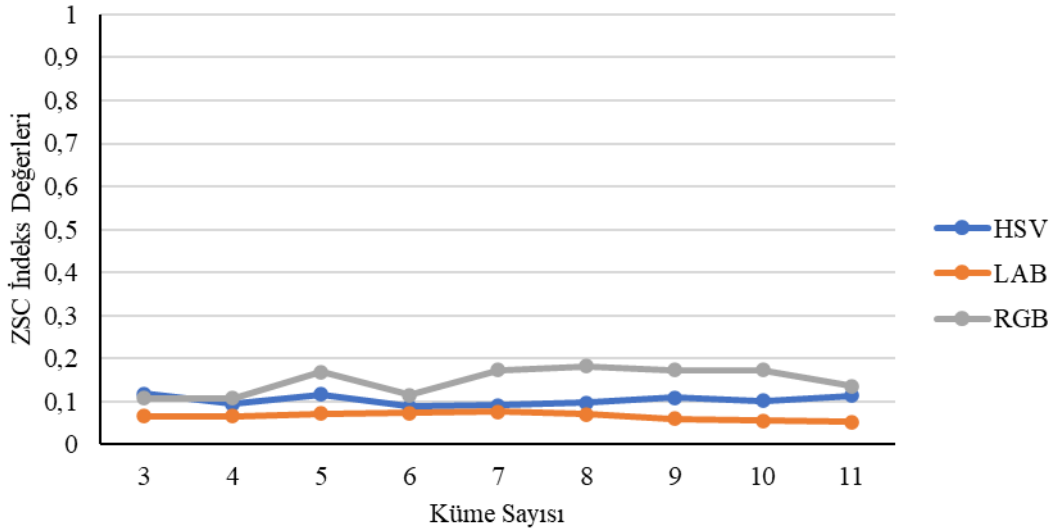
Tez kapsamında önerilen sistem ile yapılan kümeleme deneyleri sonucunda, ZSC kümeleme geçerlilik indeksi için en yüksek değeri veren ilk 10 kümeleme deneyi sonuçları Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. ZSC indeksine göre en başarılı ilk 10 deney

Renk Uzayı	Uzaklık Ölçütü	Filtre	Filtre Parametresi	Küme Sayısı	ZSC
RGB	Kosinüs	Gauss	5	9	0,999999
RGB	Kosinüs	Medyan	5	9	0,995421
RGB	Kosinüs	Medyan	7	9	0,986838
RGB	Kosinüs	Medyan	9	9	0,976724
RGB	Kosinüs	Filtre Yok	-	10	0,974266
RGB	Kosinüs	Filtre Yok	-	9	0,967935
RGB	Kosinüs	Medyan	3	9	0,966604
RGB	Kosinüs	Gauss	3	9	0,966448
RGB	Kosinüs	Gauss	7	9	0,964432
RGB	Kosinüs	Gauss	9	9	0,964290

Tablo 12 incelendiğinde, ZSC kümeleme geçerlilik indeksine göre en başarılı kümeleme deneyinin, RGB renk uzayında, bulanık kümeleme yaklaşımında uzaklık ölçüsü olarak Kosinüs uzaklığı kullanıldığında, $\sigma = 5$ parametrelili Gauss filtresi uygulandığında ve küme sayısı 9 olarak belirlendiğinde elde edildiği görülmektedir.

Tablo 12'deki verilerin hepsi tek bir grafikte gösterildiğinde çok karmaşık bir grafik elde edildiğinden, parametreler için grafikler ayrı ayrı oluşturulmuş ve ortalama başarımlar olarak ifade edilmiştir. ZSC kümeleme geçerlilik indeksine göre, farklı küme sayıları için her bir renk uzayının gösterdiği ortalama başarımlar Şekil 47'deki grafikte gösterilmiştir.

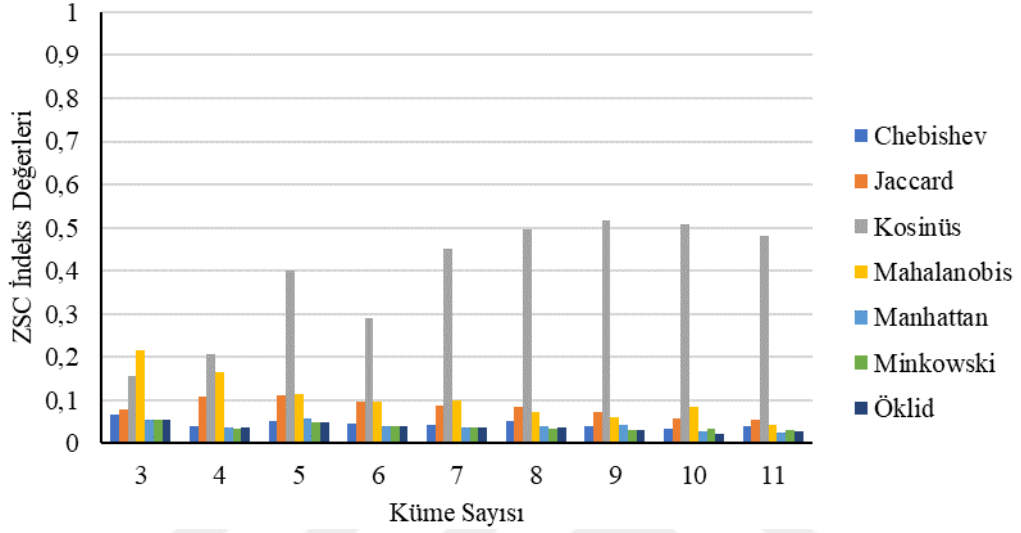


Şekil 47. ZSC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları

Şekil 47'deki grafik incelendiğinde, HSV renk uzayı için en başarılı kümeleme deneyine küme sayısı 3 olarak alındığında, LAB renk uzayı için küme sayısı 7 olarak alındığında, RGB renk uzayı için ise küme sayısı 8 olarak alındığında ulaşıldığı

görülmektedir. Küme sayısının 3 olduğu durum haricinde, her bir küme sayısı için en yüksek başarımlar RGB renk uzayı kullanıldığında elde edilmektedir.

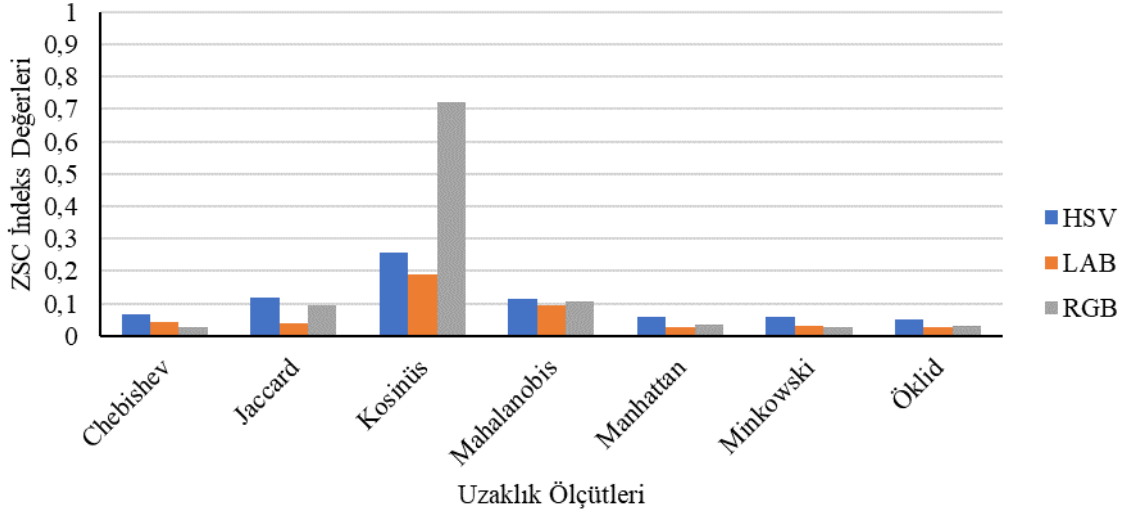
ZSC kümeleme geçerlilik indeksine göre, farklı küme sayıları için her bir uzaklık ölçütünün gösterdiği ortalama başarımlar Şekil 48’deki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 48. ZSC geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları

Şekil 48’deki grafik incelendiğinde, Kosinüs uzaklık ölçütünün 3 küme haricinde, bütün küme sayılarında en yüksek kümeleme başarımları gösteren uzaklık ölçütü olduğu ve en yüksek başarımları küme sayısı 9 olarak alındığında elde edildiği görülmektedir.

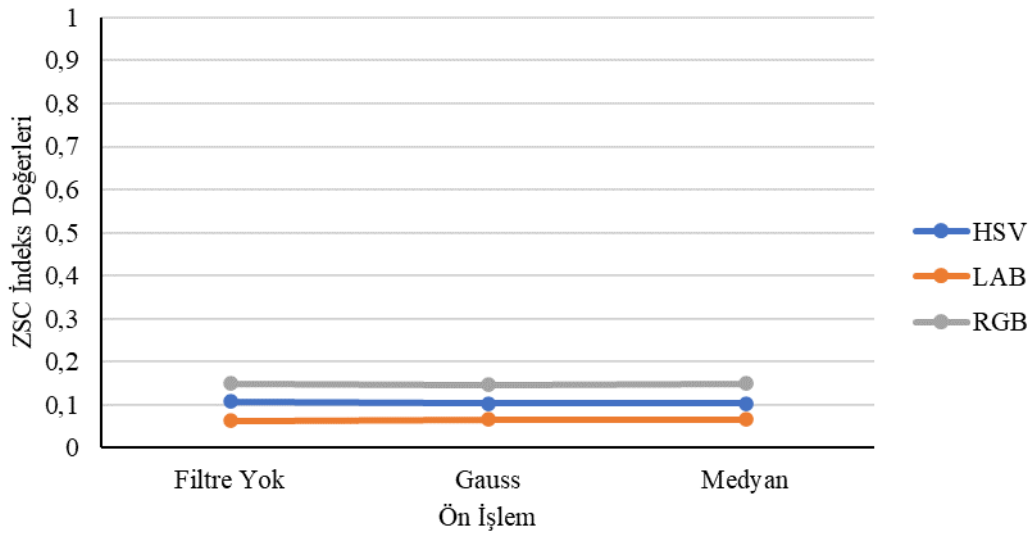
ZSC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 49’da gösterilmiştir.



Şekil 49. ZSC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 49 incelendiğinde, ZSC geçerlilik indeksi için, her bir renk uzayı için en yüksek kümeleme başarımının Kosinüs uzaklık ölçütü kullanıldığında elde edildiği görülmektedir.

ZSC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 50’de gösterilmiştir.

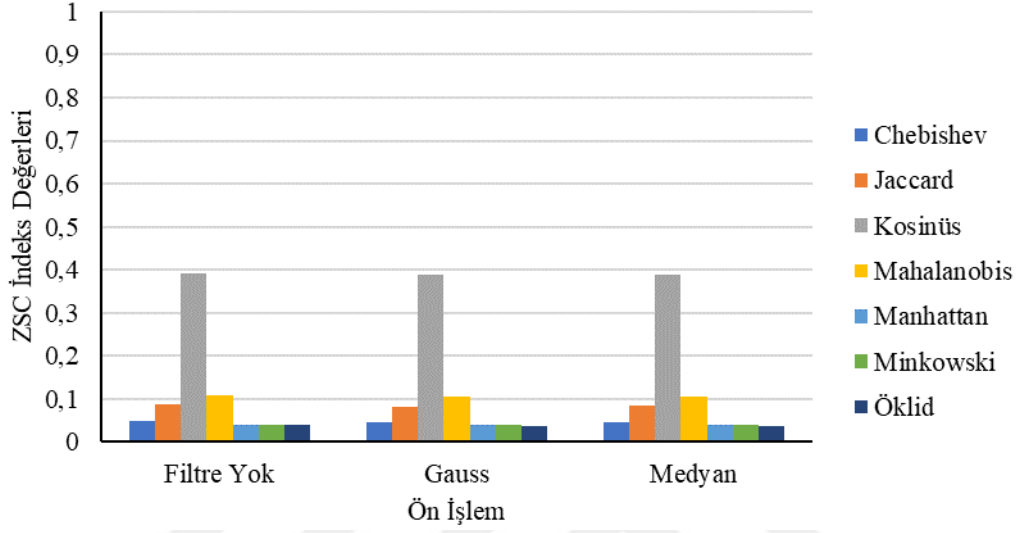


Şekil 50. ZSC geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 50 incelendiğinde ZSC geçerlilik indeksine göre başarımlarda, her bir renk uzayı için, ön işlem yönteminin türünün veya uygulanıp uygulanmamasının etkisinin neredeyse

aynı olduğu görülmektedir. Her bir ön işlem yöntemine göre RGB renk uzayının diğer renk uzaylarından daha başarılı olduğu söylenebilir.

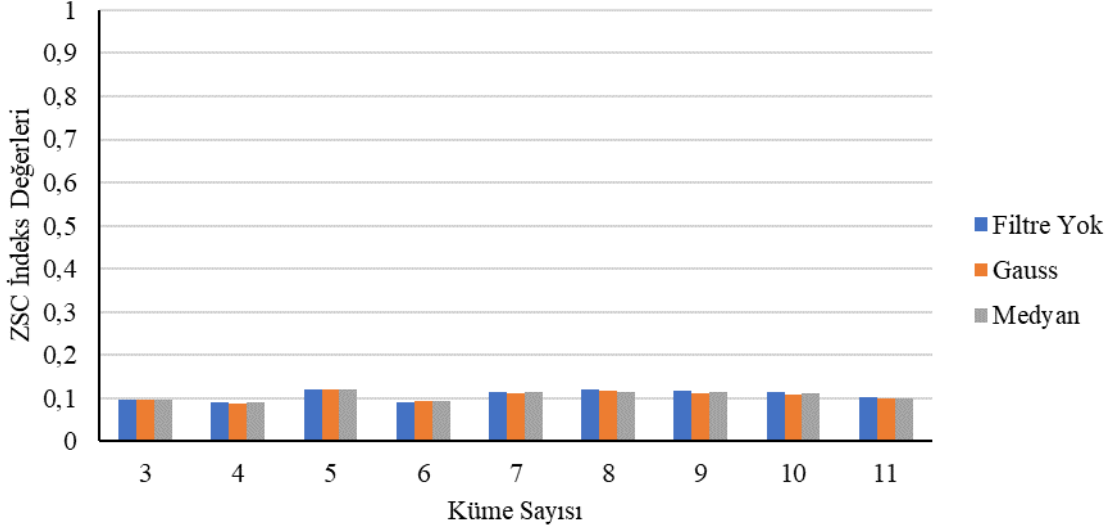
ZSC geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 51’de gösterilmiştir.



Şekil 51. ZSC geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 51 incelendiğinde ZSC geçerlilik indeksine göre başarımlarda, her bir uzaklık ölçütü için, ön işlem yönteminin türünün veya uygulanıp uygulanmamasının etkisinin neredeyse aynı olduğu, her bir ön işlem için en yüksek kümeleme başarımının Kosinüs uzaklık ölçütü kullanıldığında elde edildiği görülmektedir.

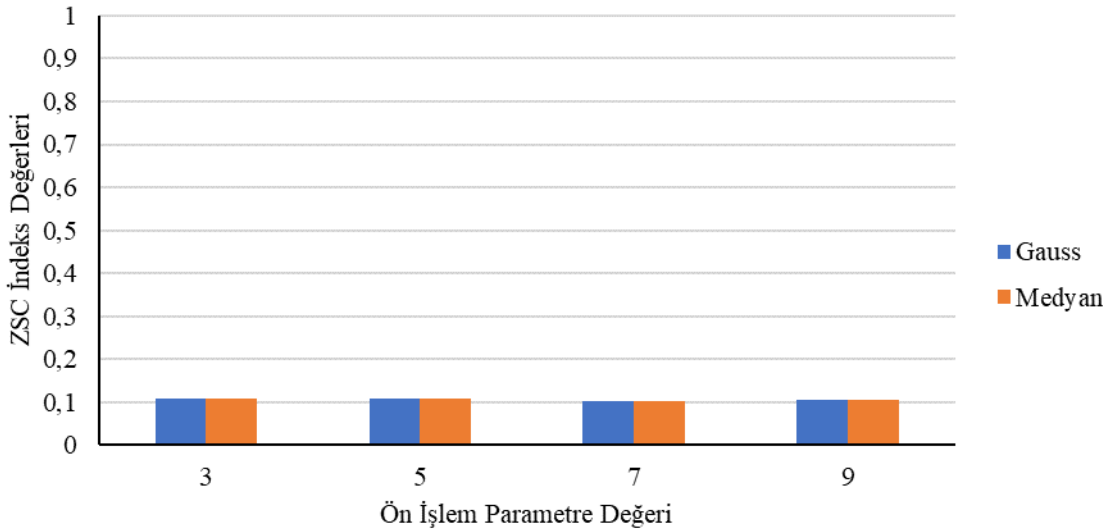
ZSC geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 52’de gösterilmiştir.



Şekil 52. ZSC geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 52'deki grafik incelendiğinde, herhangi bir ön işlem yapılmadığında ZSC kümeleme geçerlilik indeksine göre en başarılı deneylerin küme sayısı 8 olarak alındığında, Gauss ve Medyan filtreleri uygulandığında ise en başarılı deneylerin küme sayısı 5 olarak alındığında elde edildiği söylenebilmektedir.

ZSC geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 53'te gösterilmiştir.



Şekil 53. ZSC geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 53 incelendiğinde ZSC geçerlilik indeksine göre başarımlarda, her bir ön işlem yöntemi için, ön işlem parametre değerlerinin gösterdiği etkilerin neredeyse aynı olduğu görülmektedir.

3.1.6. PBMF Kümeleme Geçerlilik İndeksine Göre Başarımlar

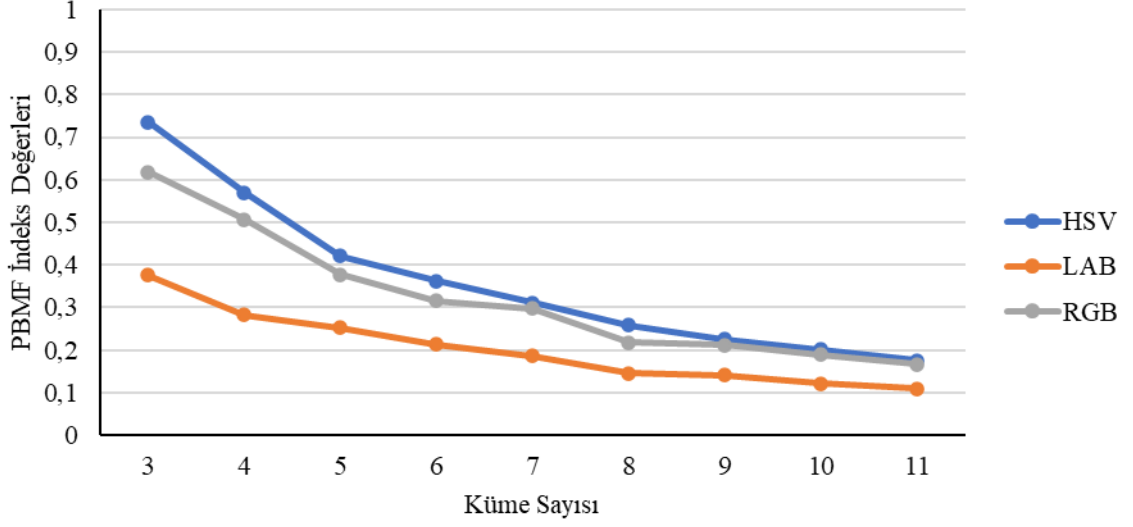
Tez kapsamında önerilen sistem ile yapılan kümeleme deneyleri sonucunda, PBMF kümeleme geçerlilik indeksi için en yüksek değeri veren ilk 10 kümeleme deneyi sonuçları Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 13. PBMF indeksine göre en başarılı ilk 10 deney

Renk Uzayı	Uzaklık Ölçütü	Filtre	Filtre Parametresi	Küme Sayısı	PBMF
RGB	Jaccard	Filtre Yok	-	3	0,999999
RGB	Jaccard	Medyan	3	3	0,997724
RGB	Jaccard	Gauss	3	3	0,996958
RGB	Jaccard	Gauss	5	3	0,994991
RGB	Jaccard	Medyan	5	3	0,993965
RGB	Jaccard	Medyan	7	3	0,990876
HSV	Manhattan	Medyan	9	3	0,885751
HSV	Mahalanobis	Filtre Yok	-	3	0,884033
HSV	Minkowski	Gauss	5	3	0,883078
HSV	Minkowski	Medyan	5	3	0,882673

Tablo 13 incelendiğinde, PBMF kümeleme geçerlilik indeksine göre en başarılı kümeleme deneyinin, RGB renk uzayında, bulanık kümeleme yaklaşımında uzaklık ölçüsü olarak Jaccard uzaklığı kullanıldığında, herhangi bir ön işlem uygulanmadığında ve küme sayısı 3 olarak belirlendiğinde elde edildiği görülmektedir.

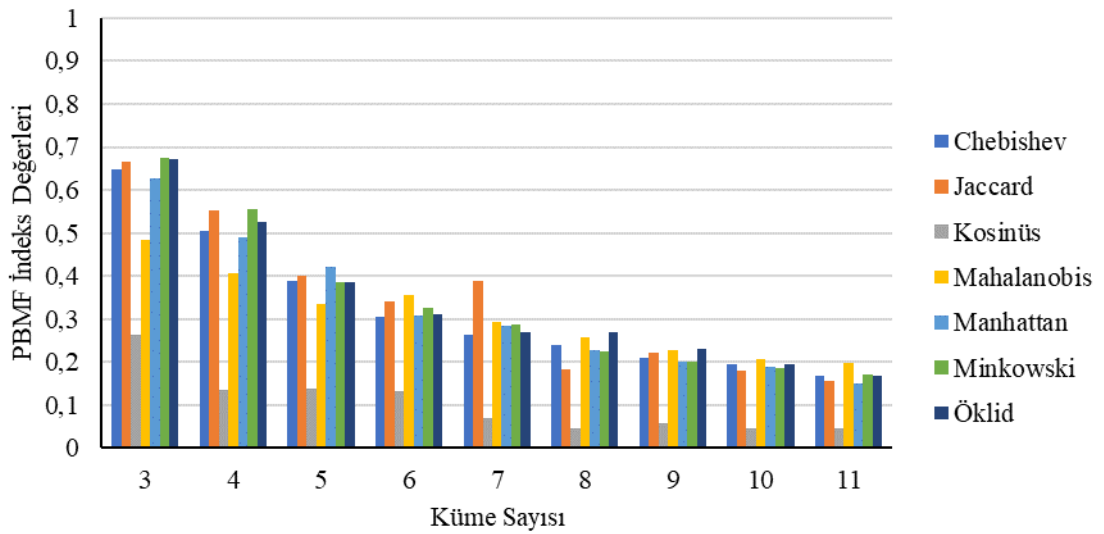
Tablo 13'teki verilerin hepsi tek bir grafikte gösterildiğinde çok karmaşık bir grafik elde edildiğinden, parametreler için grafikler ayrı ayrı oluşturulmuş ve ortalama başarımlar olarak ifade edilmiştir. PBMF kümeleme geçerlilik indeksine göre, farklı küme sayıları için her bir renk uzayının gösterdiği ortalama başarımlar Şekil 54'teki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 54. PBMF geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları

Şekil 54'teki grafik incelendiğinde, tezde ele alınan bütün renk uzayları için en başarılı kümeleme deneyine küme sayısı 3 olarak alındığında ulaşıldığı ve 3 renk uzayı için de küme sayısı artarken PBMF kümeleme geçerlilik indeksi için ortalama başarımın düştüğü görülmektedir. Bunun dışında, her bir küme sayısı için HSV renk uzayının, RGB ve LAB renk uzaylarına göre daha başarılı olduğu grafikten açıkça görülmektedir.

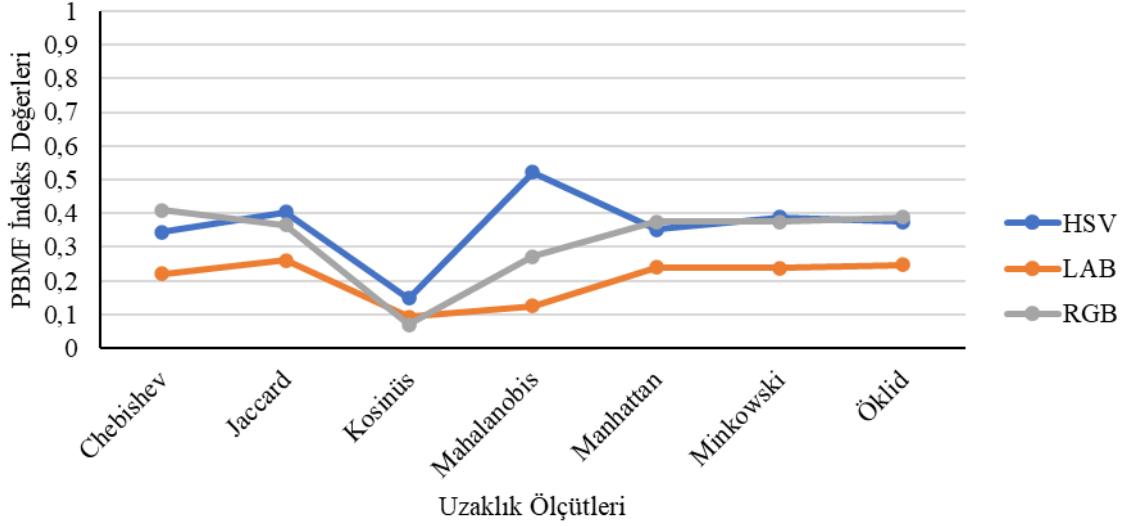
PBMF kümeleme geçerlilik indeksine göre, farklı küme sayıları için her bir uzaklık ölçütünün gösterdiği ortalama başarımlar Şekil 55'teki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 55. PBMF geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları

Şekil 55'teki grafik incelendiğinde, tezde ele alınan bütün uzaklık ölçütleri için PBMF kümeleme geçerlilik indeksine göre en başarılı deneylerin küme sayısı 3 olarak ele alındığında elde edildiği görülmektedir. Chebishev, Kosinüs, Manhattan, Minkowski ve Öklid uzaklık ölçütleri için de küme sayısı arttıkça ortalama kümeleme başarımlarının azaldığı söylenebilirken, Jaccard ve Mahalanobis uzaklık ölçütleri bu durumu bozmaktadır. PBMF kümeleme geçerlilik indeksi için Kosinüs uzaklık ölçütünün diğer uzaklık ölçütlerine göre çok daha düşük başarımlar gösterdiği grafikten açıkça görülmektedir.

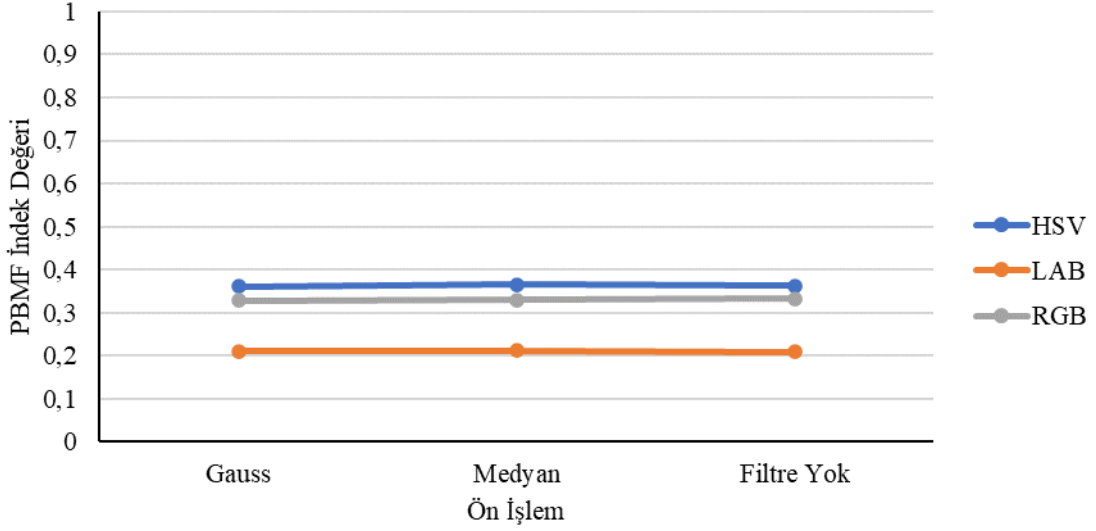
PBMF geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 56'da gösterilmiştir.



Şekil 56. PBMF geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 56 incelendiğinde, tez kapsamında ele alınan her bir renk uzayı için en düşük kümeleme performansının Kosinüs uzaklık ölçütü kullanıldığında elde edildiği görülmektedir.

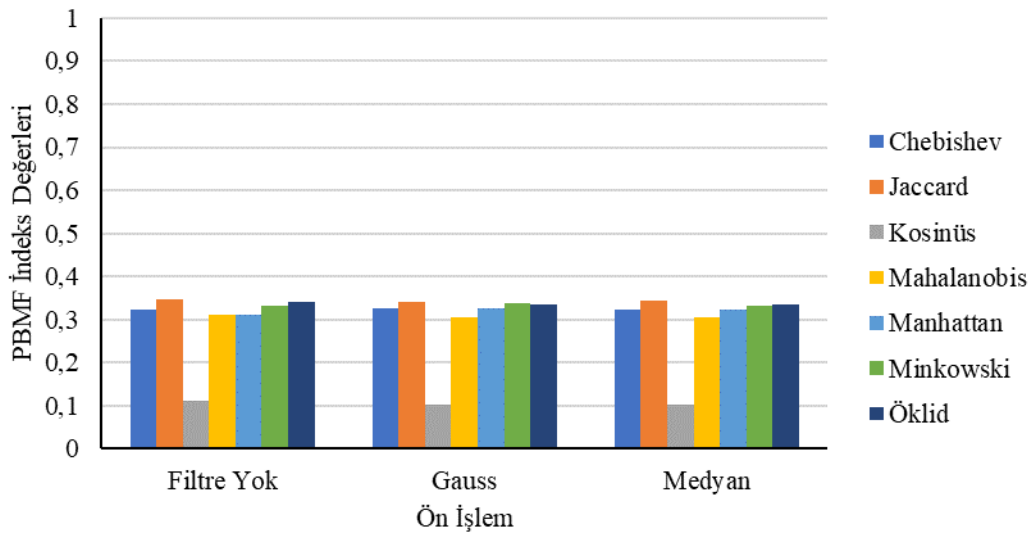
PBMF geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 57'de gösterilmiştir.



Şekil 57. PBMF geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 57 incelendiğinde PBMF geçerlilik indeksine göre başarımlarda, her bir renk uzayı için, ön işlem yönteminin türünün veya uygulanıp uygulanmamasının etkisinin neredeyse aynı olduğu görülmektedir. Her bir ön işlem yöntemine göre HSV renk uzayının en yüksek kümeleme başarımına, LAB renk uzayının ise en düşük kümeleme başarımına sahip olduğu söylenebilir.

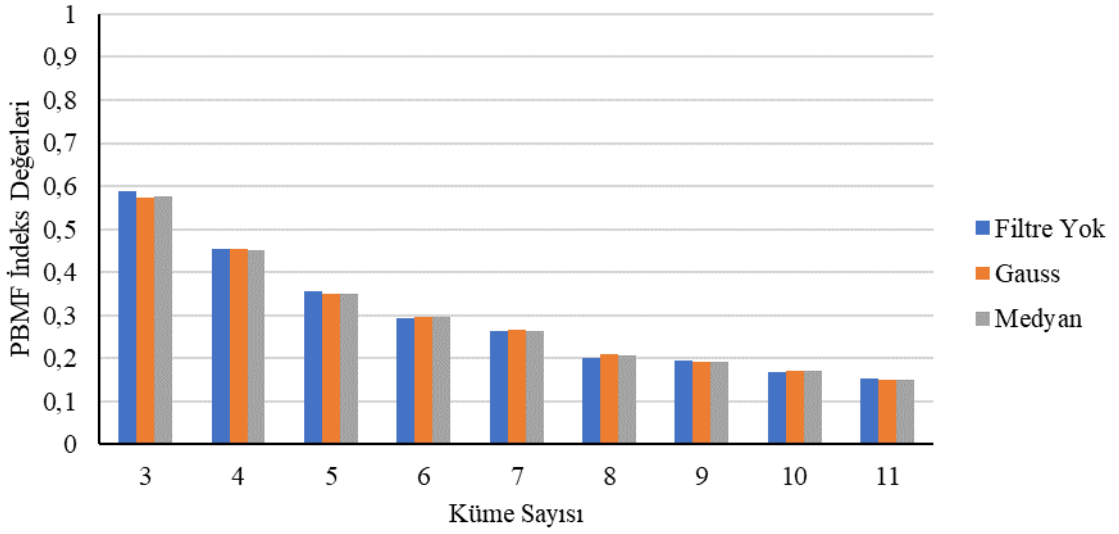
PBMF geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 58’de gösterilmiştir.



Şekil 58. PBMF geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 58 incelendiğinde PBMF geçerlilik indeksine göre başarımlarda, her bir uzaklık ölçütü için, ön işlem yönteminin türünün veya uygulanıp uygulanmamasının etkisinin neredeyse aynı olduğu görülmektedir. Her bir ön işlem yöntemine göre Kosinüs uzaklık ölçütünün diğer uzaklık ölçütlerinden çok daha düşük başarıya sahip olduğu söylenebilmektedir.

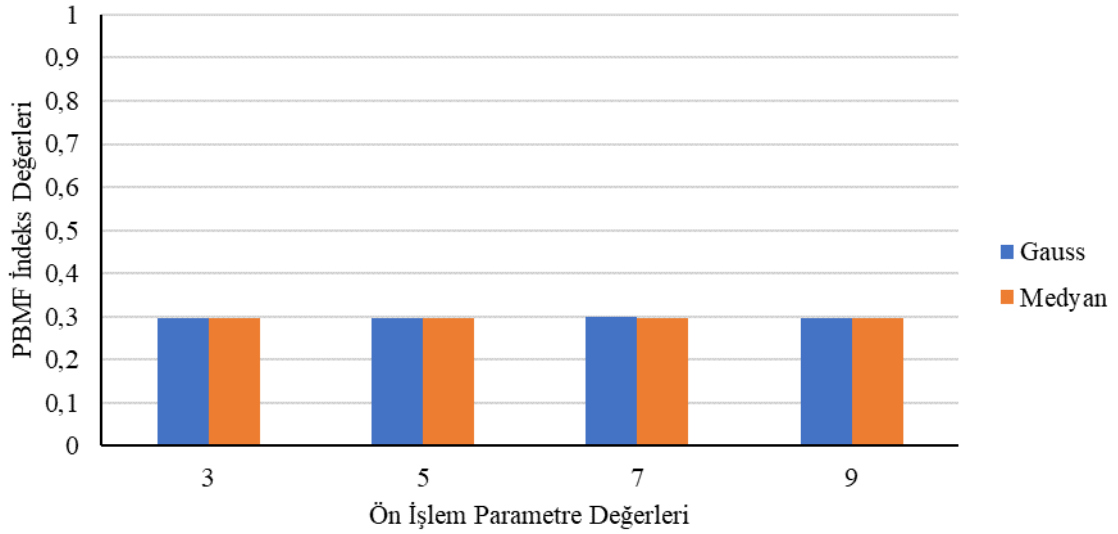
PBMF geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 59’da gösterilmiştir.



Şekil 59. PBMF geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 59’daki grafik incelendiğinde, tezde ele alınan iki ön işlem yöntemi uygulandığında veya herhangi bir ön işlem uygulanmadığında PBMF kümeleme geçerlilik indeksine göre en başarılı deneylerin küme sayısı 3 olarak alındığında elde edildiği, küme sayısı arttıkça kümeleme başarımlarının azaldığı görülmektedir.

PBMF geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 60’ta gösterilmiştir.



Şekil 60. PBMF geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 60 incelendiğinde PBMF geçerlilik indeksine göre başarımlarda, her bir ön işlem yöntemi için, ön işlem parametre değerlerinin gösterdiği etkilerin neredeyse aynı olduğu görülmektedir.

3.1.7. APD Kümeleme Geçerlilik İndeksine Göre Başarımlar

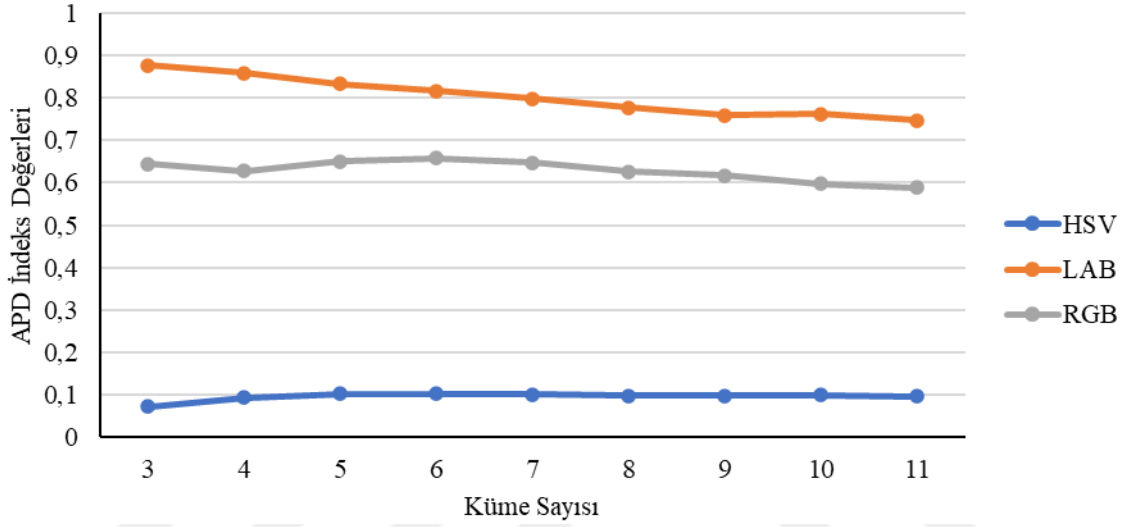
Önerilen sistem ile yapılan kümeleme deneyleri sonucunda, APD kümeleme geçerlilik indeksi için en yüksek değeri veren ilk 10 kümeleme deneyi sonuçları Tablo 14’te verilmiştir.

Tablo 14. APD indeksine göre en başarılı ilk 10 deney

Renk Uzayı	Uzaklık Ölçütü	Filtre	Filtre Parametresi	Küme Sayısı	APD
LAB	Kosinüs	Gauss	3	7	0,999999
LAB	Kosinüs	Medyan	5	7	0,999576
LAB	Kosinüs	Medyan	3	7	0,997908
LAB	Kosinüs	Medyan	7	7	0,990678
LAB	Kosinüs	Gauss	3	6	0,986046
LAB	Kosinüs	Medyan	5	6	0,985429
LAB	Kosinüs	Medyan	3	6	0,983726
LAB	Chebishev	Gauss	3	3	0,983172
LAB	Kosinüs	Gauss	5	7	0,982456
LAB	Chebishev	Gauss	3	4	0,982451

Tablo 14 incelendiğinde, APD kümeleme geçerlilik indeksine göre en başarılı kümeleme deneyinin, LAB renk uzayında, bulanık kümeleme yaklaşımında uzaklık ölçüsü olarak Kosinüs uzaklığı kullanıldığında, $\sigma = 3$ parametrelili Gauss filtresi kullanıldığında ve küme sayısı 7 olarak belirlendiğinde elde edildiği görülmektedir.

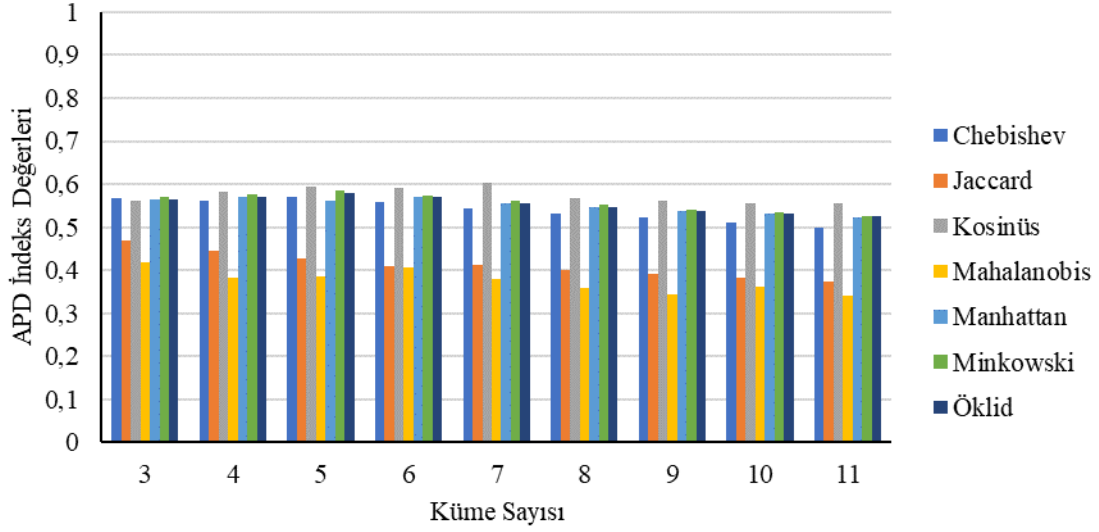
APD kümeleme geçerlilik indeksine göre, farklı küme sayıları için her bir renk uzayının gösterdiği ortalama başarımlar Şekil 61'deki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 61. APD geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları

Şekil 61'deki grafik incelendiğinde, LAB renk uzayı için en başarılı kümeleme deneyine küme sayısı 3 olarak alındığında ulaşıldığı görülmektedir. HSV renk uzayında küme sayısı 4'ten fazla olan deneylerde gözle görülür bir değişim olmadığı görülürken, RGB renk uzayı için net bir yorum yapılamamaktadır. Bunun dışında, her bir küme sayısı için LAB renk uzayının en yüksek kümeleme başarımına, HSV renk uzayının ise en düşük kümeleme başarımına sahip olduğu grafikten açıkça görülmektedir.

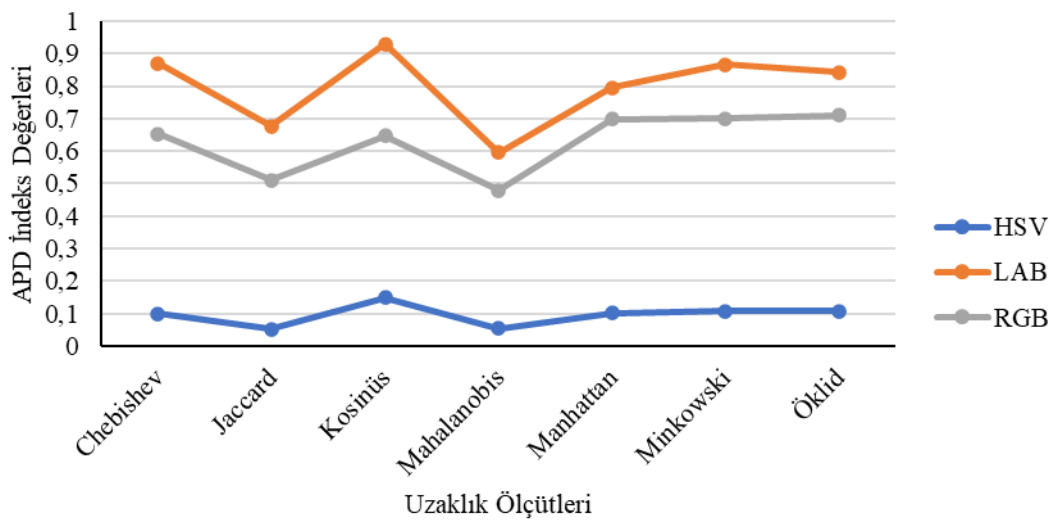
APD kümeleme geçerlilik indeksine göre, farklı küme sayıları için her bir uzaklık ölçütünün gösterdiği ortalama başarımlar Şekil 62'deki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 62. APD geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları

Şekil 62'deki grafik incelendiğinde, 3 hariç bütün küme sayılarında APD kümeleme geçerlilik indeksine göre Kosinüs uzaklığının diğer uzaklıklara göre daha yüksek ortalama başarımlar gösterdiği söylenebilmektedir. APD kümeleme geçerlilik indeksi için Mahalanobis uzaklık ölçütünün her küme sayısı için en düşük başarımları gösterdiği grafikten net bir şekilde anlaşılmaktadır.

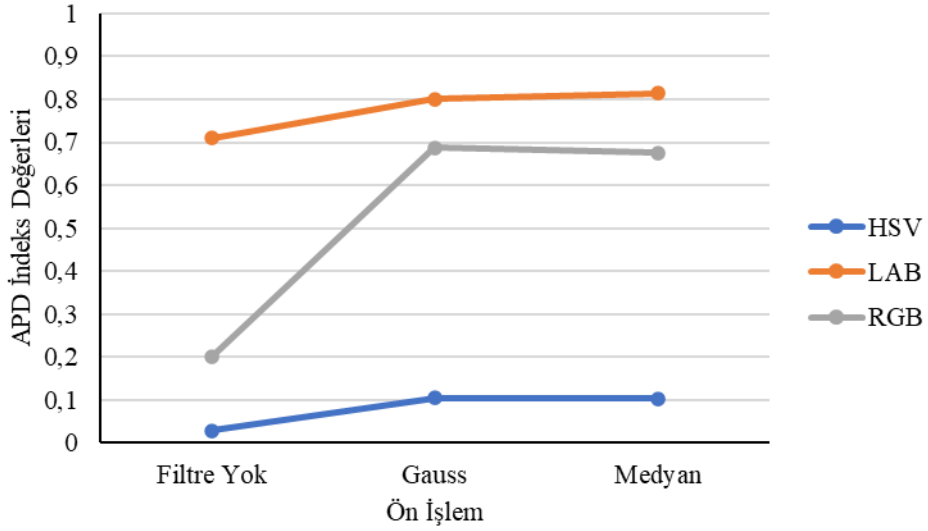
APD geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 63'te gösterilmiştir.



Şekil 63. APD geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 63 incelendiğinde, LAB ve HSV renk uzayları için en başarılı kümeleme performansının Kosinüs uzaklığı kullanıldığında, RGB renk uzayı için ise Öklid uzaklığı kullanıldığında elde edildiği görülmektedir. Ayrıca APD geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütü için en yüksek kümeleme başarımı LAB renk uzayı, en düşük kümeleme başarımı ise HSV renk uzayı kullanıldığında elde edilmektedir.

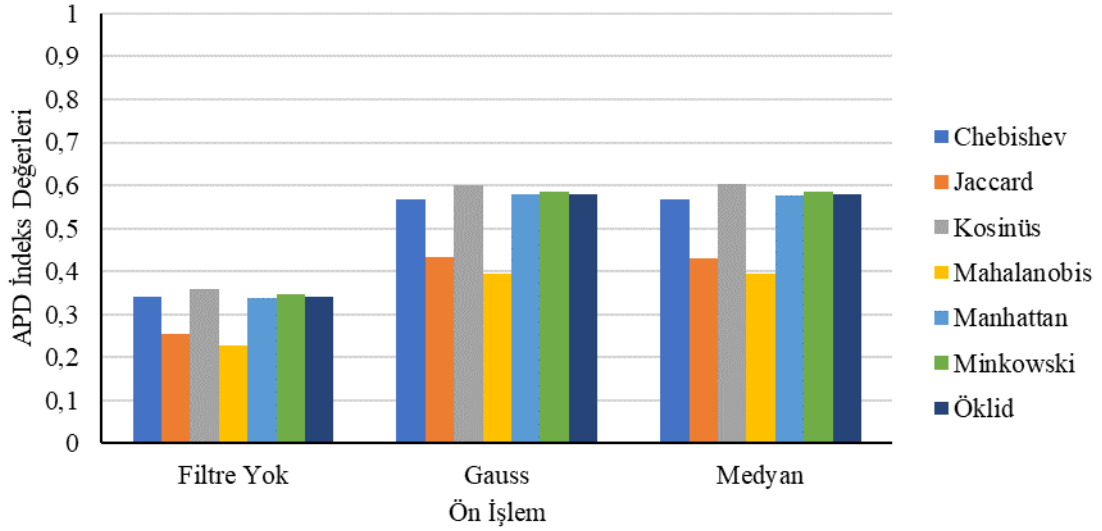
APD geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 64'te gösterilmiştir.



Şekil 64. APD geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 64 incelendiğinde, her bir renk uzayı için en düşük kümeleme başarımının herhangi bir ön işlem uygulanmadığı durumda görüldüğü, ön işlem yöntemlerinin etkilerinin ise neredeyse aynı olduğu görülmektedir. APD geçerlilik indeksine göre, her bir ön işlem yöntemine göre en başarılı performans LAB renk uzayında, en düşük performans ise HSV renk uzayında görülmektedir.

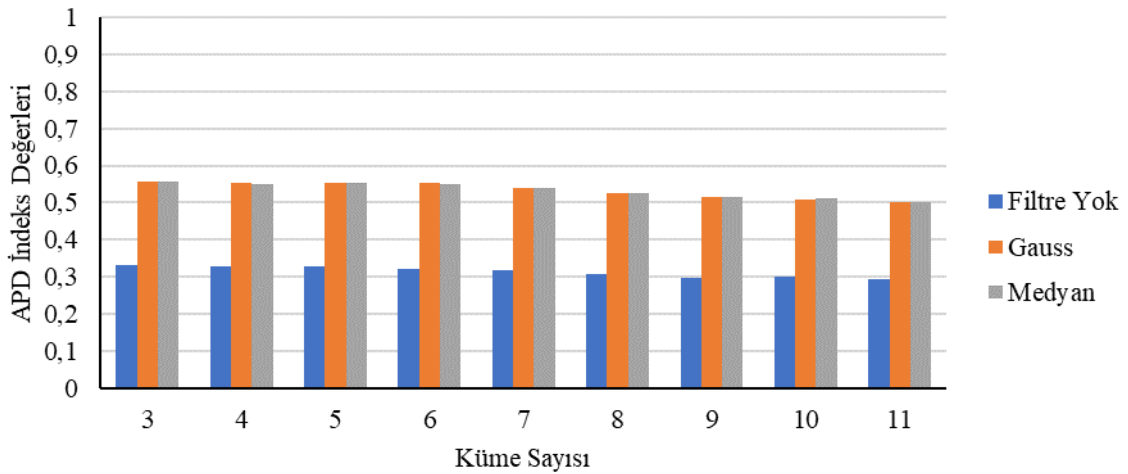
APD geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 65'te gösterilmiştir.



Şekil 65. APD geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 65 incelendiğinde, her bir uzaklık için en düşük kümeleme başarımının herhangi bir ön işlem uygulanmadığı durumda görüldüğü, ön işlem yöntemlerinin etkilerinin ise neredeyse aynı olduğu görülmektedir. APD geçerlilik indeksine göre, her bir ön işlem yöntemine göre en başarılı kümeleme performansı Kosinüs uzaklık ölçütü kullanıldığında, en düşük kümeleme performansı ise Mahalanobis uzaklık ölçütü kullanıldığında görülmektedir.

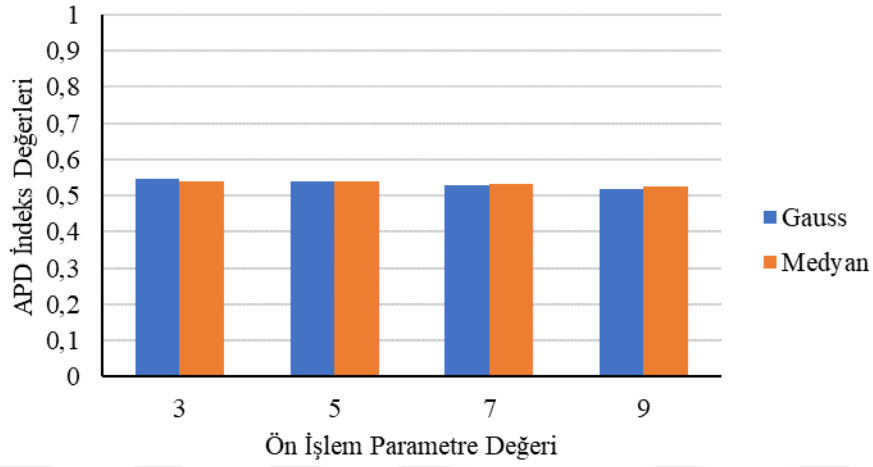
APD geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 66'da gösterilmiştir.



Şekil 66. APD geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 66'daki grafik incelendiğinde, tezde ele alınan iki ön işlem yöntemi uygulandığında veya herhangi bir ön işlem uygulanmadığındaki kümeleme performansları üzerinde küme sayılarının etkilerinin neredeyse aynı olduğu söylenebilir. Ayrıca, APD kümeleme geçerlilik indeksine göre her bir küme sayısı için en düşük başarılı kümeleme performansının herhangi bir ön işlem uygulanmadığında elde edildiği görülmektedir.

APD geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 67'de gösterilmiştir.



Şekil 67. APD geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 67 incelendiğinde APD geçerlilik indeksine göre başarımlarda, her bir ön işlem yöntemi için, ön işlem parametre değerlerinin gösterdiği etkilerin neredeyse aynı olduğu görülmektedir.

3.1.8. HORT Kümeleme Geçerlilik İndeksine Göre Başarımlar

Önerilen sistem ile yapılan kümeleme deneylerinin başarımları PC, P, SC, ZSC, XB, PBMF ve APD kümeleme geçerlilik indeksleri ile değerlendirilmiştir. Fakat her geçerlilik indeksi kümeleme sonuçlarının farklı özelliklerine odaklandığından küme geçerlilik indeksleri açısından en iyi kümeleme yöntemlerini seçmek zor olmaktadır. Bu sorunu ortadan kaldırmak için farklı bulanık kümeleme indekslerinin entegrasyonunu kullanarak kümeleme başarımlarını değerlendirmek için yeni bir yöntem önerilmiştir. Ele alınan 7 kümeleme geçerlilik indeksinin harmonik ortalamasını kullanan yeni bir metrik (HORT) geliştirilmiştir.

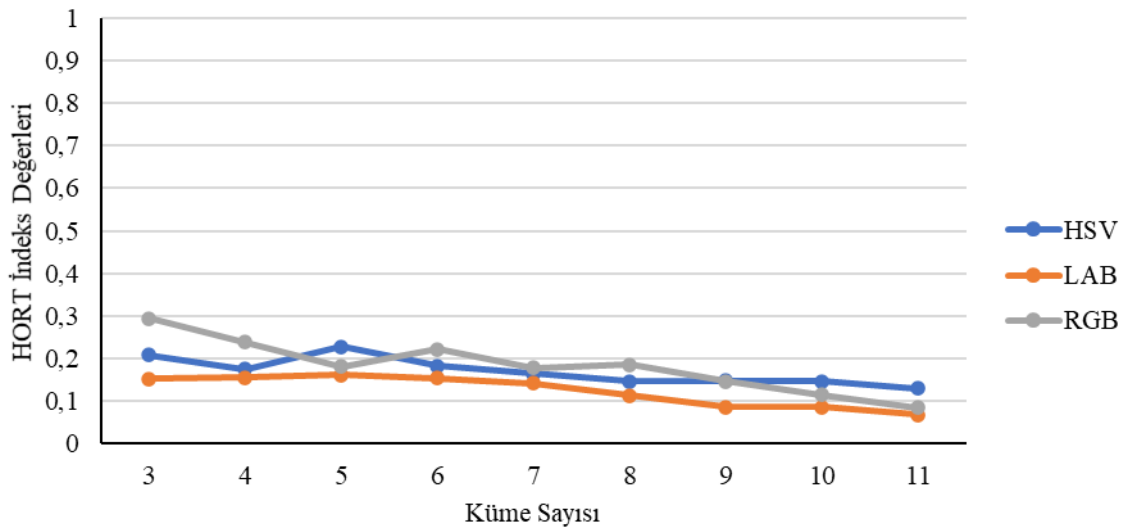
Yapılan kümelendirme deneyleri sonucunda, HORT kümeleme geçerlilik indeksi için en yüksek değeri veren ilk 10 kümeleme deneyi sonuçları Tablo 15'te verilmiştir.

Tablo 15. HORT indeksine göre en başarılı ilk 10 deney

Renk Uzayı	Uzaklık Ölçütü	Filtre	Filtre Parametresi	Küme Sayısı	HORT
RGB	Kosinüs	Gauss	3	6	0,484070
RGB	Kosinüs	Medyan	3	6	0,482945
RGB	Kosinüs	Gauss	5	6	0,481920
RGB	Kosinüs	Medyan	5	6	0,448147
RGB	Kosinüs	Medyan	7	6	0,445443
RGB	Mahalanobis	Gauss	3	3	0,414457
RGB	Mahalanobis	Gauss	5	3	0,412920
RGB	Mahalanobis	Medyan	5	3	0,412872
RGB	Mahalanobis	Medyan	7	3	0,412445
RGB	Mahalanobis	Medyan	3	3	0,411939

Tablo 15 incelendiğinde, HORT kümeleme geçerlilik indeksine göre en başarılı kümeleme deneyinin, RGB renk uzayında, bulanık kümeleme yaklaşımında uzaklık ölçüsü olarak Kosinüs uzaklığı kullanıldığında, $\sigma = 3$ parametrelili Gauss filtresi kullanıldığında ve küme sayısı 6 olarak belirlendiğinde elde edildiği görülmektedir.

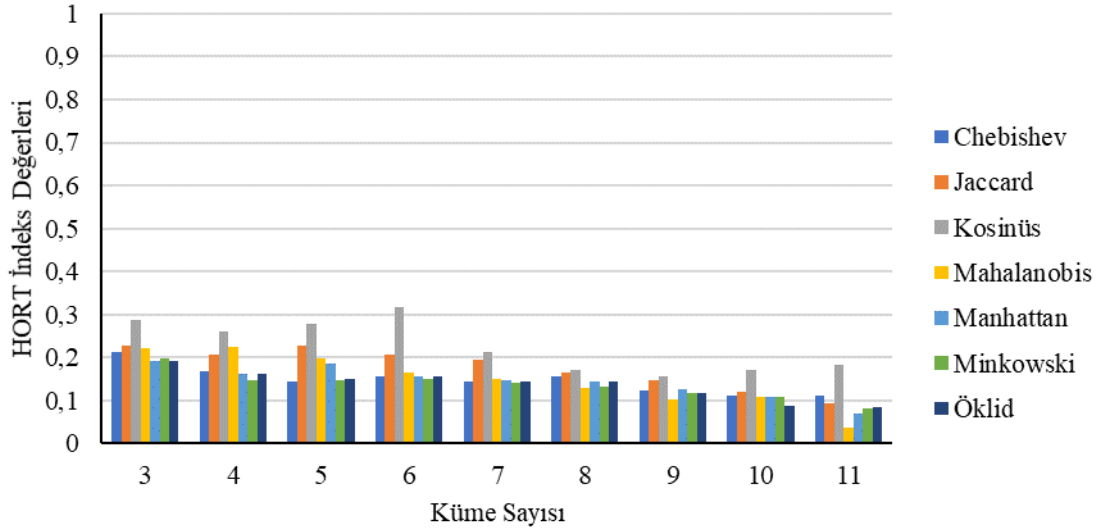
HORT kümeleme geçerlilik indeksine göre, farklı küme sayıları için her bir renk uzayının gösterdiği ortalama başarımlar Şekil 68'deki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 68. HORT geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları

Şekil 68'deki grafik incelendiğinde, RGB renk uzayı için en başarılı kümeleme deneyine küme sayısı 3 olarak, HSV ve LAB renk uzayları için ise küme sayısı 5 olarak alındığında ulaşıldığı görülmektedir.

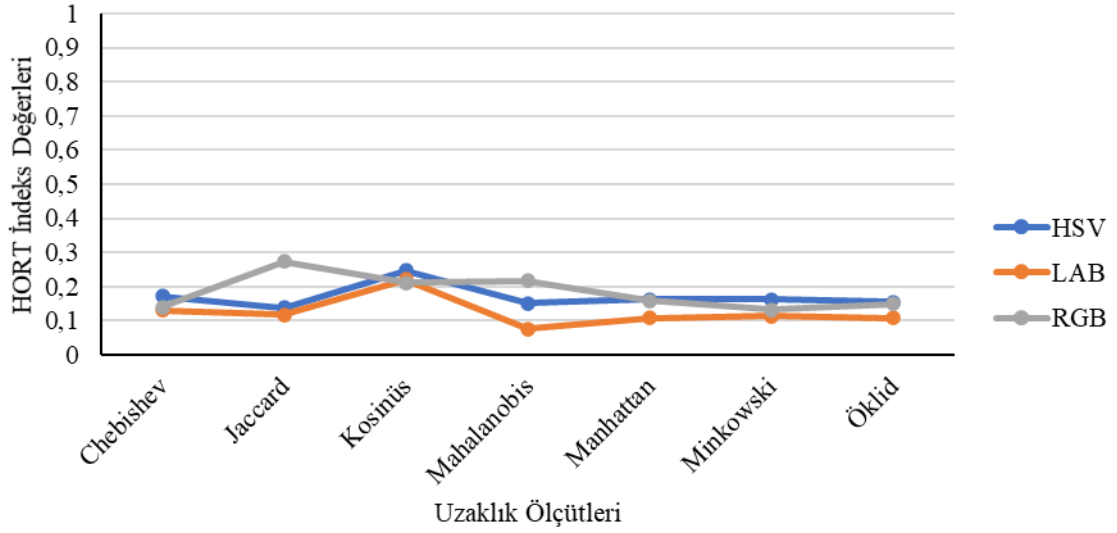
HORT kümeleme geçerlilik indeksine göre, farklı küme sayıları için her bir uzaklık ölçütünün gösterdiği ortalama başarımlar Şekil 69'daki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 69. HORT geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı küme sayılarına göre ortalama kümeleme başarımları

Şekil 69'daki grafik incelendiğinde, HORT kümeleme geçerlilik indeksine göre Kosinüs uzaklığı kullanıldığında en yüksek kümeleme başarımına küme sayısı 6 olarak alındığında ulaşıldığı görülmektedir.

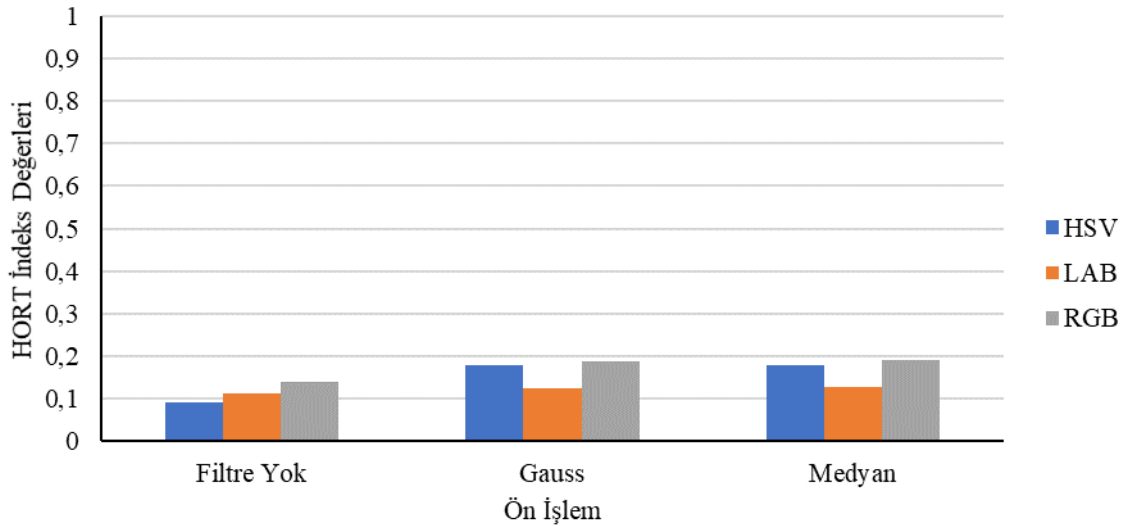
HORT geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 70'te gösterilmiştir.



Şekil 70. HORT geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı uzaklık ölçütlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 70 incelendiğinde, RGB renk uzayının Jaccard uzaklık ölçütü kullanıldığında, LAB ve HSV renk uzaylarının ise Kosinüs uzaklık ölçütü kullanıldığında en yüksek kümeleme başarımlarını gösterdiği görülmektedir.

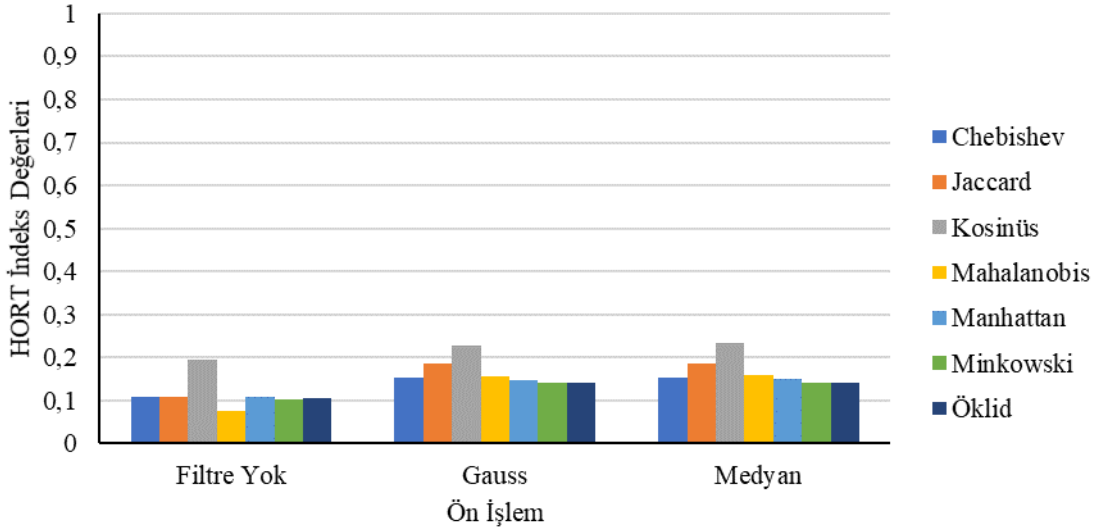
HORT geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 71’de gösterilmiştir.



Şekil 71. HORT geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayının farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 71 incelendiğinde, her bir renk uzayı için en düşük kümeleme başarımının herhangi bir ön işlem uygulanmadığı durumda görüldüğü, ön işlem yöntemlerinin etkilerinin ise neredeyse aynı olduğu görülmektedir. HORT geçerlilik indeksine göre, her bir ön işlem yöntemine göre en yüksek kümeleme başarımının RGB renk uzayında görüldüğü söylenebilir.

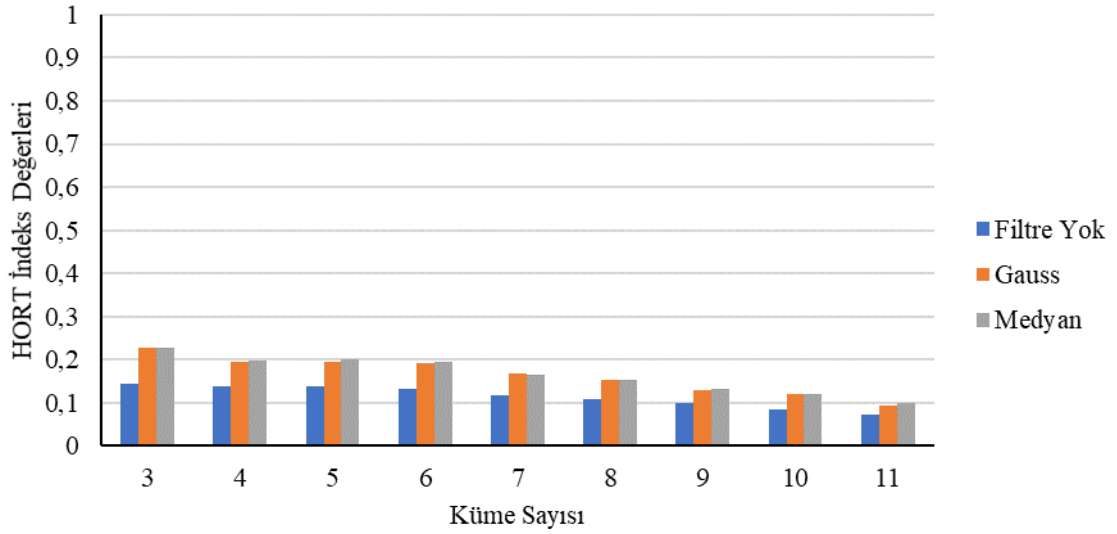
HORT geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 72’de gösterilmiştir.



Şekil 72. HORT geçerlilik indeksine göre her bir uzaklık ölçütünün farklı ön işleme yöntemlerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 72 incelendiğinde, her bir uzaklık için en düşük kümeleme başarımının herhangi bir ön işlem uygulanmadığı durumda görüldüğü, ön işlem yöntemlerinin etkilerinin ise neredeyse aynı olduğu görülmektedir. HORT geçerlilik indeksine göre, her bir ön işlem yöntemine göre en yüksek kümeleme performansının, Kosinüs uzaklık ölçütü kullanıldığında elde edildiği görülmektedir.

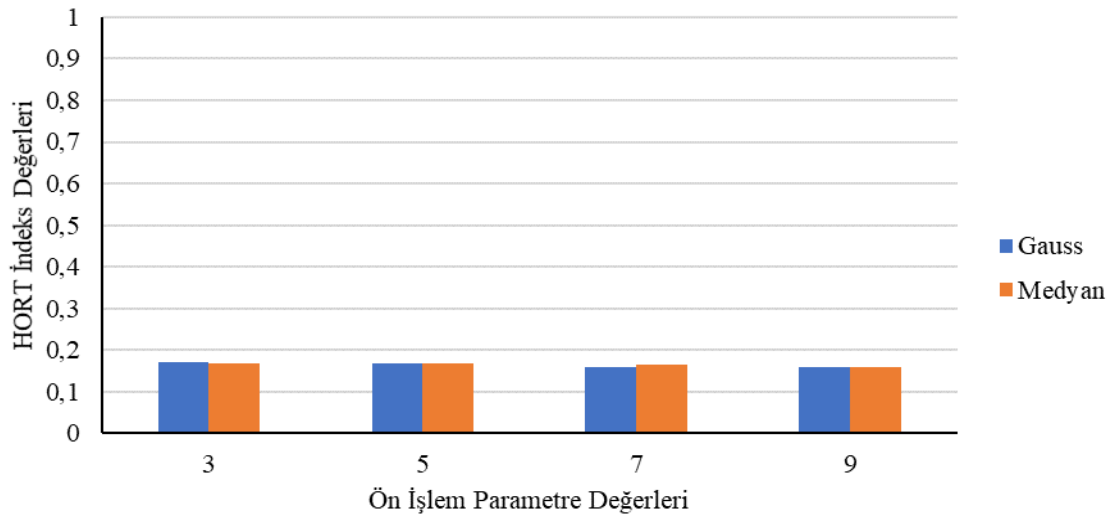
HORT geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 73’te gösterilmiştir.



Şekil 73. HORT geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı küme sayılarında gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 73'teki grafik incelendiğinde, tezde ele alınan iki ön işlem yöntemi uygulandığında veya herhangi bir ön işlem uygulanmadığında HORT kümeleme geçerlilik indeksine göre en başarılı deneylerin küme sayısı 3 olarak alındığında elde edildiği, küme sayısı arttıkça kümeleme başarımlarının azaldığı görülmektedir.

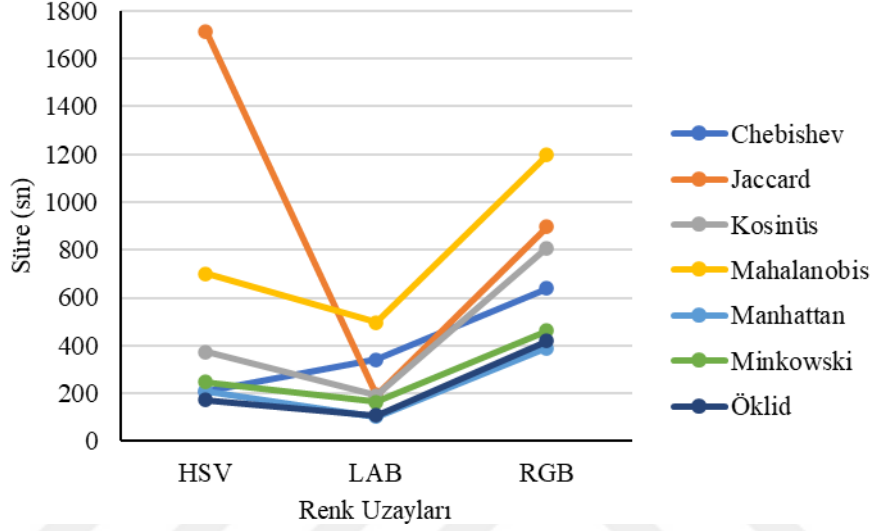
HORT geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar Şekil 74'te gösterilmiştir.



Şekil 74. HORT geçerlilik indeksine göre her bir ön işleme yönteminin farklı ön işlem parametrelerinde gösterdikleri ortalama başarımlar

Şekil 74 incelendiğinde HORT geçerlilik indeksine göre başarımlarda, her bir ön işlem yöntemi için, ön işlem parametre değerlerinin gösterdiği etkilerin neredeyse aynı olduğu görülmektedir.

HORT geçerlilik indeksine göre her bir renk uzayında her bir uzaklık ölçeği için ortalama işlem süreleri Şekil 75'te gösterilmiştir.









Şekil 75. Her bir renk uzayında her bir uzaklık ölçeği için ortalama işlem süreleri

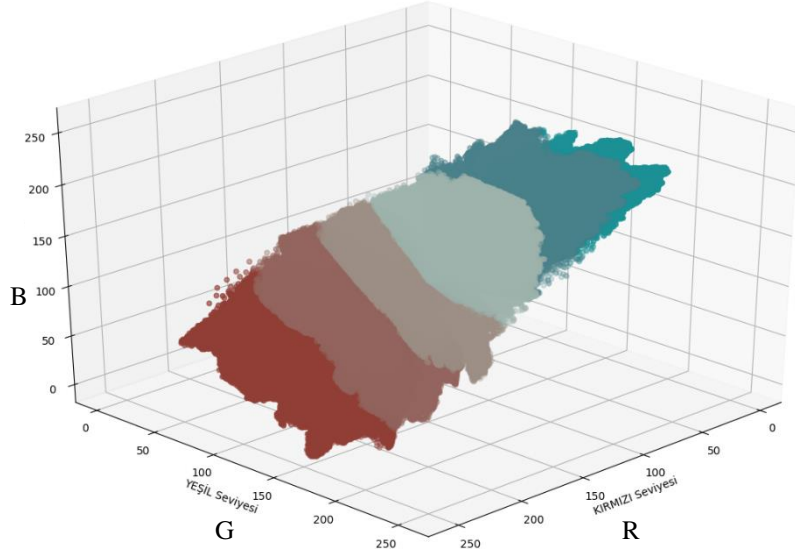
Şekil 75 incelendiğinde, en hızlı kümeleme deneylerinin LAB renk uzayında, Manhattan uzaklık ölçütü kullanıldığında elde edildiği görülmektedir. Chebishev uzaklık ölçütü hariç diğer bütün uzaklık ölçütlerinde en hızlı kümeleme deneyi LAB renk uzayında elde edilmektedir.

Yanık görüntülerinin kümelenmesinde, HORT geçerlilik indeksine göre, her bir renk uzayı için en başarılı deneylerin sonuçları Tablo 15, Tablo 16 ve Tablo 17'de, her bir uzaklık ölçütü için en başarılı deneylerin sonuçları Tablo 18, Tablo 19, Tablo 20, Tablo 21, Tablo 22, Tablo 23 ve Tablo 24'te verilmiştir. Görüntüler, küme merkezleri tarafından belirlenen sözde renkler (pseudo) kullanılarak renklendirilmiştir.

Tablo 16. RGB renk uzayı için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deneylerin sonuçları







	Görüntü 1	Görüntü 2	Görüntü 3
Orijinal			
Uzaklık Ölçütü: Kosinüs Renk Uzayı: RGB Ön İşlem: Gauss Filtresi Ön İşlem Parametresi: 3 Küme Sayısı: 6 V_{HORT} : 0,484070			

Yanık görüntülerinin kümelenmesinde, HORT geçerlilik indeksine göre, RGB renk uzayı kullanıldığında, en başarılı bulanık kümeleme deneyinin, uzaklık ölçütü olarak Kosinüs uzaklık ölçütü, ön işlem olarak $\sigma = 3$ parametrelili Gauss filtresi ve küme sayısı 6 olarak alındığında elde edildiği belirlenmiştir. Bu parametreler kullanılarak gerçekleştirilen deney sonucundaki kümelemenin 3 boyutlu gösterimi Şekil 76'da gösterilmiştir.

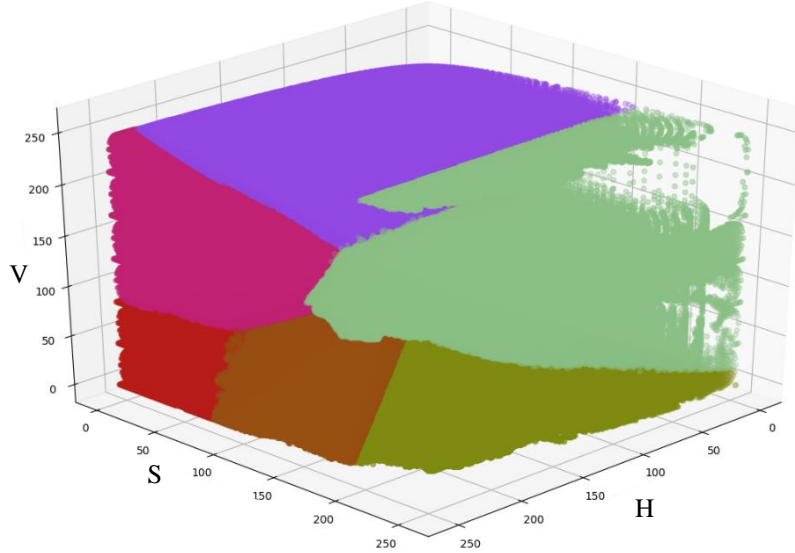


Şekil 76. RGB renk uzayı için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney sonucundaki kümelerin 3 boyutlu gösterimi

Tablo 17. HSV renk uzayı için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney parametreleri ve örnek kümelenmiş görüntüler







	Görüntü 1	Görüntü 2	Görüntü 3
Orijinal			
Renk Uzayı: HSV Uzaklık Ölçütü: Kosinüs Ön İşlem: Medyan Filtresi Ön İşlem Parametresi: 7 Küme Sayısı: 6 V_{HORT} : 0,367613			

Yanık görüntülerinin kümeleneğinde, HORT geçerlilik indeksine göre, HSV renk uzayı kullanıldığında, en başarılı bulanık kümeleme deneyinin, uzaklık ölçüsü olarak Kosinüs uzaklığı, ön işlem olarak pencere boyutu parametresi 7 olan Medyan filtresi ve küme sayısı 6 olarak alındığında elde edildiği belirlenmiştir. Bu parametreler kullanılarak gerçekleştirilen deney sonucundaki kümelemenin 3 boyutlu gösterimi Şekil 77'de gösterilmiştir.

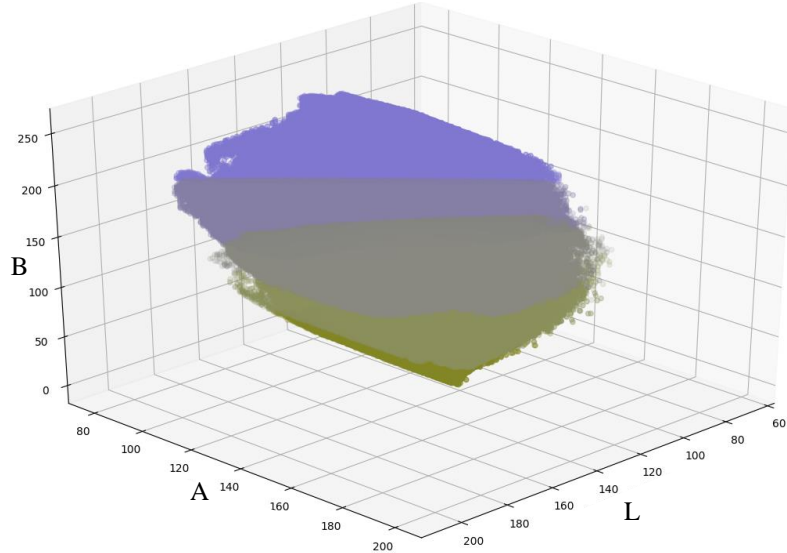


Şekil 77. HSV renk uzayı için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney sonucundaki kümelerin 3 boyutlu gösterimi

Tablo 18. LAB renk uzayı için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney parametreleri ve örnek kümelenmiş görüntüler







	Görüntü 1	Görüntü 2	Görüntü 3
Orijinal			
Renk Uzayı: LAB Uzaklık Ölçütü: Kosinüs Ön İşlem: Medyan Filtresi Ön İşlem Parametresi: 3 Küme Sayısı: 5 V_{HORT} : 0,314183			

Yanık görüntülerinin kümelenmesinde, HORT geçerlilik indeksine göre, LAB renk uzayı kullanıldığında, en başarılı bulanık kümeleme deneyimim, uzaklık ölçüsü olarak Kosinüs uzaklığı, ön işlem olarak pencere boyutu parametresi 3 olan Medyan filtresi ve küme sayısı 5 olarak alındığında elde edildiği belirlenmiştir. Bu parametreler kullanılarak gerçekleştirilen deney sonucundaki kümelemenin 3 boyutlu gösterimi Şekil 78'de gösterilmiştir.

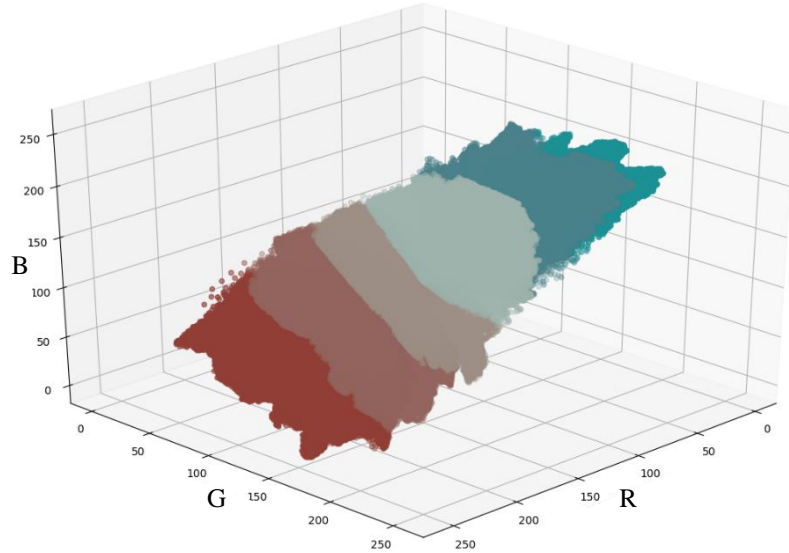


Şekil 78. LAB renk uzayı için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney sonucundaki kümelerin 3 boyutlu gösterimi

Tablo 19. Kosinüs uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deneylerin sonuçları







	Görüntü 1	Görüntü 2	Görüntü 3
Orijinal			
Uzaklık Ölçütü: Kosinüs Renk Uzayı: RGB Ön İşlem: Gauss Filtresi Ön İşlem Parametresi: 3 Küme Sayısı: 6 V_{HORT} : 0,484070			

Yanık görüntülerinin kümelenmesinde, HORT geçerlilik indeksine göre, Kosinüs uzaklık ölçütü kullanıldığında, en başarılı bulanık kümeleme deneyinin, renk uzayı olarak RGB renk uzayı kullanıldığında, ön işlem olarak $\sigma = 3$ parametrelili Gauss filtresi ve küme sayısı 6 olarak alındığında elde edildiği belirlenmiştir. Bu parametreler kullanılarak gerçekleştirilen deney sonucundaki kümelemenin 3 boyutlu gösterimi Şekil 79'da gösterilmiştir.

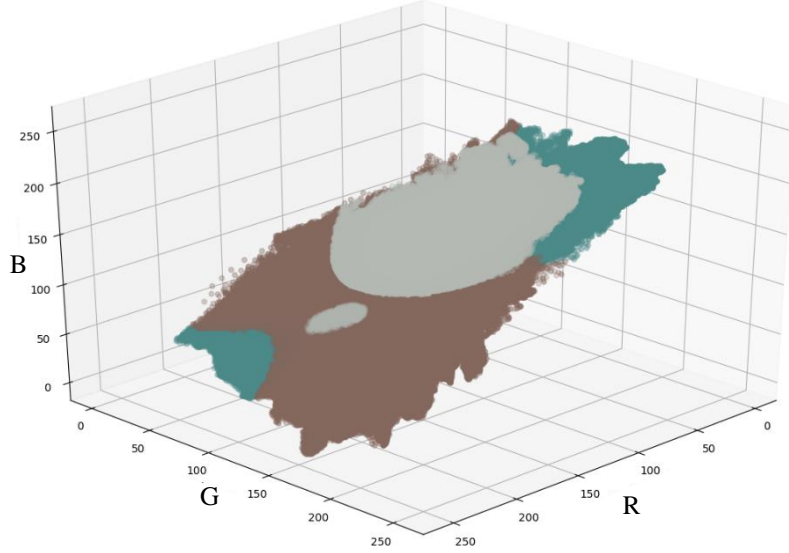


Şekil 79. Kosinüs uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney sonucundaki kümelerin 3 boyutlu gösterimi

Tablo 20. Mahalanobis uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deneylerin sonuçları







	Görüntü 1	Görüntü 2	Görüntü 3
Orijinal			
Uzaklık Ölçütü: Mahalanobis Renk Uzayı: RGB Ön İşlem: Gauss Filtresi Ön İşlem Parametresi: 3 Küme Sayısı: 3 $V_{HORT}: 0,414457$			

Yanık görüntülerinin kümelенmesinde, HORT geçerlilik indeksine göre, Mahalanobis uzaklık ölçütü kullanıldığında, en başarılı bulanık kümeleme deneyinin, renk uzayı olarak RGB renk uzayı, ön işlem olarak $\sigma = 3$ parametrelili Gauss filtresi ve küme sayısı 3 olarak alındığında elde edildiği belirlenmiştir. Bu parametreler kullanılarak gerçekleştirilen deney sonucundaki kümelemenin 3 boyutlu gösterimi Şekil 80'de gösterilmiştir.

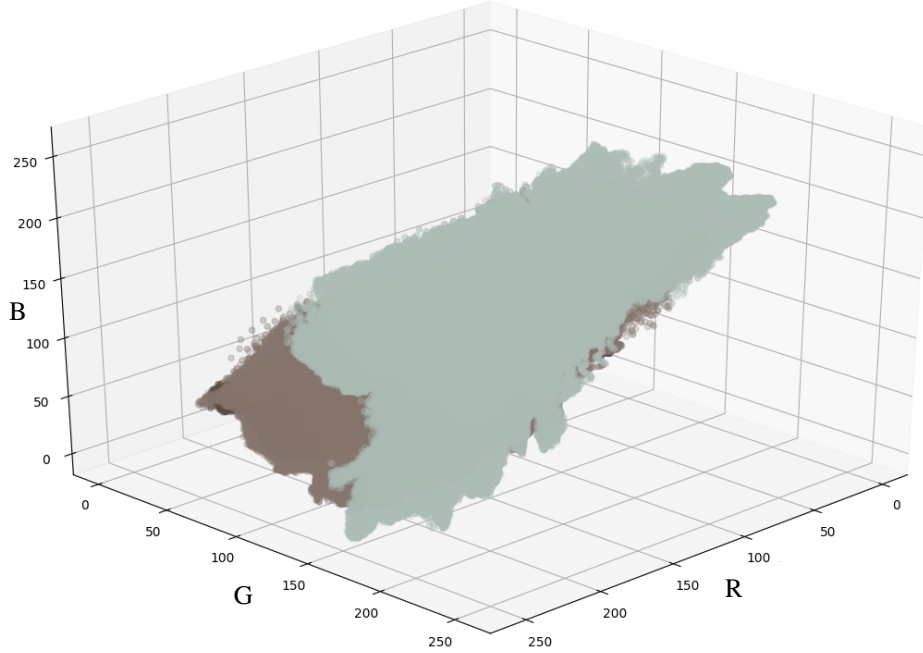


Şekil 80. Mahalanobis uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney sonucundaki kümelerin 3 boyutlu gösterimi

Tablo 21. Jaccard uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deneylerin sonuçları







	Görüntü 1	Görüntü 2	Görüntü 3
Orijinal			
Uzaklık Ölçütü: Jaccard Renk Uzayı: RGB Ön İşlem: Gauss Filtresi Ön İşlem Parametresi: 3 Küme Sayısı: 3 V_{HORT} : 0,388407			

Yanık görüntülerinin kümelenmesinde, HORT geçerlilik indeksine göre, Jaccard uzaklık ölçütü kullanıldığında, en başarılı bulanık kümeleme deneyinin, renk uzayı olarak RGB renk uzayı, ön işlem olarak $\sigma = 3$ parametrelili Gauss filtresi ve küme sayısı 3 olarak alındığında elde edildiği belirlenmiştir. Bu parametreler kullanılarak gerçekleştirilen deney sonucundaki kümelemenin 3 boyutlu gösterimi Şekil 83'te gösterilmiştir.

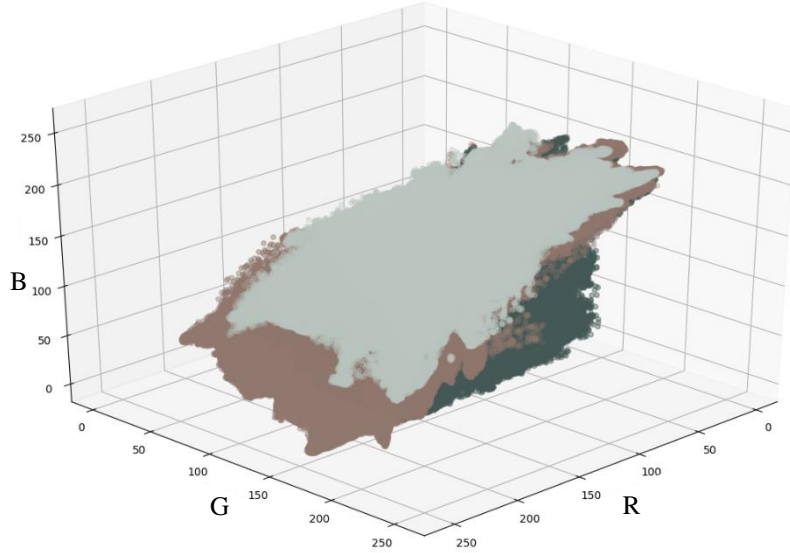


Şekil 81. Jaccard uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney sonucundaki kümelerin 3 boyutlu gösterimi

Tablo 22. Chebishev uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deneylerin sonuçları





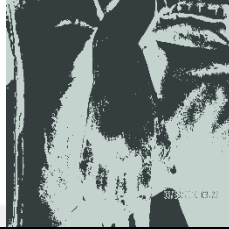

	Görüntü 1	Görüntü 2	Görüntü 3
Orijinal			
Uzaklık Ölçütü: Chebishev Renk Uzayı: RGB Ön İşlem: Medyan Filtresi Ön İşlem Parametresi: 7 Küme Sayısı: 3 V_{HORT} : 0,285990			

Yanık görüntülerinin kümelenmesinde, HORT geçerlilik indeksine göre, Chebishev uzaklık ölçütü kullanıldığında, en başarılı bulanık kümeleme deneyinin, renk uzayı olarak RGB renk uzayı, ön işlem olarak pencere boyutu parametresi 7 olan Medyan filtresi ve küme sayısı 3 olarak alındığında elde edildiği belirlenmiştir. Bu parametreler kullanılarak gerçekleştirilen deney sonucundaki kümelemenin 3 boyutlu gösterimi Şekil 82'de gösterilmiştir.

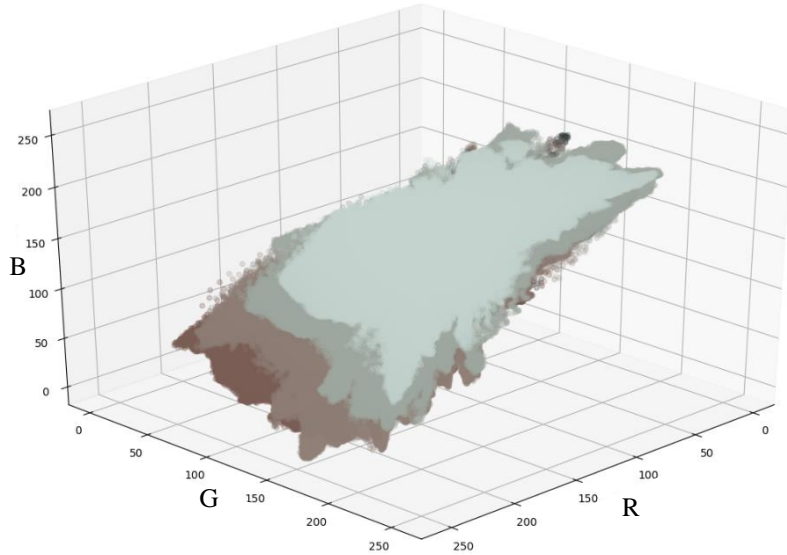


Şekil 82. Chebishev uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney sonucundaki kümelerin 3 boyutlu gösterimi

Tablo 23. Manhattan uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deneylerin sonuçları







	Görüntü 1	Görüntü 2	Görüntü 3
Orijinal			
Uzaklık Ölçütü: Manhattan Renk Uzayı: RGB Ön İşlem: Gauss Filtresi Ön İşlem Parametresi: 3 Küme Sayısı: 5 V_{HORT} : 0,256090			

Yanık görüntülerinin kümelenmesinde, HORT geçerlilik indeksine göre, Manhattan uzaklık ölçütü kullanıldığında, en başarılı bulanık kümeleme deneyinin, renk uzayı olarak RGB renk uzayı, ön işlem olarak $\sigma = 3$ parametrelili Gauss filtresi ve küme sayısı 5 olarak alındığında elde edildiği belirlenmiştir. Bu parametreler kullanılarak gerçekleştirilen deney sonucundaki kümelemenin 3 boyutlu gösterimi Şekil 83'te gösterilmiştir.

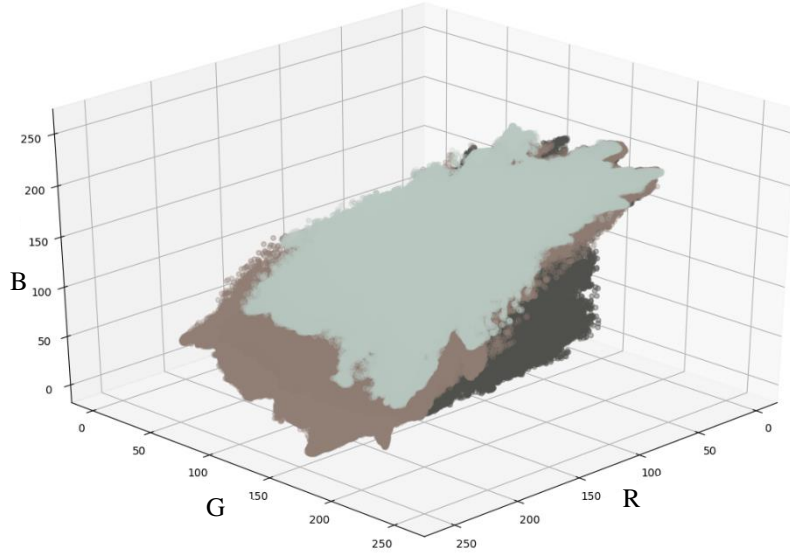


Şekil 83. Manhattan uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney sonucundaki kümelerin 3 boyutlu gösterimi

Tablo 24. Minkowski uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deneylerin sonuçları







	Görüntü 1	Görüntü 2	Görüntü 3
Orijinal			
Uzaklık Ölçütü: Minkowski Renk Uzayı: RGB Ön İşlem: Medyan Filtresi Ön İşlem Parametresi: 7 Küme Sayısı: 3 V_{HORT} : 0,251740			

Yanık görüntülerinin kümelenmesinde, HORT geçerlilik indeksine göre, Minkowski uzaklık ölçütü kullanıldığında, en başarılı bulanık kümeleme deneyinin, renk uzayı olarak RGB renk uzayı, ön işlem olarak pencere boyutu parametresi 7 olan Medyan filtresi ve küme sayısı 3 olarak alındığında elde edildiği belirlenmiştir. Bu parametreler kullanılarak gerçekleştirilen deney sonucundaki kümelemenin 3 boyutlu gösterimi Şekil 84'te gösterilmiştir.

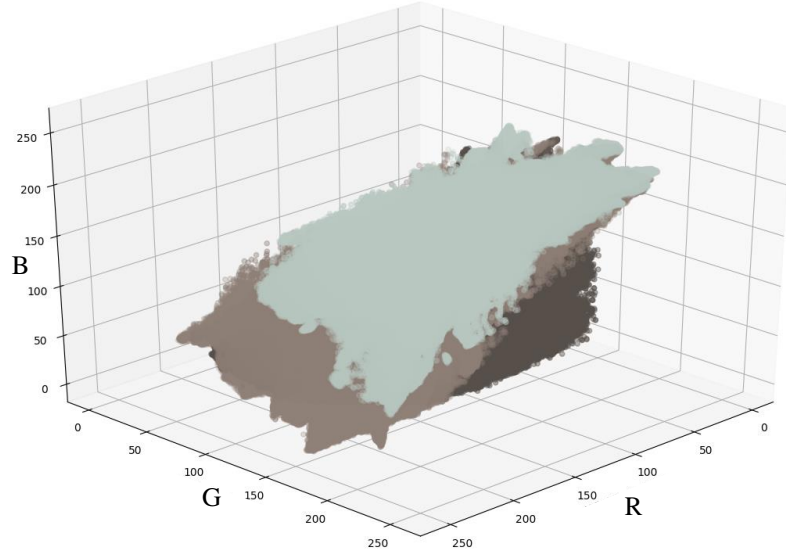


Şekil 84. Minkowski uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney sonucundaki kümelerin 3 boyutlu gösterimi

Tablo 25. Öklid uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deneylerin sonuçları

	Görüntü 1	Görüntü 2	Görüntü 3
Orijinal			
Uzaklık Ölçütü: Öklid Renk Uzayı: RGB Ön İşlem: Medyan Filtresi Ön İşlem Parametresi: 9 Küme Sayısı: 3 V_{HORT} : 0,247793			

Yanık görüntülerinin kümeleneğinde, HORT geçerlilik indeksine göre, Öklid uzaklık ölçütü kullanıldığında, en başarılı bulanık kümeleme deneyinin, renk uzayı olarak RGB renk uzayı, ön işlem olarak pencere boyutu parametresi 9 olan Medyan filtresi ve küme sayısı 3 olarak alındığında elde edildiği belirlenmiştir. Bu parametreler kullanılarak gerçekleştirilen deney sonucundaki kümelemenin 3 boyutlu gösterimi Şekil 85'te gösterilmiştir.



Şekil 85. Öklid uzaklık ölçütü için HORT'a göre kümelemede en başarılı olan deney sonucundaki kümelerin 3 boyutlu gösterimi

4. SONUÇLAR

Günümüzde yanık yarasına sahip hastaların tedavilerinde en önemli adım yanık yüzey alanının belirlenmesidir. Bu alanın belirlenmesinde yapılacak hata, hastaya uygulanacak tedavinin verimli olamamasına neden olacaktır. Yanık yüzey alanının belirlenmesinde kullanılan literatürdeki yöntemler kesin sonuç verememekte, belirlenen yüzdelikler uzmandan uzmana değişebilmektedir. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için bilgisayar destekli objektif bir karar verme yöntemi gerekmektedir. Sunulan tezde, bu karar verme sisteminin ilk adımı olan yanık yara görüntülerinin kümelenmesi üzerine çalışmalara yer verilmiştir.

Bu tez kapsamında, yanık bölgesi tanımlama problemi için, en iyi bulanık kümeleme yaklaşımının, uygun parametrelerle belirlenmesi amaçlanmıştır. Küme merkezlerini ve optimum parametreleri bulmak için bir eğitim setini kullanan yeni bir sistem önerilmiştir. Bu sistem eğitim setindeki görüntüleri, görüntülerdeki nesnelerin renk dağılımlarını öğrenmek için birleştirerek kümeleme işlemi gerçekleştirmektedir. Her ne kadar elde edilen görüntülerin bir çekilme standardı olmasa da resimlerdeki objeler büyük bir çoğunlukta aynı olduğundan (cerrahi eldivenler, yatak örtüleri, metal aksamlar, vb.) önerilen yaklaşımın yüksek başarımla elde edeceği ön görülmüş ve gerçekleştirilen deneyler sonucunda bu sav doğrulanmıştır. Bu sayede, eğitim görüntülerini değiştirerek kendini uyarlayabilen bulanık bir öğrenme sistemi elde edilmiştir.

Sunulan tez çalışmasında, yanık veri setinde yer alan 120 adet görüntünün bulanık kümelenmesi için bir sistem önerilmiştir. İlk aşamada, görüntüler test ve eğitim görüntüleri olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Ardından eğitim görüntülerine farklı σ ve pencere boyutları ile sırası ile Gauss ve Medyan bulanıklaştırma filtreleri uygulanmıştır. Hangi filtrenin hangi parametre ile yanık yara görüntülerinin kümelenmesinde daha başarılı olduğu araştırılmıştır. Görüntülerin son halleri birleştirilip tek bir veri seti elde edilmiştir. Elde edilen büyük görüntü RGB, HSV ve LAB renk uzaylarında BCO yöntemi ile kümelenmiştir. Hangi renk uzayının kümelenmede daha başarılı olduğu araştırılmıştır. Öklid uzaklığı kullanan klasik BCO yaklaşımına ek olarak Mahalanobis, Minkowski, Chebishev, Jaccard, Manhattan ve Kosinüs uzaklık ölçütleri kullanan BCO yaklaşımları da denenmiştir. Hangi uzaklık ölçüsünün kümelemede daha başarılı olduğu araştırılmıştır. Elde edilen sonuçların hangisinin daha başarılı olduğunun belirlenmesinde literatürde bulunan PC, PE, MPC, P,

SC, ZSC, PBMF, FHV APD ve XB kümeleme geçerlilik indeksleri kullanılmıştır. Kümeleme geçerlilik indeksleri arasındaki korelasyon incelenmiş ve PC-PE (-0,981), PE-MPC (-0,897) ve APD-FHV (-0,881) arasında negatif yönlü yüksek bir korelasyon PC-MPC (0,961) arasında ise pozitif yönlü yüksek korelasyon tespit edilmiştir. Yüksek doğrulukta bir sonuç elde etmek için PE, MPC ve FHV indeksleri hesaplamadan çıkarılmıştır. Farklı bulanık kümeleme indekslerinin entegrasyonunu kullanarak kümeleme doğruluğunu değerlendirmek için yeni bir yöntem önerilmiştir. Her geçerlilik indeksi kümeleme sonuçlarının farklı özelliklerine odaklandığından, küme geçerlilik indeksleri açısından en iyi kümeleme yöntemlerini seçmek zor olabilir. Bu sorunun üstesinden gelmek için elde kalan 7 başarılı geçerlilik indeksinin harmonik ortalamasını kullanan yeni bir metrik (HORT) geliştirilmiştir.

HORT kümeleme geçerlilik indeksine göre en başarılı kümeleme deneyinin, RGB renk uzayında, bulanık kümeleme yaklaşımında uzaklık ölçüsü olarak Kosinüs uzaklığı kullanıldığında, $\sigma = 3$ parametrelili Gauss filtresi kullanıldığında ve küme sayısı 6 olarak belirlendiğinde elde edildiği tespit edilmiştir.

Deneyler CPU ve GPU'da çalıştırılmış, paralel hesaplama yetenekleri sayesinde, GPU'nun çok daha hızlı çalışabildiği görülmüştür. Ayrıca en hızlı kümeleme deneylerinin LAB renk uzayında, Öklid uzaklık ölçütü kullanıldığında elde edildiği ve Chebishev uzaklık ölçütü hariç diğer bütün uzaklık ölçütlerinde en hızlı kümeleme deneyi LAB renk uzayında elde edildiği tespit edilmiştir.

Kümeleme için kullanılan ve başarımı araştırılan 5 parametre (uzaklık ölçütü, renk uzayı, önişlem yöntemi, ön işlem parametresi ve küme sayısı) ayrı ayrı da değerlendirilmiştir.

- Küme sayılarına göre renk uzaylarının performansları, her bir küme sayısı için deneylerden elde edilen ortalama kümeleme indeks değerlerine göre karşılaştırıldığında, RGB renk uzayı için en başarılı kümeleme deneyine küme sayısı 3 olarak, HSV ve LAB renk uzayları için ise küme sayısı 5 olarak alındığında ulaşıldığı
- Küme sayısına göre uzaklık ölçütlerinin performansları, her bir küme sayısı için deneylerden elde edilen ortalama kümeleme indeks değerlerine göre karşılaştırıldığında, Kosinüs uzaklığı kullanıldığında en yüksek kümeleme başarımına küme sayısı 6 olarak alındığında ulaşıldığı,

- Uzaklık ölçütlerine göre renk uzaylarının performansları, her bir uzaklık ölçütü için deneylerden elde edilen ortalama kümeleme indeks değerlerine göre karşılaştırıldığında, RGB renk uzayının Jaccard uzaklık ölçütü kullanıldığında, LAB ve HSV renk uzaylarının ise Kosinüs uzaklık ölçütü kullanıldığında en yüksek kümeleme başarımı gösterdiği,
- Ön işlem yöntemlerine göre renk uzaylarının performansları, her bir ön işlem yöntemi için deneylerden elde edilen ortalama kümeleme indeks değerlerine göre karşılaştırıldığında, her bir renk uzayı için en düşük kümeleme başarımının herhangi bir ön işlem uygulanmadığı durumda görüldüğü, ön işlem yöntemlerinin etkilerinin ise neredeyse aynı olduğu ve her bir ön işlem yöntemine göre en başarılı performansın RGB renk uzayında görüldüğü,
- Ön işlem yöntemlerine göre uzaklık ölçütlerinin performansları, her bir ön işlem yöntemi için deneylerden elde edilen ortalama kümeleme indeks değerlerine göre karşılaştırıldığında, her bir uzaklık için en düşük kümeleme başarımının herhangi bir ön işlem uygulanmadığı durumda görüldüğü, ön işlem yöntemlerinin etkilerinin ise neredeyse aynı olduğu ve her bir ön işlem yöntemine göre en yüksek kümeleme performansının Kosinüs uzaklık ölçütü kullanıldığında görüldüğü,
- Küme sayılarına göre ön işlem yöntemlerinin performansları, her bir küme sayısı için deneylerden elde edilen ortalama kümeleme indeks değerlerine göre karşılaştırıldığında, tezde ele alınan iki ön işlem yöntemi için veya herhangi bir ön işlem yapılmadığında HORT kümeleme geçerlilik indeksine göre en başarılı deneylerin küme sayısı 3 olarak alındığında elde edildiği ve küme sayısı arttıkça kümeleme başarımlarının azaldığı,
- Ön işlem parametre değerlerine göre ön işlem yöntemlerinin performansları, her bir ön işlem parametre değeri için deneylerden elde edilen ortalama kümeleme indeks değerlerine göre karşılaştırıldığında, her bir ön işlem yöntemi için, ön işlem parametre değerlerinin gösterdiği etkilerin neredeyse aynı olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca, yanık görüntülerinin bulanık kümelenmesinde, HORT geçerlilik indeksine göre, her bir renk uzayı ve her bir uzaklık ölçütü için en başarılı deneyler incelenmiştir.

Her bir renk uzayı için en başarılı kümeleme deneylerinde;

- RGB renk uzayı kullanıldığında, en başarılı bulanık kümeleme deneyinin, uzaklık ölçütü olarak Kosinüs uzaklık ölçütü, ön işlem olarak $\sigma = 3$ parametrelili Gauss filtresi ve küme sayısı 6 olarak alındığında elde edildiği,
- HSV renk uzayı kullanıldığında, en başarılı bulanık kümeleme deneyinin, uzaklık ölçüsü olarak Kosinüs uzaklığı, ön işlem olarak pencere boyutu parametresi 7 olan Medyan filtresi ve küme sayısı 6 olarak alındığında elde edildiği,
- LAB renk uzayı kullanıldığında, en başarılı bulanık kümeleme deneyinin, uzaklık ölçüsü olarak Kosinüs uzaklığı, ön işlem olarak pencere boyutu parametresi 3 olan Medyan filtresi ve küme sayısı 5 olarak alındığında elde edildiği tespit edilmiştir.

Her bir uzaklık ölçütü için en başarılı kümeleme deneylerinde;

- Kosinüs uzaklık ölçütü kullanıldığında, en başarılı bulanık kümeleme deneyinin, renk uzayı olarak RGB renk uzayı kullanıldığında, ön işlem olarak $\sigma = 3$ parametrelili Gauss filtresi ve küme sayısı 6 olarak alındığında elde edildiği,
- Mahalanobis uzaklık ölçütü kullanıldığında, en başarılı bulanık kümeleme deneyinin, renk uzayı olarak RGB renk uzayı, ön işlem olarak $\sigma = 3$ parametrelili Gauss filtresi ve küme sayısı 3 olarak alındığında elde edildiği,
- Jaccard uzaklık ölçütü kullanıldığında, en başarılı bulanık kümeleme deneyinin, renk uzayı olarak RGB renk uzayı, ön işlem olarak $\sigma = 3$ parametrelili Gauss filtresi ve küme sayısı 3 olarak alındığında elde edildiği,
- Chebishev uzaklık ölçütü kullanıldığında, en başarılı bulanık kümeleme deneyinin, renk uzayı olarak RGB renk uzayı, ön işlem olarak pencere boyutu parametresi 7 olan Medyan filtresi ve küme sayısı 3 olarak alındığında elde edildiği,
- Manhattan uzaklık ölçütü kullanıldığında, en başarılı bulanık kümeleme deneyinin, renk uzayı olarak RGB renk uzayı, ön işlem olarak $\sigma = 3$ parametrelili Gauss filtresi ve küme sayısı 5 olarak alındığında elde edildiği,
- Minkowski uzaklık ölçütü kullanıldığında, en başarılı bulanık kümeleme deneyinin, renk uzayı olarak RGB renk uzayı, ön işlem olarak pencere boyutu parametresi 7 olan Medyan filtresi ve küme sayısı 3 olarak alındığında elde edildiği,

- Öklid uzaklık ölçütü kullanıldığında, en başarılı bulanık kümeleme deneyinin, renk uzayı olarak RGB renk uzayı, ön işlem olarak pencere boyutu parametresi 9 olan Medyan filtresi ve küme sayısı 3 olarak alındığında elde edildiği tespit edilmiştir.



5. ÖNERİLER

Sunulan tezde, Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi Yanık Birimi'nden tedarik edilen dijital yanık görüntülerinin kümelenmesi üzerinde bulanık kümeleme yaklaşımlarının başarımları incelenmiştir.

Yanık görüntülerinin bulanık kümeleme yöntemleri ile kümelenmesinde RGB renk uzayında, bulanık kümeleme yaklaşımında uzaklık ölçüsü olarak Kosinüs uzaklığı kullanıldığında, $\sigma = 3$ parametrelili Gauss filtresi kullanıldığında ve küme sayısı 6 alındığında daha iyi kümeleme sonuçları alınmıştır. Bu nedenle yanık üzerine yapılacak çalışmalarda bu parametrelerin kullanılması önerilmektedir.

Yanık yara görüntülerinin kümelenmesi deneylerinin çalışması uzun süreler almaktadır. Zaman karşılaştırması yapabilmek adına deneyler hem CPU hem de GPU hesaplama platformlarında çalıştırılmış, paralel hesaplama yetenekleri sayesinde, GPU'nun çok daha hızlı çalışabildiği görülmüştür. Bu yüzden yapılacak deneylerin GPU hesaplama platformu üzerinde çalıştırılması önerilmektedir.

Sunulan tez kapsamında kullanılan görüntülerin tümü, arka planda yeşil çarşaf, sağlık personeli elleri, yataklar gibi nesnelerin bulunduğu bir hastane ortamında çekilmiştir. Fotoğraf çekimi için ışık, çekim açısı, arka plan düzeltmesi gibi standartlar kullanılmamıştır. Görüntü alımı esnasında, ayırt edilebilir bir arka plan kullanıldığında, uygun aydınlatma sağlandığında ve sadece yanık bölgesine odaklanıldığında daha başarılı sonuçlar elde edilebileceği düşünülmektedir.

Tezden elde edilen bilgiler ışığında, kümelenen görüntülerin sınıflandırılması da yapılarak yanık bölgenin tespit edilmesi ile yanık yüzey alanının hesaplanmasının başarımla sonuçlanacağı düşünülmektedir.

Uzaysal ilişkileri dikkate alan ve Tip-2 Bulanık Mantık kullanılan bulanık kümeleme yaklaşımlarının başarımlarının, yanık görüntüleri üzerinde kullanılmasının başarımları arttıracakları öngörülmekte olup, bu çalışmalar tezin devamı niteliğindedir.

6. KAYNAKLAR

1. World Health Organization, WHO: Burns World Health Organization, https://www.who.int/violence_injury_prevention/other_injury/burns/en/, 13 Mart 2019.
2. Bayram, Y., Yıldırım, A. O. ve Eyi, E., Emergency in Burn, Burn in Emergency, TAF Preventive Medicine Bulletin, 11, 3 (2012) 365–368.
3. Chua, A. W. C., Khoo, Y. C., Tan, B. K., Tan, K. C., Foo, C. L. ve Chong, S. J., Skin Tissue Engineering Advances in Severe Burns: Review and Therapeutic Applications, Burns & Trauma, 4, 3 (2016) 1–14.
4. Singla, N., Srivastava, V. ve Mehta, D. S., In Vivo Classification of Human Skin Burns Using Machine Learning and Quantitative Features Captured by Optical Coherence Tomography, Laser Physics Letters, 15, 2 (2018) 1-5.
5. Civelek, B., Çelebioğlu, S., Erbaş, O. ve Yavuz, E., Yanık Tedavisinde Yara Örtüsü Seçenekleri, Türk Plastik Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi Dergisi, 15, 2 (2007) 67–72.
6. Church, D., Elsayed, S., Reid, O., Winston, B. ve Lindsay, R., Burn Wound Infections, Clinical Microbiology Reviews, 19, 2 (2006) 403–434.
7. Atiyeh, B. S., Gunn, S. W. ve Hayek, S. N., State of the Art in Burn Treatment, World Journal of Surgery, 29, 2 (2005) 131–148.
8. Baker, C. C., Miller, C. L. ve Trunkey, D. D., Predicting Fatal Sepsis in Burn Patients, the Journal of Trauma, 19, 9 (1979) 641–648.
9. Bang, R. L., Sharma, P. N., Sanyal, S. C. and Al Najjadah, I., Septicaemia After Burn Injury: A Comparative Study, Burns, 28, 8 (2002) 746–751.
10. Barrow, R. E., Spies, M., Barrow, L. N. ve Herndon, D. N., Influence of Demographics and Inhalation Injury on Burn Mortality in Children, Burns, 30, 1 (2004) 72–77.
11. Fitzwater, J., Purdue, G. F., Hunt, J. L. ve O’keefe, G. E., The Risk Factors and Time Course of Sepsis and Organ Dysfunction After Burn Trauma, Journal of Trauma, 52, 5 (2003) 959–966.
12. T.C. Sağlık Bakanlığı, 2018 Yılı Faaliyet Raporu. <https://sgb.saglik.gov.tr/TR,59134/faaliyet-raporu-2018.html>, Şubat 2019.
13. Armstrong, J. R., Willand, L., Gonzalez, B., Sandhu, J. ve Mosier, M. J., Quantitative Analysis of Estimated Burn Size Accuracy for Transfer Patients, Journal of Burn Care & Research, 38, 1 (2016) 30–35.
14. Klein, M. B., Hayden, D., Elson, C., Nathens, A. B., Gamelli, R. L., Gibran, N. S., Herndon, D. N., Arnoldo, B., Silver, G., Schoenfeld, D. ve Tompkins, R. G., The

- Association Between Fluid Administration and Outcome Following Major Burn, Annals of Surgery, 245, 4 (2007) 622–628.
15. Pal, N. R. ve Bezdek, J. C., On Cluster Validity for the Fuzzy C-Means Model, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 3, 3 (1995) 370–379.
 16. Bezdek, J. C., Cluster Validity with Fuzzy Sets, Journal of Cybernetics, 3, 3 (1973) 58–73.
 17. Dave, R. N., Validating Fuzzy Partitions Obtained Through C-Shells Clustering, Pattern Recognition Letters, 17, 6 (1996) 613–623.
 18. Chen, M. Y. ve Linkens, D. A., Rule-Base Self-Generation and Simplification for Data-Driven Fuzzy Models, Fuzzy Sets and Systems, 142, 2 (2004) 243–265.
 19. Bensaid, A. M., Hall, L. O., Bezdek, J. C., Clarke, L.P., Silbiger, M. L., Arrington, J. A. ve Murtagh, R. F., Validity-Guided (Re)Clustering with Applications to Image Segmentation, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 4, 2 (1996) 112–123.
 20. Zahid, N., Limouri, M. ve Essaid, A., A New Cluster-Validity for Fuzzy Clustering, Pattern Recognition, 32, 7 (1999) 1089–1097.
 21. Pakhira, M. K., Bandyopadhyay, S. ve Maulik, U., Validity Index for Crisp and Fuzzy Clusters, Pattern Recognition, 37, 3 (2004) 487–501.
 22. Gath, I. ve Geva, A. B., Unsupervised Optimal Fuzzy Clustering, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 11, 7 (1989) 773–780.
 23. Xie, X. L. ve Beni, G., A Validity Measure for Fuzzy Clustering, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 13, 8 (1991) 841–847.
 24. Leider, M., On the Weight of the Skin, The Journal of Investigative Dermatology, 12, 3 (1949) 187–191.
 25. Hendriks, F., Mechanical Behaviour of Human Skin in Vivo. Biomed Eng, 4 (1969) 322–327.
 26. Al-kaf, A. G. A. ve Othman, A. M., A Review on Needle Free Injections, Universal Journal of Pharmaceutical Research, 2, 2 (2017) 1–5.
 27. Turkington, C. ve Dover, J. S., The Encyclopedia of Skin and Skin Disorders, Third Edition, Infobase Publishing, New York, 2007.
 28. Gökmen, G., Sistemik Anatomi, 1. Baskı, 910–912, İzmir Güven Kitabevi, İzmir, 2003.
 29. Penzer, R. ve Ersser S. J., Principles of Skin Care: A Guide for Nurses and Health Care Practitioners, First Edition, John Wiley & Sons, Malaysia, 2010.
 30. Zerbaliyev, E., Kuruluşundan Bugüne Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Genel Cerrahi Anabilim Dalı Yanık Ünitesi'nde Yatarak İzlenen Hastalarda Tedavi

Etkinliđinin Retrospektif Değerlendirilmesi, Uzmanlık Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 2013.

31. Özkal, Ö., Alt Ekstremitte Yanık Yaralanması Olan Bireylerde Akut Dönemde Uygulanan Farklı Yürüme Eğitimlerinin Fiziksel Fonksiyonlara Etkisinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2018.
32. Ramazanođlu, E., Farklı Yanık Türlerinde Kas Tonusu ve Elastisitesi ile Ağrının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep, 2019.
33. Richards, A., ve Dafydd, H., Key Notes on Plastic Surgery, Second Edition, Wiley Blackwell, New Jersey, 2014.
34. Hettiaratchy, S. ve Dziewulski, P., Pathophysiology and Types of Burns the Body's Response to a Burn, BMJ, 328 (2004) 1427–1429.
35. Herndon, D. N., Total Burn Care, Fourth Edition, 125-131, Elsevier, Galveston, 2012.
36. Kurtođlu, M., Alimođlu, O., Ertekin, C., Gülođlu, R. ve Tavilođlu, K., Yoğun Bakım Ünitesinde Takibi Gereken Ciddi Yanıkların Tedavi, Mortalite ve Morbidite Yönünden Değerlendirilmesi, Turkish Journal of Trauma and Emergency Surgery, 9, 1 (2003) 34–36.
37. Günay, K., Tavilođlu, K., Eskiođlu, E. ve Ertekin, C., Yanıklı Hastalarda Epidemiyoloji ve Mortalite Çalışması, Turkish Journal of Trauma and Emergency Surgery, 1, 2 (1995) 205–208.
38. Sahu, S. A., Agrawal, K. ve Patel, P. K., Scald Burn, a Preventable Injury : Analysis Of 4306 Patients from a Major Tertiary Care Center, Burns, 42, 8 (2016) 1844–1849.
39. Cooper, M. A., Emergent Care of Lightning and Electrical Injuries, Seminars in Neurology, 15, 3 (1995), 268-278.
40. Çınar, M. A., Bayramlar, K., Erkiılıç, A., Güneş, A. ve Yakut, Y., Majör Yanıklı Hastalarda Erken Dönem Fizyoterapinin Fibronektin Seviyesi Üzerine Etkisi: Pilot Çalışma, Journal of Exercise Therapy and Rehabilitation, 4, 3 (2017) 105-110.
41. Kobernick, M., Electrical Injuries: Pathophysiology and Emergency Management, Annals of Emergency Medicine, 11, 11 (1982) 633-638.
42. Waghmare, C. M., Radiation Burn - From Mechanism to Management, Burns, 39, 2 (2012) 212-219.
43. Johnson, R. M. ve Richard, R., Partial-Thickness Burns: Identification and Management, Advances in Skin & Wound Care, 16, 4 (2003) 178-187.
44. Palao, R., Monge, I., Ruiz, M. ve Barret, J. P., Chemical Burns : Pathophysiology and Treatment, Burns, 36, 3 (2010) 295-304.

45. Amshel, C. E., Fealk, M. H., Phillips, B. J. ve Caruso, D. M., Anhydrous Ammonia Burns Case Report and Review of the Literature, Burns, 26, 5 (2000) 493-497.
46. Cartotto, R. C., Peters, W. J., Neligan, P. C., Douglas, L. G. ve Beeston, J., Chemical Burns, Canadian Journal of Surgery, 39, 3 (1996) 205-211.
47. Mazingo, D. W., Smith, A. A., McManus, W. F., Pruitt, B. A. ve Mason, A. D., Chemical Burns, The Journal of Trauma, 28, 5 (1988) 642-647.
48. NB Trauma Program, Consensus Statement Clinical Practice Guideline for Burn Injuries, March 2019.
49. Smith, J. J., Malyon, A. D., Scerri, G. V. ve Burge, T. S., A Comparison of Serial Halving and the Rule of Nines as a Pre-Hospital Assessment Tool in Burns, British Journal of Plastic Surgery, 58, 7 (2005) 957-967.
50. Wachtel, T. L., Berry, C. C., Wachtel, E. E. ve Frank, H. A., The Inter-Rater Reliability of Estimating the Size of Burns from Various Burn Area Chart Drawings, Burns, 26, 2 (2000) 156-170.
51. Schonfeld, N., Outpatient Management of Burns in Children, Pediatric Emergency Care, 6, 3 (1990) 249-253.
52. Nagel, T. R. ve Schunk, J. E., Using the Hand to Estimate the Surface Area of a Burn in Children, Pediatric Emergency Care, 13, 4 (1997) 254-255.
53. Giretzlehner, M., Dirnberger, J., Owen, R., Haller, H. L., Lumenta, D. B. ve Kamolz, L., The Determination of Total Burn Surface Area: How Much Difference?, Burns, 39, 6 (2013) 1107-1113.
54. Dirnberger, J., Giretzlehner, M., Ruhmer, M., Haller, H. ve Rodemund, C., Modelling Human Burn Injuries in a Three-Dimensional Virtual Environment, Studies in Health Technology and Informatics, 94 (2003) 52-58.
55. Neuwalder, J. M., Sampson, C., Breuing, K. H. ve Orgill, D. P., A Review of Computer-Aided Body Surface Area Determination: Sage II and EPRI's 3D Burn Vision, Journal of Burn Care and Rehabilitation, 23, 1 (2002) 55-59.
56. Prieto, M. F., Acha, B., Gómez-Cía, T., Fondón, I. ve Serrano, C., A System for 3D Representation of Burns and Calculation of Burnt Skin Area, Burns, 37, 7 (2011) 1233-1240.
57. Sheng, W., Zeng, D., Wan, Y., Yao, L., Tang, H. ve Xia, Z., BurnCalc Assessment Study Of Computer-Aided Individual Three-Dimensional Burn Area Calculation, Journal of Translational Medicine, 12,1 (2014) 1-12.
58. Roa, L., Gómez-Cía, T., Acha, B. ve Serrano, C., Digital Imaging in Remote Diagnosis of Burns, Burns, 25, 7 (1999) 617-623.

59. Türkşen, Ö., Optimization and Decision Making Stages for Multiple Responses: An Application Of NSGA-II And FCM Clustering Algorithm, Gazi University Journal of Science, 28, 2 (2015) 321–330.
60. Bai, X., Wang Y., Liu, H. ve Guo, S., Symmetry Information Based Fuzzy Clustering for Infrared Pedestrian Segmentation, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 26, 4 (2018) 1946–1959.
61. Etehadtavakol, M., Sadri, S. ve Ng, E. Y. K., Application of K - and Fuzzy C-Means for Color Segmentation of Thermal Infrared Breast Images, Journal of Medical Systems, 34, 1 (2010) 35–42.
62. Wu, J., Li, J., Liu, J. ve Tian, J., Infrared Image Segmentation via Fast Fuzzy C-Means With Spatial Information, August 2004, Shenyang, Conference Proceedings, 742-745.
63. Mansfield, J. R., Sowa, M. G., Payette, J. R., Abdulrauf, B., Stranc, M. F.; ve Mantsch, H. H.; Tissue Viability by Multispectral Near Infrared Imaging: A Fuzzy C-Means Clustering Analysis, IEEE Transactions on Medical Imaging, 17, 6 (1998) 1011-1018.
64. Maulik, U. ve Saha, I., Automatic Fuzzy Clustering Using Modified Differential Evolution for Image Classification, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 48, 9 (2010) 3503-3510.
65. Meyer, G. E., Neto, J. C., Jones, D. D. ve Hindman, T. W., Intensified Fuzzy Clusters for Classifying Plant, Soil and Residue Regions of Interest from Color Images, Computers and Electronics in Agriculture, 42, 3 (2004) 161-180.
66. Neto, J. C., Meyer, G. E. ve Jones, D. D., Individual Leaf Extractions from Young Canopy Images Using Gustafson-Kessel Clustering and a Genetic Algorithm, Computers and Electronics in Agriculture, 51, 1 (2006) 66-85.
67. Mohammed, H. R., Alnoamani, H. H. ve Jalil, A. A., Improved Fuzzy C-Means Algorithm for Image Segmentation, Journal of Electrical and Electronic Engineering, 5, 6 (2016) 7-10.
68. Li, C., Liu, L., Sun, X., Zhao, J. ve Yin, J., Image Segmentation Based on Fuzzy Clustering with Cellular Automata and Features Weighting, Journal on Image and Video Processing, 1,37 (2019) 1-11.
69. Guo, L., Chen, L. ve Chen, C.L.P., Image Guided Fuzzy Clustering for Image Segmentation, IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, October 2016, Budapest, Conference Proceedings, 4271-4276.
70. Mandal, R., Gupta, M. ve Kar, C., Automated ROI Detection For Histological Image Using Fuzzy C-Means And K-Means Algorithm, International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques, March 2016, Chennai, Conference Proceedings, 1173-1178.
71. V K, V. ve Mathew, S., An Accurate Method of Breast Cancer Detection from Ultra Sound Images Using Probabilistic Fuzzy Clustering Algorithm, IEEE International Conference on Communication Systems and Networks (ComNet), July 2016,

- Thiruvananthapuram, Conference Proceedings, 231-235.
72. Shankar, A. S., Asokan, A. ve Sivakumar, D., Brain Tumor Classification Using Gustafson-Kessel (G-K) Fuzzy Clustering Algorithm, International Journal of Latest Engineering Research and Applications, 1, 5 (2016) 68-72.
 73. Ahmed, M. N., Yamany, S. M., Mohamed, N., Farag, A. A. ve Moriarty, T., A Modified Fuzzy C-Means Algorithm for Bias Field Estimation and Segmentation of MRI Data. IEEE Transactions on Medical Imaging, 21, 3 (2002) 193-199.
 74. Zhang, D. Q. ve Chen, S. C., A Novel Kernelized Fuzzy C-Means Algorithm with Application in Medical Image Segmentation, Artificial Intelligence in Medicine, 32, 1 (2004) 37-50.
 75. Kannan, S. R., Ramathilagam, S., Devi, R. ve Hines, E., Strong Fuzzy C-Means in Medical Image Data Analysis, Journal of Systems and Software, 85, 11 (2012) 2425-2438.
 76. Yoon, O. K, Kwak, D. M., Kim, D. W. ve Park, K. H., MR Brain Image Segmentation Using Fuzzy Clustering, IEEE International Fuzzy Systems, August 1999, Seoul, Conference Proceedings 853-857.
 77. Suckling, J., Sigmundsson, T., Greenwood, K. ve Bullmore, E. T., A Modified Fuzzy Clustering Algorithm for Operator Independent Brain Tissue Classification Of Dual Echo MR Images, Magnetic Resonance Imaging, 17, 7 (1999) 1065-1076.
 78. Szilagyi, L., Benyo, Z., Szilagyi, S.M. ve Adam, H.S., MR Brain Image Segmentation Using an Enhanced Fuzzy C-Means Algorithm, IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, September 2003, Cancun, Conference Proceedings, 724-726.
 79. Chuang, K. S., Tzeng, H. L., Chen, S., Wu, J. ve Chen, T. J., Fuzzy C-Means Clustering with Spatial Information for Image Segmentation, Computerized Medical Imaging and Graphics, 30, 1 (2006) 9-15.
 80. Özyavru, H. ve Özkurt, N., Segmentation of MS plaques in MR images using fuzzy logic techniques, IEEE 16th Signal Processing, Communication and Applications Conference, April 2008, Aydın, Conference Proceedings, 1-4.
 81. Vasuda, P. ve Satheesh, S., Improved Fuzzy C-Means Algorithm for MR Brain Image Segmentation, International Journal on Computer Science and Engineering, 2, 5 (2010) 1713-1715.
 82. Shasidhar, M., Sudheer Raja, V. ve Vijay Kumar, B., MRI Brain Image Segmentation Using Modified Fuzzy C-Means Clustering Algorithm, 2011 International Conference on Communication Systems and Network Technologies, June 2011, Katra, Conference Proceedings, 473-478.
 83. Wantanajittikul, K., Auephanwiriyaikul, S., Theera-Umpon, N. Ve Koanantakool, T., Automatic Segmentation and Degree Identification in Burn Color Images, The 4th Biomedical Engineering International Conference, January 2012, Chiang Mai, Conference Proceedings, 169-173.

84. Şevik, U., Karakullukçu, E., Berber, T., Akbaş, Y. ve Tükyılmaz, S., Automatic Classification of Skin Burn Colour Images Using Texture-Based Feature Extraction, IET Image Processing, 13, 11 (2019) 2018–2028.
85. Karakullukçu, E., Yanık Görüntülerinin Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler ve Derin Öğrenme Yaklaşımları ile Analizi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2020.
86. Castro, A., Bóveda, C. ve Arcay, B., Analysis of Fuzzy Clustering Algorithms for the Segmentation of Burn Wounds Photographs, 3rd International Conference Image Analysis and Recognition, September 2006, Povia de Varzim, Conference Proceedings, 491-501.
87. Acha, B., Serrano, C., Acha, J. I. ve Roa, L. M., CAD Tool for Burn Diagnosis, 18th International Conference on Information Processing in Medical Imaging, July 2003, Ambleside, Conference Proceedings, 294–305.
88. Acha, B., Serrano, C., Palencia, S. ve Murillo, J. J., Classification of Burn Wounds Using Support Vector Machines, Medical Imaging 2004: Image Processing, May 2004, San Diego, Conference Proceedings, 1018-1025.
89. Acha, B., Serrano, C., Fondón, I. ve Gómez-cía, T., Burn Depth Analysis Using Multidimensional Scaling Applied to Psychophysical Experiment Data, IEEE Transaction on Medical Imaging, 32, 6 (2013) 1111-1120.
90. Serrano, C., Acha, B., Gómez-Cía, T., Acha, J.I. ve Roa, L. M., A Computer Assisted Diagnosis Tool for the Classification of Burns by Depth of Injury, Burns, 31, 3 (2005) 275-281.
91. Acha, B., Serrano, C., Acha, J. I. ve Roa, L. M., Segmentation and Classification of Burn Images by Color and Texture Information, Journal of Biomedical Optics, 10, 3 (2005) 034014.
92. Fondon, I., Acha, B., Serrano, C. ve Sosa, M., New Characteristics for the Classification of Burns: Experimental Study, 3rd International Conference on Image Analysis and Recognition, September 2006, Povia de Varzim, Conference Proceedings, 502-512.
93. Serrano, C., Boloix-Tortosa, R., Gomez-Cia, T. ve Acha, B., Features Identification for Automatic Burn Classification, Burns, 41 (2015) 1883-1890.
94. Suvarna, M. and Niranjana, U. C., Classification Methods of Skin Burn Images, International Journal of Computer Science and Information Technology, 5, 1 (2013) 109-118.
95. Suvarna, M. ve Venkatesh, N., Performance Measure and Efficiency of Chemical Skin Burn Classification Using KNN Method, Procedia Computer Science, 70 (2015) 48–54.
96. Suvarna, M., Kumar, K. ve Niranjana, U. C., Diagnosis of Burn Images Using Template Matching , K-Nearest Neighbor and Artificial Neural Network, International Journal

of Image Processing, 7, 2 (2013) 191-202.

97. Badea, M. S., Vertan, C., Florea, C. Florea, L. ve Badoiu, S., Automatic Burn Area Identification in Color Images, IEEE International Conference on Communications, May 2016, Kuala Lumpur, Conference Proceedings, 65-68.
98. Badea, M.S., Felea, I.I., Florea, L. M. ve Vertan, C., The Use of Deep Learning in Image Segmentation, Classification and Detection, arXiv preprint arXiv:1605.09612 (2016).
99. Tran, H. S., Le, T. H. ve Nguyen, T. T., The Degree Of Skin Burns Images Recognition Using Convolutional Neural Network, Indian Journal of Science and Technology, 9, 45 (2016) 1-6.
100. Tran, H., Le, T., Le, T. ve Nguyen, T., Burn Image Classification Using One-Class Support Vector Machine, 4th International Conference on Context-Aware Systems and Applications, November 2015, Vung Tau, Conference Proceedings, 233-242.
101. Celik, K., Sayan, H.H. ve Demirci, R., Gradient Adaptive Gaussian Image Filter, 23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), May 2015, Malatya, Conference Proceedings, 879-882.
102. Nixon, M. S. ve Aguado, A. S., Feature Extraction and Image Processing for Computer Vision, Fourth Edition, Elsevier, United Kingdom, 2020.
103. Jahne, B., Digital Image Processing, Sixth Edition, Springer, Heidelberg, 2005.
104. Dutta, S. ve Chaudhuri, B.B., A Color Edge Detection Algorithm in RGB Color Space, International Conference on Advances in Recent Technologies in Communication and Computing, January 2009, Conference Proceedings, 337-340.
105. Al-Tairi, Z. H., Rahmat, R.W. O., Saripan, M. I. ve Sulaiman, P.S., Skin Segmentation Using YUV and RGB Color Spaces, Journal of Information Processing Systems, 10, 2 (2014) 283-299.
106. Prema, C. ve Manimegalai, D., Survey on Skin Tone Detection Using Color Spaces. International Journal of Applied Information Systems (IJ AIS), 2, 2 (2012) 18-26.
107. Ford, A. ve Alan, R., Colour Space Conversions, Westmister University, London, 1998.
108. Gonzalez, R. C. ve Woods, R. E., Digital Image Processing, Third Edition, Pearson, 2008.
109. Vezhnevets, V., Sazonov, V. ve Andreeva, A., A Survey on Pixel-Based Skin Color Detection Techniques. Proc. Graphicon, 3 (2003) 85-92.
110. Dule, E., Araç Renk Tanıma Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, İstanbul, 2010.
111. Zarit, B.D., Super, B.J. ve Quek, F. K. H., Comparison of Five Color Models in Skin

Pixel Classification, International Workshop on Recognition, Analysis, and Tracking of Faces and Gestures in Real-Time Systems, September 1999, Corfu, Conference Proceedings, 58-63.

112. Sural, S., Gang Qian ve Pramanik, S., Segmentation and Histogram Generation Using the HSV Color Space for Image Retrieval, International Conference on Image Processing, September 2002, Rochester, Conference Proceedings, 589-592.
113. Leon, K., Mery, D., Pedreschi, F. ve Leon, J., Color Measurement in L*a*b* Units from RGB Digital Images, Food Research International, 39, 10 (2006) 1084-1091.
114. Ciobanu A, Costin, M. ve Barbu, T., Image Categorization Based on Computationally Economic LAB Colour Features, Advances in Intelligent Systems and Computing, 195 (2013) 585-593.
115. CIE, Commission Internationale De l'Eclairage Proceedings, Cambridge University, 1931.
116. Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J. ve Anderson, R. E., Multivariate Data Analysis, Seventh Edition, Pearson Education Limited, Edinburgh, 2014.
117. Johnson, R. A. ve Wichern, D. W., Applied Multivariate Statistical Analysis, Sixth Edition, Pearson, New Jersey, 2007.
118. Singh, A., Yadav, A. ve Rana, A., K-Means with Three Different Distance Metrics, International Journal of Computer Applications, 67, 10 (2013) 13-17.
119. Wang, L., Zhang, Y. ve Feng, J., On the Euclidean Distance of Images, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 27, 8 (2005) 1334-1339.
120. Ohbuchi, R. ve Furuya, T., Distance Metric Learning and Feature Combination for Shape-Based 3D Model Retrieval, ACM Workshop on 3D Object Retrieval, October 2010, Conference Proceedings, 63-68.
121. Deza, M. M. ve Deza, E., Encyclopedia of Distances, First Edition, Springer, Heidelberg, 2009.
122. Esen, M. F. ve Timor, M., Çok Değişkenli Aykırı Değer Tespiti için Klasik ve Dayalı Mahalanobis Uzaklık Ölçütleri: Finansal Veri ile Bir Uygulama, Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, 25 (2019) 267-282.
123. Aggarwal, C. C., Data Mining, First Edition, Springer International Publishing, Switzerland, 2015.
124. Serir, L., Ramasso, E. ve Zerhouni, N., Evidential Evolving Gustafson-Kessel Algorithm for Online Data Streams Partitioning Using Belief Function Theory, International Journal of Approximate Reasoning, 53, 5 (2012) 747-768.
125. Dunn, J. C., A Fuzzy Relative of the ISODATA Process and Its Use in Detecting Compact Well-Separated Clusters, Journal of Cybernetics, 3, 3 (1974) 32-57.

126. Bezdek, J. C., A Convergence Theorem for the Fuzzy ISODATA Clustering Algorithms, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1 (1980) 1-8.
127. Yıldız, K., Çamurcu, Y. ve Doğan, B., Veri Madenciliğinde Temel Bileşenler Analizi ve Negatifsiz Matris Çarpanlarına Ayırma Tekniklerinin Karşılaştırmalı Analizi, XII. Akademik Bilişim Konferansı, Şubat 2010, Muğla, Bildiri Kitabı, 207-213.
128. Azem, Z., A Comprehensive Cluster Validity Framework for Clustering Algorithms, Master's Thesis, Guelph University, Canada, 2004.
129. Savaş, K. ve Yıldız, K., A Web Based Clustering Analysis Toolbox (WBCA) Design Using MATLAB, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2, 2 (2010) 5276-5280.
130. Tsekouras, G. E. ve Sarimveis, H., A New Approach for Measuring the Validity of the Fuzzy C-Means Algorithm, Advances in Engineering Software, 35, 8-9 (2004) 567-575.
131. Moertini, V. S., Introduction to Five Data Clustering Algorithms, Integral, 7, 2 (2002) 87-96.
132. Gustafson, D. E ve Kessel, W. C., Fuzzy Clustering with a Fuzzy Covariance Matrix, IEEE Conference on Decision and Control including the 17th Symposium on Adaptive Processes, January 1978, San Diego, Conference Proceedings, 761-766.
133. Wang, W. ve Zhang, Y., On Fuzzy Cluster Validity Indices, Fuzzy Sets and Systems, 158, 19 (2007) 2095-2117.
134. NVIDIA, Programming Guide: CUDA Toolkit Documentation, <https://docs.nvidia.com/cuda/cuda-compiler-driver-nvcc/index.html>, 04 Temmuz 2018.
135. Havens, T. C., Bezdek, J. C., Leckie, C., Hall, L. O. ve Palaniswami, M., Fuzzy C-Means Algorithms for Very Large Data, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 20, 6 (2012) 1130-1146.
136. Al-Ayyoub, M., Abu-Dalo, A. M., Jararweh, Y., Jarrah, M. ve Al Sa'D, M., A GPU-Based Implementations of the Fuzzy C-Means Algorithms for Medical Image Segmentation, Journal of Supercomputing, 71, 8 (2015) 3149-3162.

ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında Trabzon'da doğan Yeşim AKBAŞ ilköğrenimini Mimar Sinan İlköğretim Okulu'nda bitirdikten sonra lise eğitimini Tevfik Serdar Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2006 yılında girdiği KTÜ, Fen Edebiyat Fakültesi, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümü'nden 2010'da mezun oldu. 2010-2012 yılları arasında Marmara Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimi alırken, özel bir bankanın vesaik işleri biriminde çalıştı. 2012 yılında KTÜ, Fen Fakültesi, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümü'ne araştırma görevlisi olarak atandı ve aynı bölümde lisansüstü eğitimine başladı. 2013 yılında ERASMUS programı ile Macaristan Esterhazy Caroly Foiskola'da lisans üstü eğitime devam etti. 2014 yılında "Karayolları Üzerinde Dağıtım Noktalarının Konumunun Belirlenmesinde Yapay Arı Koloni Algoritmasının Kullanılması" başlıklı yüksek lisans tezini sunmasının ardından, doktora eğitimine başladı. Halen KTÜ, Fen Fakültesi, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. İyi derece İngilizce bilmektedir.