

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**OPTİK GÖZLEMEVLERİ İÇİN BALIKGÖZÜ KAMERA İLE BULUTLULUK  
HARİTASININ ÇIKARILMASI**

**Kemal Ünal AKDEMİR**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**EKİM 2018**

**ANTALYA**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**OPTİK GÖZLEMEVLERİ İÇİN BALIKGÖZÜ KAMERA İLE BULUTLULUK  
HARİTASININ ÇIKARILMASI**

**Kemal Ünal AKDEMİR**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**EKİM 2018**

**ANTALYA**

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OPTİK GÖZLEMEVLERİ İÇİN BALIKGÖZÜ KAMERA İLE BULUTLULUK  
HARİTASININ ÇIKARILMASI**

**Kemal Ünal AKDEMİR  
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**EKİM 2018**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OPTİK GÖZLEMEVLERİ İÇİN BALIKGÖZÜ KAMERASI İLE GÖKYÜZÜ  
BULUTLULUK HARİTASININ ÇIKARTILMASI

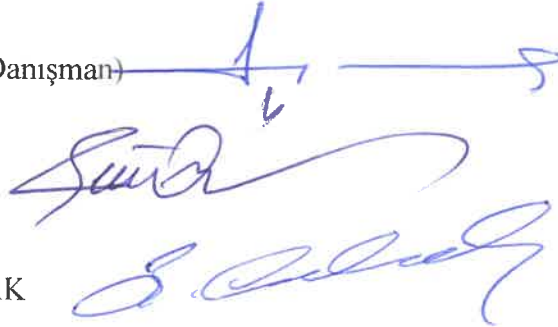
Kemal Ünal AKDEMİR  
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 24/10/2018 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Selçuk HELHEL (Danışman)

Prof. Dr. Şükrü ÖZEN

Dr. Öğr. Üyesi Bektaş ÇOLAK



## ÖZET

# OPTİK GÖZLEMEVLERİ İÇİN BALIKGÖZÜ KAMERA İLE BULUTLULUK HARİTASININ ÇIKARILMASI

**Kemal Ünal AKDEMİR**

**Yüksek Lisans Tezi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Selçuk HELHEL**

**Ekim 2018; 46 sayfa**

Gökyüzündeki bulutluluğun tespit edilmesi, tarımsal faaliyetlerde, yenilenebilir enerji kaynaklarında, endüstriyel kuruluşlarda, astronomik gözlem yapılmakta olan gözlemlerinde ve gözlemevi kurulacak bölge tespit çalışmalarında önem arz etmektedir. Tez kapsamında gözlemleri için bulut haritasının çıkarılması üzerine çalışma yapılmıştır. Bu güne kadar bulutluluğun tespiti için birçok yöntemden yararlanılmıştır. Günümüzde ise teknoloji ile birlikte kamera sistemlerinin gelişmesiyle, bulutluluk analiz çalışmalarında gökyüzü kamerası kullanılmaya başlanmıştır.

TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG) Bakırlıtepe yerleşkesinde kurulu balıkgözü mercekli kamera sisteminden alınan görüntüleri kullanarak bulutluluk analizi yapan bir uygulama üzerinde çalışılmıştır. Alınan görüntüler üzerinde K-means Kümeleme Metodu, Otsu Metodu ve RGB Renk Uzay Metodu uygulanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Renk uzay parametrelerinden yararlanılarak başarı oranına bağlı olarak algoritma belirlenmiş, gece ve gündüz olarak iki ayrı zaman diliminde hibrit bir çalışma oluşturulmuştur. Parçalı bulutlu durumlar da ve aydınlık gecelerde K-means Kümeleme Metodu, çok bulutlu durumlarda RGB Renk Uzay Metodu, karanlık gecelerde Otsu Metodu başarılı sayılmış ve kullanılmıştır. Uygulama sonuçları, Matlab GUIDE ile oluşturulmuş ara yüz aracılığıyla görsel, grafiksel olarak izlenebilmekte ve kaydedilmektedir.

Çalışmanın devamında başta gözlemleri için otomatik bir takip sisteminin yıldız izleri ile birlikte ilişkilendirerek kurulması ve kullanılması, optik gözlemlerinde kullanılan robotik teleskoplar tarafından üretilerek gözleme veri yükünün azaltılması hedeflenmektedir. Böylelikle robotik teleskop kullanan gözlemlerinin hem işletme maliyetini azaltmak hem de bilimsel çıktı üretme hızını artırmayı hedefliyoruz.

**ANAHTAR KELİMELER:** Balıkgözü Kamera, Bulutluluk Tespiti, Görüntü İşleme, K-means Metot, Otsu Metot, Renk Uzayları

**JÜRİ:** Prof. Dr. Selçuk HELHEL  
Prof. Dr. Şükrü ÖZEN  
Dr. Öğr. Üyesi Bektaş ÇOLAK

## ABSTRACT

### BUILDING OF CLOUDINESS MAP WITH FISHEYE CAMERA FOR OPTICAL OBSERVATORY

**Kemal Ünal AKDEMİR**

**MSc Thesis in Electrical and Electronic Engineering**

**Supervisor : Prof. Dr Selçuk HELHEL**

**October 2018; 46 pages**

Detecting cloudiness in the sky is important in agricultural activities, renewable energy sources, industrial establishments, astronomical observations and observations. Within the scope of the thesis, a study was carried out on cloud map for observatories. To date, many methods have been used to determine cloudiness. Today, with the development of camera systems together with the technology, the sky camera has been used in the cloud analysis studies.

TUBITAK National Observatory A study on cloudiness analysis was carried out by using the images taken from the fisheye lens camera system installed at Bakırtepe Campus. K-means Clustering Method, Otsu Method and RGB Color Space Method were applied on the images and the results were evaluated. Algorithms were determined according to the success rate by using the color space parameters. A hybrid study was formed in two different time periods as day and night. K-means Clustering Method, RGB Color Space Method in very cloudy conditions and Otsu Method in dark nights were considered successful and used in cloudy and bright nights. Application results can be viewed and recorded visually, graphically via the interface created with Matlab GUIDE.

In the continuation of the study, it is aimed to establish and use the automatic tracking system for observatories, together with the star traces, by robotic telescopes used in optical observatories and to reduce the data burden. Thus, we aim to reduce the operating costs and increase the speed of producing scientific output for observatories using robotic telescopes.

**KEYWORDS:** Cloudiness Analysis, Color Spaces, Fisheye Camera, Image Processing, K-means Method, Otsu Method

**COMMITTEE:** Prof. Dr. Selçuk HELHEL

Prof. Dr. Şükrü ÖZEN

Assist. Prof. Bektaş ÇOLAK

## ÖNSÖZ

TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi Bakırlıtepe yerleşkesinde kurulu balıkgözü kamera sisteminden alınan görüntüleri kullanarak bulutluluk analizi yapan bir uygulama üzerinde çalışılmıştır. Çalışmanın amacı, alınan tüm gökyüzü görüntüleri üzerinde görüntü işleme algoritmaları uygulayarak bulutluluk analizi yapmaktır. Çalışma, gözlemevi yer tespit uygulamalarında istatistiksel veri oluşturabilmesinin yanı sıra astronomik gözlem yapılmak istenilen bölgenin bulutluluk durumu hakkında bilgi verebilmektedir. Çalışmadaki tüm görüntü verileri TUG tüm gökyüzü kamera sisteminden alınmıştır.

Öncelikle tez konusunu seçerken isteklerimi göz önünde bulundurup bana yardımcı olan tez danışmanım Prof. Dr. Selçuk HELHEL'e ve teşekkürlerimi sunarım.

Bu zorlu tez sürecinde benden desteğini bir an için bile esirgemeyen değerli arkadaşlarım Yük. Müh. Turan ÇAKIL, Yük. Müh. Serkan TAŞ, Arş. Gör. Atalay KOCAKUŞAK'a ve TUG bilgi işlem sorumlusu Uzm. Arş. Murat Dindar'a teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan başta dedem Basri AKDEMİR olmak üzere babam Hüseyin AKDEMİR, annem Müyesser AKDEMİR ve ablam Gül Figen YURT'a koşulsuz yanımda oldukları için teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Benim için çok değerli Nuray KÖSE'ye ayrıca teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
AKADEMİK BEYAN.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	4
2.1. Renk Uzayları.....	4
2.1.1. RGB renk uzayı.....	5
2.1.2. HSV renk uzayı.....	5
2.1.3. HLS renk uzayı.....	6
2.1.4. HSI renk uzayı.....	6
2.1.5. Lab renk uzayı.....	7
2.1.6. CIE renk uzayı.....	7
2.1.7. CMY renk uzayı.....	8
2.2. Renk Uzayları Arasında Dönüşümler.....	8
2.2.1. RGB - HSV renk uzay dönüşümü.....	8
2.2.2. HSV-RGB renk uzay dönüşümü.....	9
2.2.3. RGB-Lab renk uzay dönüşümü.....	10
2.3. Morfolojik İşlemler.....	12
2.3.1. Morfolojik görüntü işleme.....	13
2.3.2. Basit morfolojik operatörler.....	13
2.3.2.1. Genleşme işlemi.....	13
2.3.2.2. Aşınma işlemi.....	14
2.3.3. Bileşik morfolojik operatörler.....	14
2.3.3.1. Açınım işlemi.....	14
2.3.3.2. Kapanım işlemi.....	15
2.4. Yapılandırma Elemanları.....	15



2.5. K-means Kümeleme Algoritması .....	16
2.6. Otsu Algoritması.....	17
3. MATERYAL VE METOT.....	23
3.1. Gece-Gündüz Ayırımının Yapılması .....	24
3.2. Gündüz Alınan Görüntülerde Bulutluluk Analizi.....	25
3.2.1. Güneş'in tespiti .....	26
3.2.2. K-means kümeleme yöntemi ile bulutluluk tespiti .....	26
3.2.3. RGB renk uzay yöntemi ile bulutluluk tespiti .....	27
3.3. Gece Alınan Görüntülerde Bulutluluk Analizi .....	27
3.3.1. Ay'ın tespiti .....	28
3.3.2. Karanlık gecede bulutluluk analizi .....	29
3.3.3. Aydınlik gecede bulutluluk analizi .....	30
4. BULGULAR .....	31
4.1. Bulut Oranı Hesabı .....	31
4.1.1. Genel tüm gökyüzü bulutluluk oranı hesabı .....	31
4.1.2. Bölgesel bulutluluk oranı hesabı.....	31
4.2. Bulut Oranı Hesaplamalarında Sistemsel Hata Oluşumu.....	34
4.3. Program Arayüzü.....	35
4.3.1. Arayüz uygulaması kullanımı .....	36
4.3.2. Grafik oluşturma .....	37
4.3.3. Analiz sonuçlarının kaydedilmesi.....	39
5. SONUÇLAR .....	40
5.1. Uygulama Örnekleri .....	41
5.1.1. Gündüz uygulama örnekleri.....	41
5.1.2. Gece uygulama örnekleri .....	43
6. KAYNAKLAR.....	45
ÖZGEÇMİŞ	

## AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Optik Gözlemleri İçin Balıkgözü Kamera İle Bulutluluk Haritasının Çıkarılması ” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

24/10/2018

Kemal Ünal AKDEMİR



## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

$\alpha$	:Alfa
$\beta$	:Beta
CPU	:Central Processing Unit
CIE	:Commission Internationale de Eclairage
CMY	:Renk Uzayı
$\sigma^2$	:Varyans
$\omega$	:Ağırlık
$\mu$	:Ortalama
GB	:Gigabayt
GIF	:Graphics Interchange Format
HLS	:Hue Lightness Saturation(Renk Uzayı)
HSI	: Hue Saturation Intensity(Renk Uzayı)
HSV	:Hue Saturation Value (Renk Uzayı)
HSL	:Hue Saturation Lightness (Renk Uzayı)
JPEG	:Joined Photographic Experts Group
LAB	:Renk Uzay
MP	:Megapiksel
mV	:Milivolt
RAM	:Random Access Memory
RGB	:Red Green Blue (Renk Uzayı)
TUG	:TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi
$\emptyset$	:Fi

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. TUG Bakırlıtepe yerleşkesi .....	2
Şekil 2.1. Renk uzayları .....	4
Şekil 2.2. RGB renk uzayı .....	5
Şekil 2.3. HSV Renk uzayı .....	6
Şekil 2.4. HLS renk uzayı.....	6
Şekil 2.5. HSI renk uzayı .....	7
Şekil 2.6. Lab renk uzayı .....	7
Şekil 2.7. CIE renk uzayı .....	8
Şekil 2.8. Örnek görüntü ve genişleme işlemi uygulanmış görüntü .....	14
Şekil 2.9. Örnek görüntü ve aşınma işlemi uygulanmış görüntü.....	14
Şekil 2.10. Örnek görüntü ve açınım işlemi uygulanmış görüntü .....	14
Şekil 2.11. Örnek görüntü ve kapanım işlemi uygulanmış görüntü .....	15
Şekil 2.12. Yapılandırma elemanları durumları.....	15
Şekil 2.13. Yapılandırma elemanlarına örnek.....	15
Şekil 2.14. a) k adet nokta seçilmesi; b) seçilen noktaların merkeze uzaklıklarının hesaplanması; c) her noktanın kendine en yakın noktaya dâhil edilmesi.....	17
Şekil 2.15. a) Kümelerin merkez noktaların o kümedeki nesnelere ortalama değerleri ile değiştirilmesi; b) kümeleme işleminin yeni merkez noktasına uygun olarak tekrar yapılması.....	17
Şekil 2.16. Örnek görüntü ve otsu algoritması uygulanmış hali.....	18
Şekil 2.17. Otsu algoritması akış diyagramı .....	19
Şekil 2.18. Gri seviyede örnek 8x8 görüntü ve histogramı.....	20
Şekil 2.19. Gri seviyede örnek 8x8 görüntünün arka plan histogramı.....	20
Şekil 2.20. Gri seviyede örnek 8x8 görüntünün ön plan histogramı .....	21
Şekil 2.21. Gri seviye 8x8 görüntünün otsu algoritması ile binary dönüşümü.....	21
Şekil 3.1. Tüm gökyüzü kamera sistemi .....	23
Şekil 3.2. Çalışmanın akış diyagramı .....	24
Şekil 3.3. Rayleigh dağılımı.....	26
Şekil 3.4. Güneş tespiti .....	26
Şekil 3.5. K-means kümeleme yöntemi kullanılmış uygulama örneği .....	27

<b>Şekil 3.6.</b> RGB renk uzayı yöntemi kullanılmış uygulama örneği .....	27
<b>Şekil 3.7.</b> Işıksız ortamda ay tespiti .....	28
<b>Şekil 3.8.</b> Aydınlık ortamda Ay tespiti .....	29
<b>Şekil 3.9.</b> Karanlık gece görüntüsü uygulama örneği .....	30
<b>Şekil 3.10.</b> K-means yöntemine örnek görüntü .....	30
<b>Şekil 4.1.</b> Analiz edilmek istenilen bölge tanımlanması.....	32
<b>Şekil 4.2.</b> Piksellerin ait olduğu dilim için hesaplama parametreleri gösterimi .....	32
<b>Şekil 4.3.</b> İstenilen bölge ve dilim tanımlamaları .....	34
<b>Şekil 4.4.</b> Çözünürlük kaynaklı sistem hatalarının oluşması .....	35
<b>Şekil 4.5. a)</b> Çözünürlük katsayısına bağlı hata oranı değişim grafiği;	
<b>b)</b> çözünürlük katsayısına bağlı işlem süresi grafiği.....	35
<b>Şekil 4.6.</b> Ara yüz uygulaması örneği.....	36
<b>Şekil 4.7.</b> Ara yüz uygulaması örneği.....	36
<b>Şekil 4.8.</b> Ara yüz uygulaması buton paneli .....	37
<b>Şekil 4.9.</b> Ara yüz uygulaması gösterge paneli.....	37
<b>Şekil 4.10. a)</b> Tüm gökyüzü kamera görüntüsü gündüz analiz sonuçları ;	
<b>b)</b> gökyüzü grafiği; <b>c)</b> bulut grafiği; <b>d)</b> Güneş grafiği .....	38
<b>Şekil 4.11. a)</b> Tüm gökyüzü kamera görüntüsü gece analiz sonuçları;	
<b>b)</b> gökyüzü grafiği; <b>c)</b> bulut grafiği; <b>d)</b> Ay grafiği .....	38
<b>Şekil 4.12. a)</b> Sonuçların kaydedilmesi; <b>b)</b> örnek not defteri dosya içeriği .....	39
<b>Şekil 5.1.</b> K-means algoritması kullanılmış gündüz uygulama örnekleri.....	41
<b>Şekil 5.2.</b> RGB renk uzay metodu kullanılmış gündüz uygulama örnekleri .....	42
<b>Şekil 5.3.</b> Otsu metodu kullanılmış gece uygulama örnekleri .....	43
<b>Şekil 5.4.</b> Çalışmanın gözlemleri dışında uygulanabilir alanları .....	44

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 2.1.</b> Morfolojik işlemlerin matematiksel ifadeleri .....	13
<b>Çizelge 3.1.</b> Antalya ili gün doğuş batış saatleri örneği .....	25

## 1. GİRİŞ

Bulutlar sis, pus, yağış gibi atmosferdeki yoğunlaşma ürünlerinden biridir. Havadaki su buharının dikey hava hareketleri neticesinde adiyabatik olarak soğumasıyla oluşan yoğunlaşmanın bir ürünü de bulutlardır. Bulutlar, gökyüzünde bulunan su parçacıkları ve buz kristallerinden oluşmuş görülebilir kümelerdir (Atalay 2004) ve gökyüzünde atmosferde yükselmesi ile içerisindeki su buharının kristalleşmesi sonucunda oluşur. Bilindiği gibi yeryüzünün temel enerji kaynağı güneş ve güneşten yeryüzüne farklı dalga boylarında ulaşan güneş ışınlarıdır.

Yeryüzü açısından öneme sahip güneşlenme, şiddet ve süre açısından bulutluluk ile yakından ilgilidir. Gece ve gündüz ayrımına bağlı olarak güneşlenme süreleri zaman ve mekan ölçüsünde farklılıklar göstermektedir. Ancak öte yandan bulutluluk miktarı, bulut tipi ve bulutlanma süreci de güneş ışınlarının yeryüzüne ulaşması açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle hem meteorolojide ve hem de klimatolojide bulutluluk ve güneşlenme sürecinin takibi önem taşımaktadır.

Bir bölge için hava raporu verileri ve uydudan alınan görüntüler, o bölgenin durumu hakkında düşük çözünürlüklü bir düşünce ortaya koymaktadır. Dolayısıyla gözlemevi yerleşkesi gibi bulutluluğun önem arz ettiği bölgelerin bulutluluk durumu için ayrıntıya girememektedir.

Gökyüzü enerji ölçümlerinde kullanılan dedektörler kullanılarak, gökyüzü ve yeryüzünün ortalama enerjileri ölçülüp, elde edilen sonuçların karşılaştırılması ile bulut analizi yapılmaktadır. Ashley ve Jurcevic (1991)'in yaptıkları çalışmaya bakıldığında bulutların ortamdaki varlığı ve fiziksel özelliği, bulutların kızılötesi emisyonundan yararlanılarak bulunabilirliği ifade edilmiştir. Bulutlu bölümlerde açık gökyüzüne göre daha fazla ve yüksek genlikte tepki sinyali üretecektir. Bu bilgilere bakıldığında Clay (1999) kızılötesi dedektörlerden yararlanarak bulut tespiti yapan cihaz ortaya çıkarmışlardır. Kızılötesi dedektör olarak termopilden yararlanmışlardır.

Termopil birden fazla termokuplın sıralı biçimde birbirine bağlanmasıyla elde edilen dedektörlerdir. Termokupl ise birbirinden farklı iki metal alaşımın uçlarının aynı noktaya getirilmesi ile elde edilen bir ölçüm yöntemidir. Bu iki uç arasında oluşan sıcaklık farkından dolayı nokta uçlarında mV seviyelerinde bir gerilim meydana gelir. İki ucun arasındaki sıcaklığın dağılımı nasıl olursa olsun ortaya çıkan gerilim sıcak ile soğuk uç noktaları arasındaki sıcaklık farkına orantılıdır (Kartal 2006). Termokuplden yararlanılarak geliştirilen ticari boyutta bulut dedektörleri de vardır (Diffraction 2011). Böyle sistemler kullanılarak gökyüzü hakkında açık, bulutlu, çok bulutlu, yağmurlu gibi neticelere ulaşılabilmektedir. Fakat bulutun yeri ve ne kadar bulutun olduğu hakkında kesin bir netice elde edilememektedir. Bunun yanı sıra ölçüm yapılan alanda tüm gökyüzünü içine almamaktadır.

Başka bir yöntemde ise yüksek çözünürlüklü bir kameraya balıkgözü lens entegre edilerek elde edilen tüm gökyüzü görüntülerinin analizi ile bulutluluk tespiti yapılmaktadır. Tüm gökyüzü kamerasından elde edilen görüntüler o bölgedeki tüm gökyüzüne ait görüntülerdir. Bu görüntüler üzerinde görüntü işleme yöntemleri uygulanarak bulut tespiti yapılabilinmekte ve dolayısıyla bu yöntem fazlaca kullanılan bir yöntem olmuştur. Günümüzde bu konuda yapılan çalışmalara bakıldığında çalışmaların tüm gökyüzü kamerasından alınan görüntü verilerinin daha doğru biçimde analiz edilebilmesi amacına kaydığı görülmektedir (Pfister vd. 2003). Şekil 1.1'de Antalya'da kurulu gözlem evi görülmektedir.



**Şekil 1.1.** TUG Bakırlitepe yerleşkesi

Gökyüzündeki bulutluluğun tespiti, birçok alanda kullanılabilirliği yönünden önemlidir. Tarım sektöründe sera kurulumu ve otomasyonu, güneş enerji santralleri kurulum öncesi güneşlenme süreleri istatistiklerinin çıkarımı ve güneş takip sistemlerinde uygulanmasının yanı sıra tez kapsamında da astronomik gözlem yapılmakta olan gözlemevlerinde ve gözlemevi kurulacak bölge tespit çalışmalarında kullanılması açısından önemlidir. Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Güneş enerji santrali kurulumunda güneş yoğunluk bilgisi önemlidir. Güneş yoğunluk miktarını azaltıcı etki yapan bulutların tespiti santral kurulacak yer seçiminde belirleyici olabilmektedir (Tapakis ve Charalambides 2013).

Gökyüzü gözlemlerinde gözlemin verimliliği açısından bulutluluğun büyük önemi olmaktadır. Gözlem yapılmak istenilen bölgede bulutun varlığı verimli gözlem yapılmasını engellemektedir. Çıplak gözle bakılarak yapılan tahminler veya gökyüzünün tamamı hakkında yapılan genel bulutluluk tespiti olası gözleme engel olabilmektedir. Gözlem yapılacak tarihte önem arz eden bölge o tarihe ait gözlem bölgesidir. Yapılan analizde genel bulutluluk oranı yüksek dahi olsa gözlem yapılmak istenilen bölgenin bulutsuz olma ihtimalini değerlendirmek gereklidir. Çalışmada bu ihtimali değerlendirmek adına algoritmalar oluşturulmuştur. Görüntülerde görünür yıldız sayısı bulutluluk tespitinde önemli yaklaşımlardan biridir. Çünkü yıldızlar ortam ışığından bağımsız ve çevresel diğer faktörlerden doğrudan etkilenmemektedir. Yıldız görünür noktalar bulutlu değil olarak kabul edilebilir (Adam ve Buss 2017). Doğada



açık gökyüzü ve bulutlu gökyüzü alanları belirsizdir. Çünkü bulut parçacıklarının yoğunluğu sürekli değişir. Bulut tespit çalışmalarında bu durum dikkate alınmalıdır (Ishida ve Oishi 2018).

Gökyüzü kamerasından alınan görüntünün orta noktası baz alınarak kuzeyden itibaren saat yönünde dilimler alınarak gökyüzü bölümlere ayrılmıştır. Bu sayede gökyüzünün ne kadar bulutlu olduğu verisinin yanında hangi bölge ne kadar bulutlu olduğu verisi de elde edilmiştir.

Bu tezin amacı gerekli görüntü işleme teknikleri kullanarak gökyüzündeki bulutun önemli rol aldığı birçok alandan biri olan gözlemevleri için TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ndeki balık gözü mercekli kamera ile alınan verilerin analizi ile gözlemevi performansını artırmak için bulutluluk tespiti yapılması ve bulutluluk haritasının çıkartılmasıdır. Şekil 1.1'de TUG Bakırlıtepe yerleşkesi görülmektedir. Bulutluluk tespiti için çeşitli metotlar önerilmiştir. Bunlara örnek olarak hava istasyon raporu ve uydudan alınan görüntüler, gökyüzü enerji ölçümü ve balıkgözlü mercekli kamerası görüntüleri ile elde edilen bulutluluk ölçümüdür.

Tezin 2. bölümünde renk uzayları ve renk uzayları arasındaki dönüşümler ile görüntü işleme teknikleri üzerine yapılan literatür taramasından bahsedilmiştir. Çalışmanın 3. bölümünde bulutluluk analizi için geliştirilen algoritmalar anlatılırken 4. bölümde elde edilen bulgular ve son bölümde de çalışmanın değerlendirilmesi ile gelecekte yapılması planlanan çalışmalar ele alınmıştır.

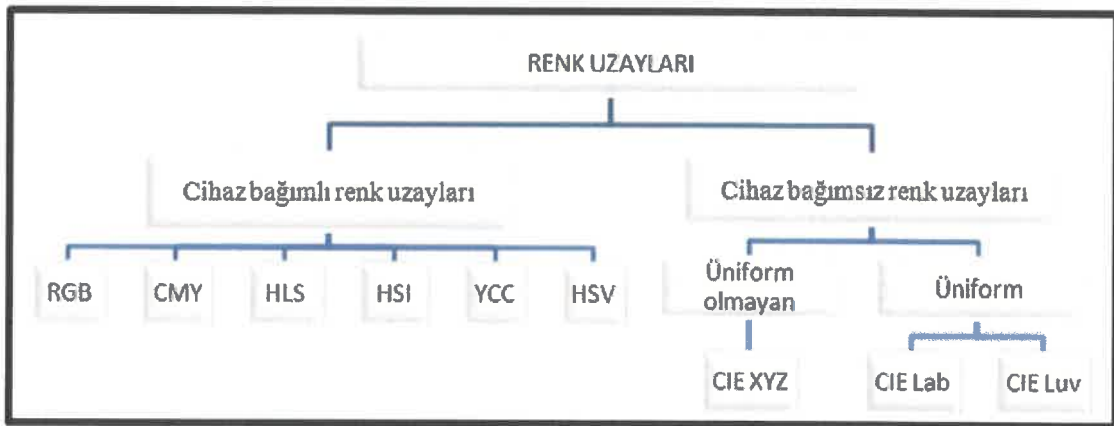
## 2. KAYNAK TARAMASI

### 2.1. Renk Uzayları

Renk çeşitliliği çok olması sebebiyle var olan renkleri gruplara ayırma isteğine bağlı olarak renk uzayı kavramı ortaya çıkmıştır. Renk uzayları, renk grubunu tanımlamak için kendilerine özgü özellikler taşımaktadır. Bir cisme bakıldığında çıplak gözle görülen renkler analog veri olarak tanımlanır. Bu verilerin cihaz ortamında anlamlı olabilmesi dijital olarak mümkündür. Bu dijital görüntü oluşturma esnasında oluşabilecek kayıpları önlemek için renkleri kümelere ayırmışlardır ve renk uzayları oluşmuştur. Grassmann'ın kanunlarına bakıldığında, bir rengin tespiti için birbirinden farklı üç değişken gerekmektedir (Grassman vd. 1996). Rengi oluşturan nicelikler renk türü, parlaklık değeri, doygunluk ve tondur.

Renk uzaylarının temelinde RGB, HLS, HSV, CIE CMY renk uzayları vardır. Renk uzayları gösterilirken koordinat sistemi kullanılır. HSV ve HLS renk uzayları silindirik, RGB, CMY ve CIE renk uzayları ise kartezyen koordinatlarda ifade edilir.

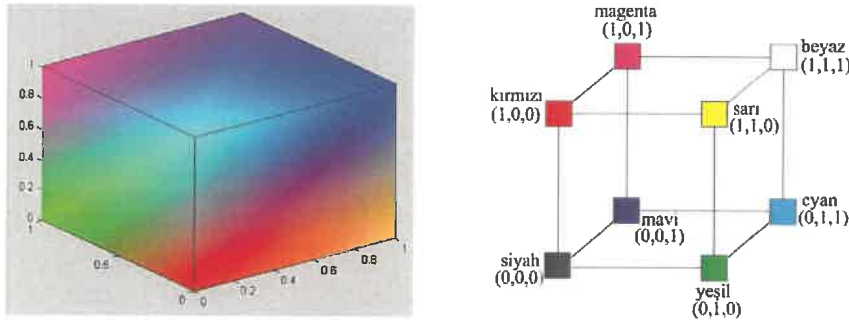
Renkler, cihazın teknik özelliklerine bağımlı olarak üretildiğinde cihaz bağımlı renk uzayı, bağımsız üretildiğinde cihaz bağımsız renk uzayı tanımı yapılabilir. Cihaz bağımlı renk uzaylarında renkler cihaz tarafından oluşturulduğu için birbirinden farklı iki cihaz bulduğu tüm değerleri değişik değerlendirecektir. Cihazdan bağımsız gruptaki renk uzayları ise CIE tarafından standart gözlemci gibi tanımlamalar elde edilerek oluşturulmuştur (Smith ve Guild 1931). Şekil 2.1'de renk uzaylarının bazı özelliklerine göre gruplandırılması gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Renk uzayları

### 2.1.1. RGB renk uzayı

RGB kırmızı, yeşil ve mavi kelimelerinin İngilizce karşılıklarının ilk harflerinin bir araya gelmesi oluşturmuş bir kısaltma olup sayısal ortamda renk bilgisini tanımlamak için en çok kullanılan renk uzayıdır. R simgesi kırmızıyı (255, 0, 0), G simgesi yeşili (0, 255, 0), B simgesi ise mavi (0, 0, 255) rengi ifade eder. Renkli sayısal görüntü üzerinde bir piksel R, G ve B değerlerini taşıyan üç elemanlı bir diziden oluşur. Pikseldeki dizi elemanları  $[0, 255]$  aralığında değer alır. RGB renk uzayında  $2^8 \times 2^8 \times 2^8$  adet farklı renk oluşur. RGB renk uzayı ile ifade edilen renkler çevresel faktörlere (yansıma, bakış açısı, cismin şekli vb.) ve görüntünün alındığı cihaza bağlı olarak farklılık göstermektedir (Buluswar ve Darper 1998). RGB değerleri gibi renk tanıma uygulamasını etkileyebilecek parametrelerden bağımsız değildir. Her renk maksimum piksel değerinde karıştırılırsa beyaz renk, minimum oranda karıştırılırsa siyah renk elde edilir (Gonzales ve Woods 1993).



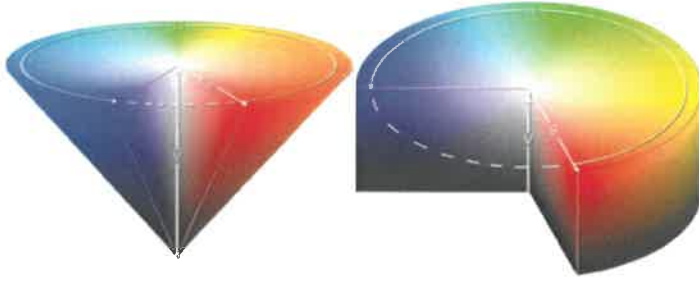
Şekil 2.2. RGB renk uzayı

### 2.1.2. HSV renk uzayı

HSV renk uzayı, RGB renk uzayından doğrusal olmayan bir dönüşüm yapılarak elde edilir. HSV renk uzayı, kullanılan elemana bağlı olarak bir renk değeri üretir. Yani, kullanılan cihaza göre renkler değişiklik gösterebilir. HSV renk uzayı, renkleri sırasıyla renk özü, doygunluk ve parlaklık olarak tanımlar. Renk özü, rengin baskın dalga uzunluğunu belirler. Doymunluk, rengin canlılığını belirler. Yüksek doymunluk canlı renklere neden olurken, düşük doymunluk değeri rengin gri tonlarına yaklaşmasına neden olur. Parlaklık ise rengin aydınlığını yani içindeki beyaz oranını belirler. HSV renk uzayı, RGB uzayına göre insan gözüne daha yakın bir yapı oluşturmaktadır.

HSV uzayı, ilk bulunduğu şekli olarak konik bir şekle sahipti. Fakat daha ileriki yıllarda, gerçek zamanlı geçerli koordinat denetimi için zamanın aygıtları yeterli olmadığından silindirik şekline dönüştürüldü. Detay belirtmek gerekirse, konik şekilde, aydınlık seviyesi düştükçe koninin genişliği azalır, dolayısıyla, insan görmesine yakın olarak, düşük aydınlıkta algılanabilen farklı doymunluk seviyeleri de azalır. Öte yandan, silindirik şekli ile sıfır aydınlık seviyesinde dahi yüksek doymunluk düzeyleri tanımlanabilir ve böylece de geçersiz renkler elde edilebilir. Dolayısıyla görüntü işleme

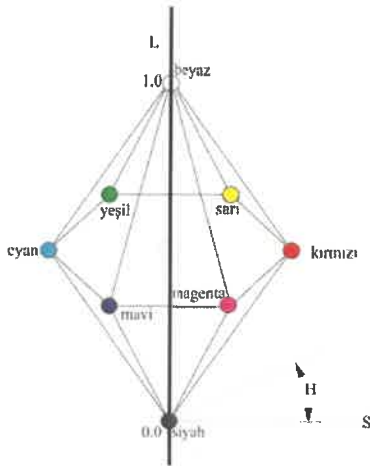
uygulamalarında konik şekli tercih edilirken, renk seçimi konusunda silindir şeklin kullanılma eğilimi vardır.



Şekil 2.3. HSV Renk uzayı

### 2.1.3. HLS renk uzayı

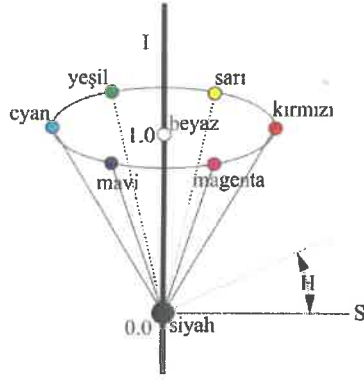
Renk uzayının kısaltmayı oluşturan bileşenleri sırası ile renk adı, açıklık değeri ve doygunluktur. Tetronix şirketi tarafından geliştirilmiştir. HSV renk uzayına benzer. Renk adı ve doygunluk bileşenleri HSV renk uzayındakiyle aynı anlamdadır. Değer, bir renk türünün açıklık-koyuluk ayrımlarını belirlemede kullanılır. HLS renk uzayının şekli ikili altıgen koni şeklindedir.



Şekil 2.4. HLS renk uzayı

### 2.1.4. HSI renk uzayı

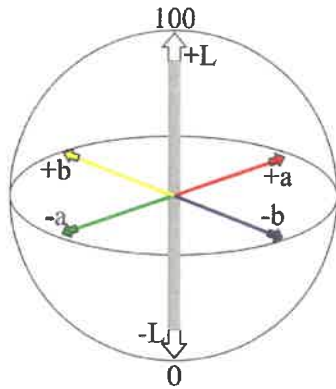
HSV renk uzayına alternatif olarak geliştirilmiştir. HSV renk uzayının bileşenleri renk adı, doygunluk ve yoğunluktur. Yoğunluk, bir renk için gözdeki etkisi en zor tanımlanabilen konudur. Aşağıdaki şekilde renk uzayının geometrik şekli verilmiştir. Yoğunluk değeri, koninin tepesi olarak düşünülen siyahtan olan vektörel uzaklıktır.



Şekil 2.5. HSI renk uzayı

### 2.1.5. Lab renk uzayı

CIE Lab renk uzayı parlaklık (L), kırmızı-yeşil (a) ve sarı-mavi (b) öğelerinden oluşmaktadır. CIE Lab renk uzayı 1976 yılında görsel medya için tasarlanıp oluşturulmuştur. CIE Lab renk uzayı bileşenlerinden L değeri parlaklığı a değeri R/G değerini ve b değeri ise Y/B değerini göstermektedir. Günümüzde CIE Lab renk uzayı çeşitli alanlar için standart renk uzayı olarak seçilmiştir ve bugün pek çok uygulamada kullanılmaktadır. Şekil 2.6'da Lab renk uzayı gösterilmiştir.

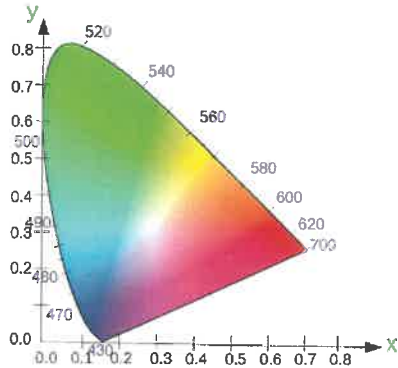


Şekil 2.6. Lab renk uzayı

### 2.1.6. CIE renk uzayı

İnsan gözü içerisinde kırmızı, yeşil ve maviye duyarlı renk algılayıcı hücreler bulunmaktadır. Bu hücrelerden beyine gelen sinyaller ile ışık şiddetini algılayan diğer hücrelerden gelen sinyaller beyin tarafından birleştirilir ve böylece farklı renk algılamaları oluşur. XYZ renk uzayındaki X, Y, Z değerlerinin, bu 3 değer toplamına oranı renkleri tanımlar. X değerinin X, Y ve Z toplamına oranı kırmızıyı, Y ve Z'nin bu toplama oranları ise sırasıyla mavi ve yeşili temsil eder ve x, y, z olarak gösterilir. x,y,z değerleri 0 ile 1 arasındadır ve toplamaları 1'dir (Wright 1928). CIE tarafından 1931 yılında standart aydınlatıcı ve standart gözlemci tanımlamaları üzerine kurulan CIE

XYZ renk uzayının iki boyutlu biçimde gösterimi Şekil 2.7'deki gibidir (Smith ve Guild 1931).



Şekil 2.7. CIE renk uzayı

### 2.1.7. CMY renk uzayı

CMY renk uzayı pigmentlerin ana rengi olan cyan, sarı ve magentadan oluşur. Bu renkler ara renklerdir. Örneğin, sarı pigmentlerle kaplı bir yüzey beyaz ışıkla aydınlatıldığında, yüzeyden yeşil ışık yansıtmayacaktır (Gonzalez ve Woods 2007). Bunun nedeni, cyan, magenta ve sarının sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavinin tamamlayıcıları olmasıdır. CMY renk modeli genellikle renkli baskı için kullanılır.

## 2.2. Renk Uzayları Arasında Dönüşümler

Renk uzayları oluşturulurken birçok parametreye bakılmaktadır. Bulunduğu yer gereği veya kullanım alanına göre sınıflandırılan renk uzaylarının birbiri arasında dönüşümleri gerekli hal alabilmektedir. Örneğin, kameradan alınan RGB görüntüyü daha net baskı yapılması adına CMY renk uzayına dönüştürmek gerekmektedir. Yapılan çalışmada tek bir renk uzayından yararlanılmadığı için renk uzayları arası dönüşümler yapılmıştır.

### 2.2.1. RGB - HSV renk uzay dönüşümü

RGB renk uzayından HSV geçişi yapılmadan önce R, G ve B renk değerleri 0-1 aralığında elde tutulur. Renk değerlerinin en büyük ve en küçük değeri bir değışkende saklanır. Hesaplar yapıldıktan sonra skala aralığını ayarlamak gerekmektedir. H değerini hesaplamak için işlem adımları aşağıdaki gibidir. R, G ve B değerleri Denklem 2.1, Denklem 2.2 ve Denklem 2.3 ile ifade edilmiştir.

$$R = \frac{R'}{\text{SkalaR}} \quad (2.1)$$

$$G = \frac{G'}{\text{SkalaG}} \quad (2.2)$$

$$B = \frac{B'}{\text{SkalaB}} \quad (2.3)$$

R, G ve B renk değerleri denklem ile 0-1 aralığına endekslenir.

$$m_{\max} = \max(R, G, B) \quad (2.4)$$

$$m_{\min} = \min(R, G, B) \quad (2.5)$$

$$\Delta = m_{\max} - m_{\min} \quad (2.6)$$

HSV renk uzayı H,S ve V değerleri hesaplanırken kullanılan  $m_{\max}$ ,  $m_{\min}$  ve  $\Delta$  Denklem 2.4, Denklem 2.5 ve Denklem 2.6 ile hesaplanır.

$$H = \begin{cases} \frac{G-B}{\Delta} & \text{eğer } m_{\max} = R \\ \frac{B-R}{\Delta} & \text{eğer } m_{\max} = G \\ \frac{R-G}{\Delta} & \text{eğer } m_{\max} = B \\ \text{Tanımsız} & \text{eğer } \Delta=0 \end{cases} \quad (2.7)$$

H değeri hesaplanırken R,G ve B renk değerlerinin maksimum olma durumu dikkate alınır.  $\Delta=0$  olması durumunda ise H değeri tanımsızdır. H değeri hesaplaması Denklem 2.7'deki gibidir. V ifadesi  $m_{\max}$  değerine eşittir.

$$V = m_{\max} \quad (2.8)$$

$$S = \begin{cases} 0 & \text{eğer } V=0 \\ \frac{\Delta}{V} & \text{diğer} \end{cases} \quad (2.9)$$

S değeri  $\Delta$  ve V değerine bağlıdır. V değeri 0 olduğunda  $S=0$  olur. Aksi halde S ifadesi Denklem 2.9 ile bulunur.

### 2.2.2. HSV-RGB renk uzay dönüşümü

HSV renk uzayından RGB renk uzayına dönüşüm yapılırken H değerinin 0-6 aralığında S, V değerinin 0-1 aralığında olmasına dikkat edilmelidir. H' ifadesi H değerinin ilk değeridir. 0-6 aralığına endeksli değeri aşağıdaki Denklem 2.10'da gösterilen şartlara bağlı olarak hesaplanır.

$$H = \begin{cases} \text{tanımsız} & \text{eğer } H' = \text{tanımsız} \\ \frac{H'}{\text{SkalaH}} (\text{mod } 6) + 6 & \text{eğer } H' < 0 \\ \frac{H'}{\text{SkalaH}} (\text{mod } 6) & \text{diğer} \end{cases} \quad (2.10)$$

$$S = \frac{S'}{\text{Skala}_S} \quad (2.11)$$

$$V = \frac{V'}{\text{Skala}_V} \quad (2.12)$$

S ve V değerleri 0-1 aralığına bulunduğu skaladan Denklem 2.11 ve Denklem 2.12 ile bulunur. HSV renk uzayından RGB renk uzayına dönüşüm yapılırken  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  parametreleri kullanılır.

$$\alpha = V \times (1 - S) \quad (2.12)$$

$$\beta = \begin{cases} \text{tanımsız} & \text{eğer } H = \text{tanımsız} \\ V \times (1 - (H - |H|) \times S) & \text{diğer} \end{cases} \quad (2.13)$$

$$\gamma = \begin{cases} \text{tanımsız} & \text{eğer } H = \text{tanımsız} \\ V \times (1 - (1 - (H - |H|)) \times S) & \text{diğer} \end{cases} \quad (2.14)$$

$\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  değerleri Denklem 2.12, Denklem 2.13 ve Denklem 2.14'teki gibi H değerinin durumuna bağlı olarak hesaplanır. Bu değerler bulunduktan sonra R, G ve B değerlerinin eşitlikleri Denklem 2.15'de gösterildiği gibidir.

$$(R,G,B) = \begin{cases} (V,V,V) & \text{eğer } H = \text{tanımsız} \\ (V,\gamma,\alpha) & \text{eğer } 0 \leq H < 1 \\ (\beta,V,\alpha) & \text{eğer } 1 \leq H < 2 \\ (\alpha,V,\gamma) & \text{eğer } 2 \leq H < 3 \\ (\alpha,\beta,V) & \text{eğer } 3 \leq H < 4 \\ (\gamma,\alpha,V) & \text{eğer } 4 \leq H < 5 \\ (V,\alpha,\beta) & \text{eğer } 5 \leq H < 6 \end{cases} \quad (2.15)$$

R,G,B renk değerlerinin istenilen skalada karşılığı bulunması için Denklem 2.16, Denklem 2.17 ve Denklem 2.18'deki gibi uygun skala katsayısıyla çarpılması gerekir.

$$R' = R \times \text{Skala\_katsayısı} \quad (2.16)$$

$$G' = G \times \text{Skala\_katsayısı} \quad (2.17)$$

$$B' = B \times \text{Skala\_katsayısı} \quad (2.18)$$

### 2.2.3. RGB-Lab renk uzay dönüşümü

RGB renk uzayından Lab renk uzayına dönüşüm iki adımla yapılır. Birinci adım RGB renk uzayından XYZ renk uzayına dönüşümdür. RGB değerleri bulunduğu skala aralığı ne olursa olsun 0-1 değer aralığına endekslenir. Genel kullanımda skala 0-255



aralığında olduğu için endeksleme yapılırken değerler Denklem 2.19, Denklem 2.20 ve Denklem 2.21'deki gibi hesaplanır.

$$R' = \frac{R}{255} \quad (2.19)$$

$$G' = \frac{G}{255} \quad (2.20)$$

$$B' = \frac{B}{255} \quad (2.21)$$

CIE 1931 standartlarında lineer olarak RGB den XYZ elde edilirken kullanılan katsayılar verilmiştir (Smith ve Guild 1931). Ancak insanın görme frekansına uygun bant genişliğini maksimum seviyede kullanmak için Denklem 2.22, Denklem 2.23 ve Denklem 2.24'de ki gibi gama düzeltmesi yapılmaktadır (Charles 2003).

$$R' = \begin{cases} \frac{(R'-0.55)^{2.4}}{1.055} & \text{eğer } R' > 0.4045 \\ \frac{R'}{12.92} & \text{diğer} \end{cases} \quad (2.22)$$

$$G' = \begin{cases} \frac{(G'-0.55)^{2.4}}{1.055} & \text{eğer } G' > 0.4045 \\ \frac{R'}{12.92} & \text{diğer} \end{cases} \quad (2.23)$$

$$B' = \begin{cases} \frac{(B'-0.55)^{2.4}}{1.055} & \text{eğer } B' > 0.4045 \\ \frac{B'}{12.92} & \text{diğer} \end{cases} \quad (2.24)$$

$R'$ ,  $G'$  ve  $B'$  lineer değerler bulunduktan sonra CIE standartlarına D65 güçlendiricisine göre Denklem 2.25'de ki gibi X, Y, Z değerleri elde edilir.

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ 0.2126 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9505 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \text{varR} \\ \text{varG} \\ \text{varB} \end{pmatrix} \quad (2.25)$$

RGB renk uzayından Lab renk uzayına dönüşümün ikinci aşaması aşağıdaki gibidir. Bulunan X,Y ve Z değerleri Denklem 2.26, Denklem 2.27 ve Denklem 2.28'deki gibi referans aralığına endekslenir.

$$X' = \frac{X}{\text{ref}x} \quad (2.26)$$

$$Y' = \frac{Y}{\text{ref}y} \quad (2.27)$$

$$Z' = \frac{Z}{\text{ref}z} \quad (2.28)$$

L, a ve b değerleri aşağıdaki denklemler sonucu bulunur (Ford Roberts 1998).

$$X' = \begin{cases} (X')^{1/3} & \text{eğer } X' > 0.008856 \\ X' \times 7.787 + 0,13793 & \text{diğer} \end{cases} \quad (2.29)$$

$$Y' = \begin{cases} (Y')^{1/3} & \text{eğer } Y' > 0.008856 \\ Y' \times 7.787 + 0,13793 & \text{diğer} \end{cases} \quad (2.30)$$

$$Z' = \begin{cases} (Z')^{1/3} & \text{eğer } Z' > 0.008856 \\ Z' \times 7.787 + 0,13793 & \text{diğer} \end{cases} \quad (2.31)$$

X', Y' ve Z' değerlerinin hesaplanmasının ardından L, a ve b değerleri aşağıdaki Denklem 2.32, Denklem 2.33 ve Denklem 2.34 ile bulunur.

$$L = 116 \times Y' - 16 \quad (2.32)$$

$$a = 500 \times (X' - Y') \quad (2.33)$$

$$b = 200 \times (Y' - Z') \quad (2.34)$$

### 2.3. Morfolojik İşlemler

Morfolojik işlemler, bir görüntü üzerinden bir nesneyi tespit etmek veya görüntüden ayırmak için kullanılan işlemlerdir. Morfoloji, binary görüntü analizleri için kullanılmış daha sonra geliştirilerek gri seviye görüntüler içinde kullanılmaya başlanmıştır. RGB görüntüler gri seviye ve dolayısıyla binary görüntülere göre çok fazla ayrıntı içerdiğinden görüntü işleme uygulamalarında tercih edilmemektedir. Görüntüler öncelikle uygun gri seviyeye dönüştürülerek devamında binary formata geçişi yapılır. Bu geçiş sırasında hata payını düşürmek var olan veya sonradan ortaya çıkan gürültüleri kaldırmak için gerekli morfolojik işlemler görüntüye uygulanır.

### 2.3.1. Morfolojik görüntü işleme

Morfolojik işlemler, görüntünün genel boyutları, biçim tanımı yapılması ve görüntü üzerindeki gürültülerin giderilmesi için kullanılan materyallerdir. Görüntü üzerinden işlem yapılmadan önce veya sonra kullanılmaktadır.

İlk morfolojik işlemlerin temellerini Georges Motteron ve Jeon Serra 1980'li yıllarda atmıştır. Bu metotların temelinde genişleme ve aşınma işlemi yatmaktadır. Sayısal veriler için genişleme Minkowski küme toplama işlemi, aşınma işlemi ise Minkowski küme çıkarma işlemidir. Genişleme küme mantığıyla birleşim, aşınma işlemi ise kesişim anlamına denk gelmektedir. Morfolojik işlemlerin matematiksel ifadeleri Çizelge 2.1'de verilmiştir.

**Çizelge 2.1.** Morfolojik işlemlerin matematiksel ifadeleri

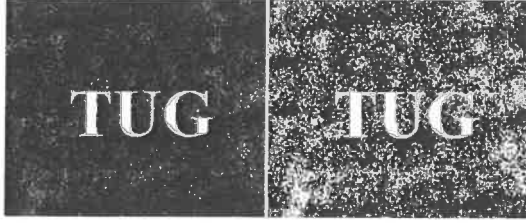
Genişleme	$F \oplus T = \{p \in Z^2 : p = f + t, f \in F, t \in T\}$
Aşınma	$F \ominus T = \{p \in Z^2 : p + f \in F, t \in T\}$
Açınım	$F \circ T = (F \ominus T) \oplus T$
Kapanım	$F \bullet T = (F \oplus T) \ominus T$

Denklemlerdeki  $F$  ifadesi görüntü,  $T$  yapı elemanı,  $f$   $F$ 'in bir elemanı,  $t$  ise  $T$ 'nin bir elemanıdır.

### 2.3.2. Basit morfolojik operatörler

#### 2.3.2.1. Genişleme işlemi

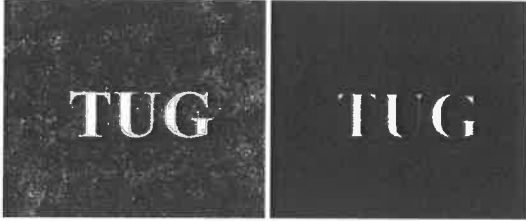
Binary görüntüde nesnelere büyütme veya belirgin hale getirmeye yarayan morfolojik işlemidir. Genişleme işleminin amacı dijital bir görüntüyü genişletmek ve görüntüyü yapılandırma elemanı ile kesiştiği kısımları büyütme işlemidir. Bu işlem sonucunda görüntüde var olan gürültüler kayba uğrar, delikler kapanır ve boşluklar yapılandırma elemanına uygun biçimde giderilir. Rastgele oluşturulmuş gürültülü bir görüntüde genişleme işlemi sonrasında elde edilen görüntü Şekil 2.8'de gösterilmiştir. Görüntü üzerinde gürültü olarak tabir edilen istenmeyen nesnelere genişleme işlemi sayesinde birleşir ve genişler.



Şekil 2.8. Örnek görüntü ve genleşme işlemi uygulanmış görüntü

### 2.3.2.2. Aşınma işlemi

Binary görüntüde nesnelere küçültmeye veya belirginliğini azaltmaya yarayan morfolojik işlemdir. Aşınma işlemi tamamen genleşme işleminin tersidir denilirse de kabul edilebilir oranda zıt yönde işlem yapar. Aşınma işlemi sonucunda görüntü üzerindeki nesnelere küçültür ve var olan delikler genişler. Birbirine bağlı nesnelere ayırmada kullanılması uygundur. Aşınma işlemi Şekil 2.9'da gösterilmiştir.

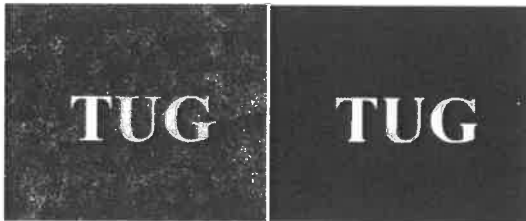


Şekil 2.9. Örnek görüntü ve aşınma işlemi uygulanmış görüntü

### 2.3.3. Bileşik morfolojik operatörler

#### 2.3.3.1. Açınım işlemi

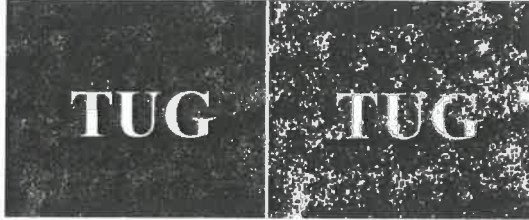
Dijital görüntü üzerinde aşınma işleminin uygulanmasının ardından elde edilen görüntüye genleşme işlemi yapılması sonucu açma işlemi elde edilir. Görüntüdeki cisimler arası boşluklar yapı elemanına uygun olarak temizlenir. Bu işlem sonucunda orijinal görüntüdeki nesnelere küçülmüş olur. Açma işlemi sonrasında birbirine yakın iki nesne de fazla değişikliğe uğratmadan ayrılma söz konusu olur. Açınım işlemi Şekil 2.10'da gösterilmiştir.



Şekil 2.10. Örnek görüntü ve açınım işlemi uygulanmış görüntü

### 2.3.3.2. Kapanım işlemi

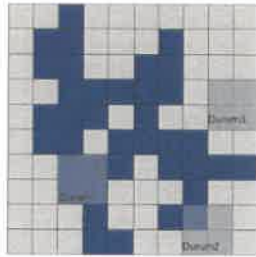
Dijital görüntü üzerinde genleşme işlemin uygulanmasının ardından elde edilen görüntüde aşınma işleminin yapılması sonucu kapama işlemi elde edilir. Görüntüde cisimlerin arası fazla değişime uğramadan kapanır. Birbirine yakın durumdaki nesnelere arasında var olan boşluklar giderilir. Kapanım işlemi Şekil 2.11’de gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Örnek görüntü ve kapanım işlemi uygulanmış görüntü

### 2.4. Yapılandırma Elemanları

Yapılandırma elemanları; bir görüntüde yapmak istediğimiz işleme ve uygulamaya göre uygun boyutlarda ve biçimde oluşturulmuş küçük binary seviyede görüntülerdir. En sık kullanılanları kare, dikdörtgen ve dairedir. Şekil 2.13’te yapılandırma elemanları görülmektedir. Morfolojik işlemler uygulanabilmesi için yapılandırma elemanlarına ihtiyaç duyulur. Yapılandırma elemanlarının nesne üzerinde üç durumda işlem yapmaktadır. Piksellerin tümünün nesneye denk gelmesi, herhangi bir pikselin nesneye denk gelmesi ve hiçbir pikselin denk gelmemesi durumlarıdır. Bu durumlar Şekil 2.12’de gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Yapılandırma elemanları durumları

0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0
1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
						0	1	1	1	0
						0	0	1	0	0

Şekil 2.13. Yapılandırma elemanlarına örnek

## 2.5. K-means Kümeleme Algoritması

Mac Queen (1967) tarafından ortaya konulan bu algoritma, kümeleme problemini çözen en basit kontrolsüz öğrenme algoritmalarından biridir. K-means algoritması kümeleme, bölümlenme veya gruplama algoritmasıdır. Birbirine benzer özellikteki nesnelere bir araya toplama mantığına dayanmaktadır. K-means algoritması iyi sonuçlar üretebilen birçok uygulamada kullanılan, her verinin sadece bir gruba ait olmasına uygun hareket eden keskin kümeleme algoritmasıdır.

K-means algoritmasında grup sayısı önceden belirtilir ve bu değeri algoritma tamamlanana kadar değişmeyen  $k$  sabiti ifade eder (Kaufman 1990). K-means algoritması  $k$  değerini kendisi tespit etme gücüne sahip değildir. Deneysel gözlem sonucunda uygun  $k$  değeri bulunur.

K-means kümeleme algoritması matematiksel olarak yorumlandığında, nesnelere buldukları gruptaki merkeze uzaklıkları hesaplanır. Bu uzaklıkların hesaplanmasında Öklid uzaklığı, Chebyshev uzaklığı gibi farklı matematiksel formüller kullanılmaktadır. K-means kümeleme algoritmasının değerlendirilmesinde en yaygın bilinen Öklid uzaklığının karesi kullanılır. En düşük uzaklık değerine sahip kümeleme en doğru sonucu verir. Nesnelere buldukları kümelerin merkez noktalarına olan uzaklıklarının karelerinin toplamı aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır (Aloise vd. 2009).

$$\sum_1^k \sum_{x \in X_i} (\text{öklid uzaklık}) (M_i, x) \quad (2.35)$$

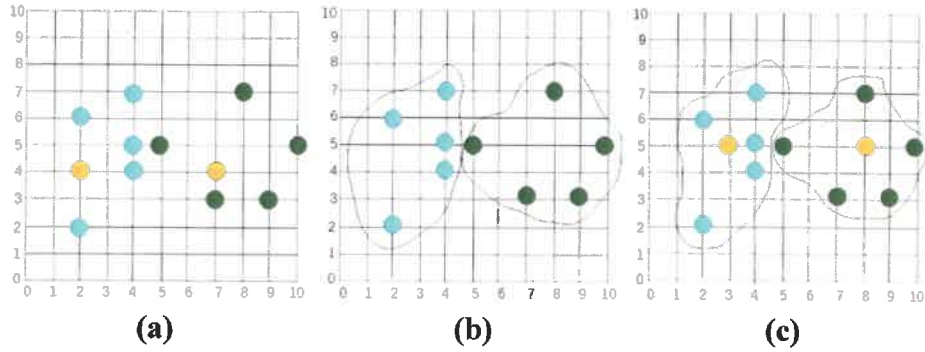
Denklemdaki  $k$  küme sayısını,  $M_i$  kümenin merkezini,  $X_i$  veri kümesini,  $x$  ise küme elemanını ifade etmektedir. Bu denklem sonucunda,  $k$  tane kümenin elverdikçe yoğun ve birbirinden ayrı sonuçlanması hedeflenmeye çalışılır. Algoritma, Öklid uzaklığı kareleri toplamını azaltacak  $k$  parçayı belirlemeye çalışır. K-means algoritması, algoritmaya kullanıcının verdiği  $k$  parametresi ile  $n$  tane veriden oluşan veri dizisini  $k$  adet kümeğe böler. Küme benzerliği, kümedeki objelerin ortalama değeri ile ölçülür, bu da kümenin ağırlık merkezidir (Xu ve Wunsch 2005).

K-means adımları aşağıda açıklanmıştır:

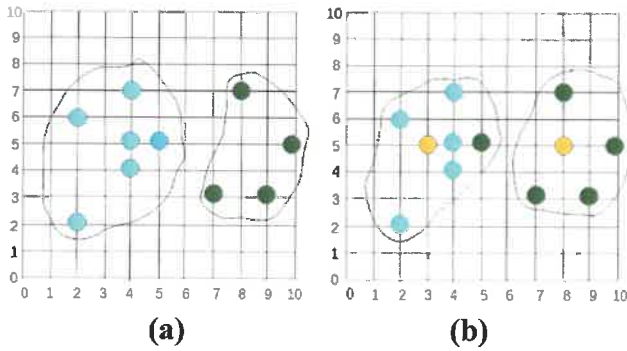
- a. İlk olarak küme merkezleri belirlenir. Bunun için iki değişik yöntem kullanılabilir. Birinci yöntemde objeler arasından küme sayısı olan  $k$  adet rastgele nokta seçilmesidir. İkinci yöntem ise merkez noktaların tüm objelerin ortalamasının belirlenmesidir.
- b. Test kümesindeki tüm verinin seçilen merkez noktalara yakınlığı Öklid uzaklığı yöntemiyle hesaplanır.

- c. Her bir veri kendine en yakın merkez noktanın olduğu kümeye dahil edilir.
- d. Oluşan kümelerin merkez noktaları o kümedeki tüm nesnelerin ortalama değerleri ile değiştirilir.
- e. Kümeleme işlemi yeni merkez noktasına uygun olarak tekrar yapılır.

Merkez noktalar değişmeyene kadar b, c, d ve e adımları tekrarlanır. Algoritmanın performansını etkileyen özelliklere bakıldığında ; k küme sayısı, başlangıç olarak seçilen küme merkezlerinin değerleri ve benzerlik ölçümüdür. K-means algoritmasının adımları Şekil 2.14 ve Şekil 2.15'te verilmiştir.



**Şekil 2.14.** a) k adet nokta seçilmesi; b) seçilen noktaların merkeze uzaklıklarının hesaplanması; c) her noktanın kendine en yakın noktaya dâhil edilmesi



**Şekil 2.15.** a) Kümelerin merkez noktalarının o kümedeki nesnelerin ortalama değerleri ile değiştirilmesi; b) kümeleme işleminin yeni merkez noktasına uygun olarak tekrar yapılması

## 2.6. Otsu Algoritması

Otsu metodu, gri seviyeli görüntüler üzerinde çalışan bir metottur. Görüntü üzerindeki piksel değerlerinin, görüntüde kaçar defa bulunduğu mantığıyla geliştirilen Otsu metodu, gri seviyeli bir görüntüyü en ideal biçimde siyah beyaz görüntü haline

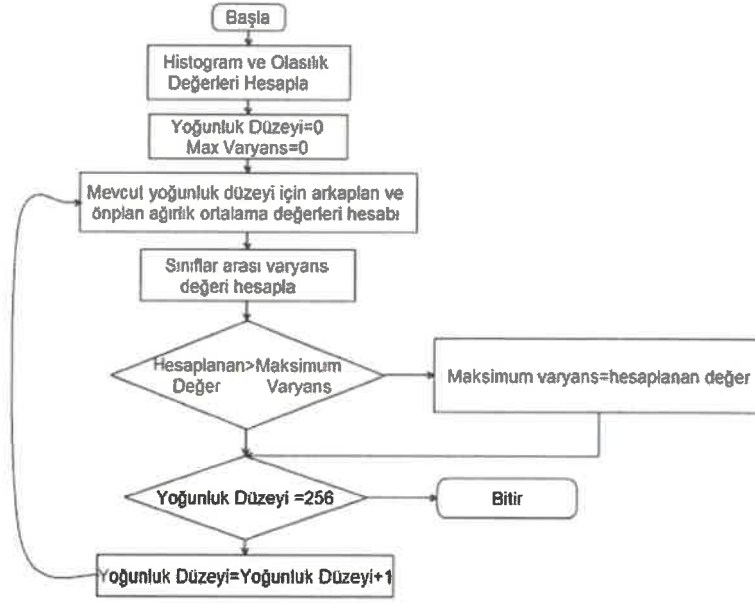
getirmek için kullanılan yüksek verimli bir metottur. Otsu metodu algoritmasının çalışma mantığı renk piksel değerlerinin kaçar defa kullanılmasına bakıldığı için öncelikle görüntünün histogramı hesaplanır. Sonraki işlemlerde bu histogram hesabı kullanılır. Otsu yönteminde, en iyi eşik değerinin belirlenmesi için ön ve arka plan piksellerine ilişkin ağırlıkları belirlenmiş sınıf içi varyans değerinin minimize edilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Sınıf içi varyans değerinin minimize eden değer sınıflar arası varyans değerini maksimize etmektedir (Özkan 2011). Otsu algoritmasının kullanımına yönelik Şekil 2.16'da nesne tespit örneği verilmiştir.



**Şekil 2.16.** Örnek görüntü ve otsu algoritması uygulanmış hali

Gri seviyeli bir görüntüyü siyah beyaz görüntüye dönüştürebilmek için baz alınacak bir eşik değere ihtiyaç vardır. Sabit bir eşik değeri belirlendiğinde farklı görüntülerde farklı sonuçlar alınacağı için her işlem sırasında eşik değeri bulunması gerekmektedir. Otsu metodu gerekli olan bu eşik değeri bulunmasına olanak sağlamaktadır. Eşik değeri bulunurken sınıf içi varyans değerine bakılır. Varyans değerinin en küçük olduğu değer en ideal eşik değeri ifade eder. Görüntü üzerindeki pikseller bulunan eşik değere göre iki kümeye ayrılır; eşik değeri altındaki pikseller siyaha, üstündeki pikseller ise beyaza dönüşür. Şekil 2.17'de otsu algoritmasının akış diyagramı verilmiştir.





Şekil 2.17. Otsu algoritması akış diyagramı

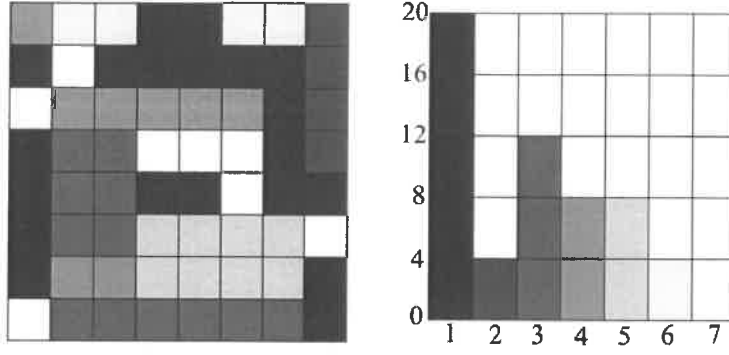
Varyans bir sayı dizisinde, dizinin aritmetik ortalaması etrafındaki dağılımının yorumlanabilmesine olanak sağlayan bir ölçüdür. Varyans değerinin yüksek olması, değerlerin dağınık ve kendi ortalama değerlerinden uzak olduklarını, düşük olması ise değerlerin kendi ortalamaları etrafında çok dağılmadıklarını gösterir. Varyans ifadesinin matematiksel formülü aşağıdaki gibidir.

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{\mu})^2 \text{Pr} (X_i) \quad (2.36)$$

Görüntü üzerinde bir renk piksel değerinin olasılığı, bu değer in görüntü üzerindeki sayısının, görüntüdeki toplam piksel sayısına bölümüdür. Otsu metodunda, sınıf içi varyansı minimuma indiren eşik değeri aranmaktadır. Bu değer aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

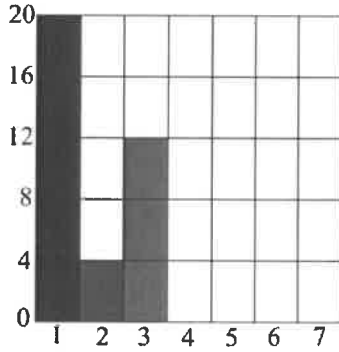
$$\sigma_w^2(t) = w_b(t)\sigma_b^2(t) + w_f(t)\sigma_f^2(t) \quad (2.37)$$

Şekil 2.18’de gri seviyede örnek bir görüntü ve histogramı verilmiştir.



**Şekil 2.18.** Gri seviyede örnek 8x8 görüntü ve histogramı

Şekil 2.18'deki görüntü 64 pikselden oluşmuş gri seviye görüntüdür ve piksel değeri 1 ile 7 arasında değişmektedir. Bu görüntünün arka plan histogramı Şekil 2.19'da gösterilmiştir.



**Şekil 2.19.** Gri seviyede örnek 8x8 görüntünün arka plan histogramı

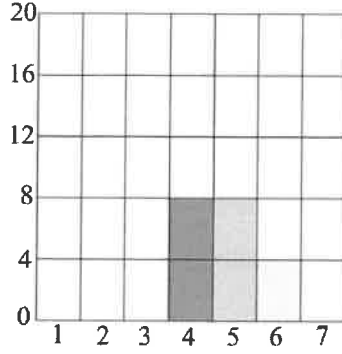
Şekil 2.19'daki histogram görüntüsü için ağırlık, ortalama ve varyans hesaplamaları sırasıyla aşağıda gösterilmiştir.

$$w_b = \frac{20+4+12}{64} = 0,5625 \quad (2.38)$$

$$\mu_b = \frac{(1*20)+(2*4)+(3*12)}{36} = 1,77778 \quad (2.39)$$

$$\sigma_b^2 = \frac{((1-2)^2*20)}{36} + \frac{((2-2)^2*4)}{36} + \frac{((3-2)^2*12)}{36} = 0,8394 \quad (2.40)$$

olarak hesaplanır.



**Şekil 2.20.** Gri seviyede örnek 8x8 görüntünün ön plan histogramı

Şekil 2.20’de verilen ön plan histogramı için de aynı değerler hesaplanır.

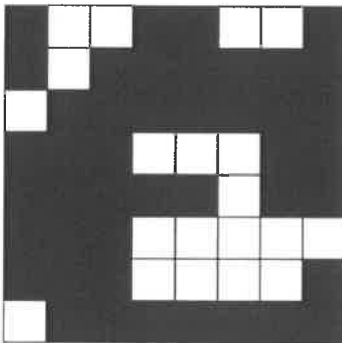
$$w_f = \frac{8+8+4+8}{64} = 0.4375 \quad (2.41)$$

$$\mu_b = \frac{(4*8)+(5*8)+(6*4)+(7*8)}{28} = 5,4285 \quad (2.42)$$

$$\sigma_f^2 = \frac{((4-5.4285)^2*8)}{28} + \frac{((5-5.4285)^2*8)}{28} + \frac{((6-5.4285)^2*4)}{28} + \frac{((7-5.4285)^2*8)}{28} = 1,38 \quad (2.43)$$

$$\sigma_w^2(t) = w_b(t)\sigma_b^2(t) + w_f(t)\sigma_f^2(t) = 0.5625*0,8394 + 0,4375*1,38 = 1,08 \quad (2.44)$$

Sınıf içi varyans Denklem 2.48’deki gibi hesaplandığında elde edilen sonuç yukarıdadır. Örnek görüntünün eşik değerine göre bölütlenmiş hali Şekil 2.21’deki gibidir.



**Şekil 2.21.** Gri seviye 8x8 görüntünün otsu algoritması ile binary dönüşümü

Sınıf içi varyans değeri minimumda iken, sınıflar arası varyans değeri maksimum olur. Sınıflar arası varyansın formülü aşağıda verilmiştir:

$$\sigma_b^2(t) = \sigma^2 + \sigma_w^2(t) = w_b(t)w_f(t)(\mu_b(t) - \mu_f(t))^2 \quad (2.45)$$

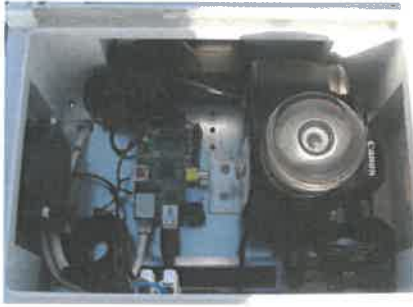
$\sigma_b^2$  Arka plan görüntü için varyans değeri,  $\mu_b$  ve  $\mu_f$  sırasıyla arka plan ve ön plan görüntü için ortalama değerleri  $\omega_f$  ve  $\omega_b$  ise sırasıyla arka plan ve ön plan görüntü için ağırlık değerleridir. Denklem 2.45 sınıfların olasılıkları ve ağırlıkları cinsinden sınıflar arası varyans formunu vermiştir. Bu ifade sınıf içi varyansların hesaplanmasına göre daha az işlem gerektirir. Dolayısıyla efektif bir algoritma olarak kullanılabilir.

Otsu metodunun uygulanışının algoritması aşağıda verilmiştir.

1. Her yoğunluk düzeyi için olasılık ve histogram hesaplanır.
2. Başlangıç  $\omega_i(0)$  ve  $\mu_i(0)$  değerleri hesaplanır.
3. Eşik değeri bir den başlayarak maksimum yoğunluğa kadar
  - a)  $\omega_i$  ve  $\mu_i$  değerleri hesaplanır.
  - b) Sınıflar arası varyans değeri hesaplanır.
4. Maksimum sınıf içi eşik değerini veren eşik değeri aranılan değerdir.

### 3. MATERYAL VE METOT

Tüm gökyüzü kamerasından alınan görüntüler kullanılarak bulutluluk analizi yapılan bu çalışma şematik olarak Şekil 3.2’de verilmiştir. TUG’da kurulu olan Şekil 3.1’de gösterilen tüm gökyüzü kamerasından alınan görüntü Raspberry Pi gömülü sistem kartı tarafından kurum veri tabanına gönderilir. Veri tabanından alınan görüntü öncelikle gece ya da gündüz olmasına bakılarak algoritmalara yönlendirilir. Gece gündüz ayırımına bakılırken kandilli rasathanesi Antalya ili gün doğuş ve batış zamanı dikkate alınır. Gün batımında oluşan kıvılcık farklı algoritma çalışması gerektirdiği için gece gündüz zaman ayırımı önemlidir.



Şekil 3.1. Tüm gökyüzü kamera sistemi

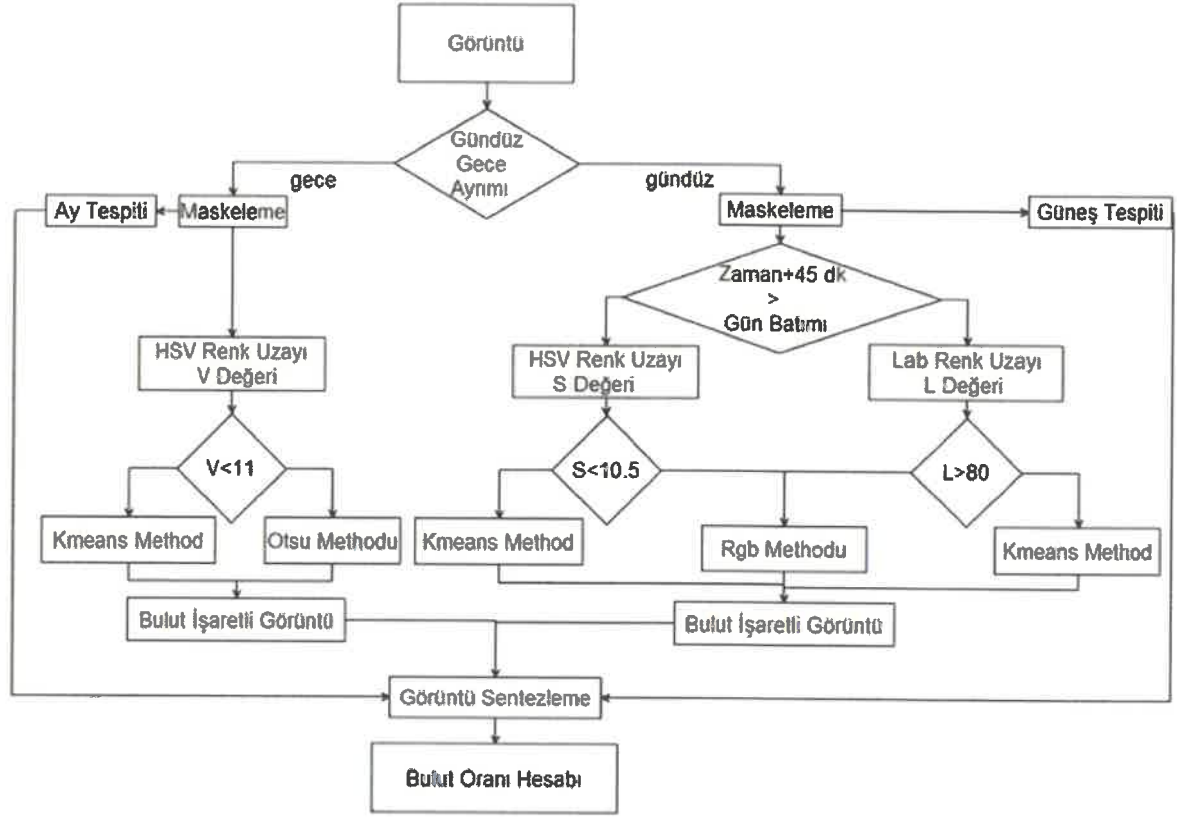
Gündüz alınan tüm gökyüzü kamera görüntüsü güneş ve bulut tespiti olarak iki kola ayrılır. Dış etkileri azaltmak ve sabit bir alanda çalışma gözlemlemek için üretilen maskeler kullanılır. Maskeleyme işleminin ardından sistem gün batımından 45 dakika öncesine kadar olan süreçte HSV renk uzayında çalıştırılır. Eğer HSV renk uzayı S verisi 10.5 değerinden küçük ise; K-means kümeleme algoritması, büyük ise; RGB Renk Uzay Metodu kullanılır.

Sistem gün batımından 45 dakika öncesine kadar olan zaman diliminde LAB renk uzayında çalışır. LAB renk uzayı L verisi 80’den büyük olduğunda RGB Renk Uzay Metodu, küçük olduğunda ise K-means kümeleme algoritması çalışır. Bu işlem paralelinde güneş tespiti yapılarak bulut işaretlenmiş görüntü ile güneş tespiti yapılan görüntü birleştirilir. Bu işlemlerin sonucunda tüm gökyüzü bulutluluk oranı v istenilen dilim ve bölgenin bulutluluk analizi yapılır.

Gece alınan tüm gökyüzü kamera görüntüsü ay ve bulut tespiti olarak iki kola ayrılır. Şehir ışıkları gözlemevi bina faktörü algoritmaları etkilediği için maskeleyme işlemi özellikle gece analiz durumlarında gereklidir. Bu nedenle kullanılan maske daha küçük ebattadır.

Gece alınan görüntü analizlerinde HSV renk uzayı V değerine bakılır. V değeri 11 den küçük ise; K-means kümeleme algoritması, büyük ise; OTSU metodu kullanılır. Bu işlem paralelinde Ay tespiti yapılarak bulut işaretlenmiş görüntü ile Ay tespiti

yapılmış görüntü birleştirilir. Bu işlemlerin sonucunda tüm gökyüzü bulutluluk oranı ve istenilen dilim ve bölgenin bulutluluk analizi yapılır.



Şekil 3.2. Çalışmanın akış diyagramı

### 3.1. Gece-Gündüz Ayrımının Yapılması

Gece ve gündüz için belirlenmiş algoritmaların sistemli bir şekilde çalıştırılması gerekmektedir. Sistemin izleyeceği yolu belirleyebilmesi için gün doğuş ve batış zamanlarını anlık zaman bilgisi ile karşılaştırması ve gece veya gündüz kararı vermesi gerekmektedir.

Güneş'in doğuş ve batış vakitleri sabit olduğundan, il ve ilçelere ait gün doğuş ve batış zaman verileri geriye ve ileriye dönük her yıl için kullanılabilir. Yaz saati uygulanan dönemde gün doğuş ve batış zamanlarına bir (1) saat ilave edilmesi gerekmektedir. Çizelge 3.1'de Antalya İli için örnek olarak Ocak, Şubat ve Mart aylarının 15 günlük gün doğuş ve batış zamanları yer almaktadır. Çizelge3.1'de yer alan gün doğuş veya batış süreleri ile anlık zaman karşılaştırılır. Ayrım yapılmasının ardından Şekil 3.2'de belirtilen renk uzayı parametre değerlerine göre uygun algoritma seçilir ve bulutluluk analizi gerçekleştirir.

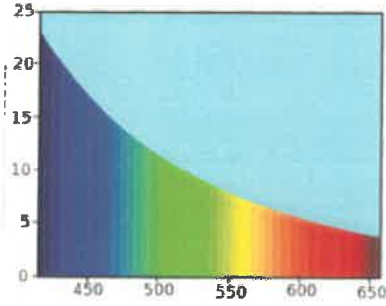
**Çizelge 3.1.** Antalya ili gün doğuş batış saatleri örneği

Günler	OCAK Gün. Doğ. Sa. Dak.	OCAK Gün. Doğ. Sa. Dak.	ŞUBAT Gün. Doğ. Sa. Dak.	ŞUBAT Gün. Doğ. Sa. Dak.	MART Gün. Doğ. Sa. Dak.	MART Gün. Doğ. Sa. Dak.
1	07:06	16:55	06:56	17:26	06:24	17:56
2	07:06	16:56	06:55	17:27	06:22	17:57
3	07:06	16:56	06:54	17:28	06:21	17:58
4	07:06	16:57	06:54	17:29	06:20	17:58
5	07:07	15:58	06:53	17:30	06:18	17:59
6	07:07	16:59	06:52	17:31	06:17	18:00
7	07:07	17:00	06:51	17:32	06:15	18:01
8	07:07	17:01	06:50	17:33	06:14	18:02
9	07:07	17:02	06:49	17:34	06:13	18:03
10	07:06	17:03	06:48	17:35	06:11	18:04
11	07:06	17:04	06:47	17:36	06:10	18:05
12	07:06	17:05	06:46	17:37	06:08	18:06
13	07:06	17:06	06:45	17:38	06:07	18:07
14	07:06	17:06	06:44	17:39	06:05	18:08
15	07:05	17:07	06:43	17:41	06:04	18:09

### 3.2. Gündüz Alınan Görüntülerde Bulutluluk Analizi

Gökyüzünün açık olduğu durumlarda, Şekil 3.3'deki Rayleigh dağılım grafiğinden de anlaşılacağı üzere gaz moleküllerinin etkisiyle mavi ışık kırmızı ışığa göre daha çok saçılmaktadır (Chakraborti 2007). Bunun için insanların gözleri hava temiz olduğu durumda gökyüzünü mavi görmektedir. Bulutlar, özelliği itibarıyla mavi ve kırmızının birbirine yakın seviyede saçılmasına neden olur. Mavi ve kırmızı renk saçılmaları birbirine yakın olduğu için bulutlar gri renkte görünürler (Petty vd. 2006). Bu durumdan dolayı bulut tespiti yapılırken mavi rengin kırmızı rengine oranı ya da mavi renk kırmızı renk piksel değer farkı hesaplanılarak bulut eşik değer sabiti bulunmaya çalışılmıştır (Pfister ve Heinle 2003). Çalışmada ise bu yöntemle birlikte parçalı bulutlu durumları için k-means kümeleme yöntemi ile bulutlu ve açık gökyüzü ayırt edilmeye çalışılmıştır.

Havanın parçalı bulutlu olduğu durumlarda alınan görüntülerde K-means Kümeleme Yöntemi ile yüksek oranda başarı elde edilmesine rağmen, tam kapalı ya da bazı açık görüntülerde dış faktörlerden dolayı istenilen sonuç alınamamıştır. İki yöntemden hangisinin kullanılacağını belirlemek için renk uzayı parametrelerinden yararlanılmıştır ve görüntüler iki sınıfa ayrılmıştır. Gündüz görüntülerinde kullanılacak algoritma tayininde RGB, HSV, Lab gibi renk uzay parametreleri incelenmiştir.



Şekil 3.3. Rayleigh dağılımı

### 3.2.1. Güneş'in tespiti

Güneş tespiti için örnek bir görüntünün HSV renk uzay parametrelerine bakıldığında parlaklık değerinin 200'den büyük, doygunluk değerinin de 10'dan küçük olduğu görüntü pikselleri güneş olarak kabul edilmiştir (Roy vd. 2008). Şekil 3.4'te pikseller gökyüzü, bulut, ve güneş olarak gösterilmiştir.

Bulunan parlaklık ve doygunluk değerleriyle Güneş tespiti yapıldığında görüntüdeki Güneş' in etrafındaki bazı piksellerin de Güneş'e aitmiş gibi algılandığı saptanmıştır. Bu pikselleri ortadan kaldırmak ve tespiti yapılan güneş piksellerindeki çıkıntılarını yok edebilmek için morfolojik işlemlerden aşınma işlemi uygulanmıştır. Aşınma işlemi detaylı biçimde bölüm ikide anlatılmıştır. Bu işlemin uygulanmasının ardından ortadan kaldırılamayan pikseller bulunduğu için bağlı büyük nesne Güneş kabul edilmiştir.

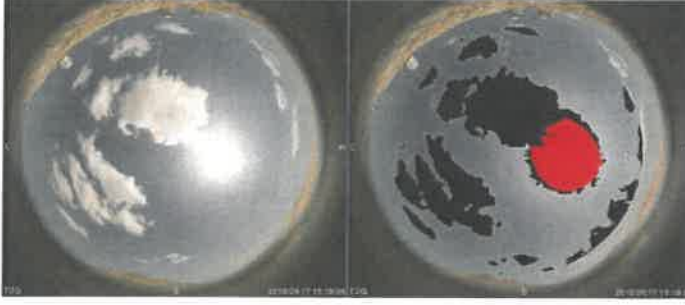


Şekil 3.4. Güneş tespiti

### 3.2.2. K-means kümeleme yöntemi ile bulutluluk tespiti

K-means Kümeleme Yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen bulutluluk analizinde parçalı bulutlu hava görüntülerinde bulutların büyük oranda tespit edildiği görülmüştür. Açık gökyüzü ve kapalı gökyüzü ayrımı yapılması için görüntünün istenilen alan içerisindeki piksellerinin Lab renk uzayındaki a ve b parametreleri hesaplanmıştır. Bulunan a ve b parametreleri k-means kümeleme yöntemi ile ikiye ayrılarak bulutlu ve açık gökyüzü belirlenmiştir.





Şekil 3.5. K-means kümeleme yöntemi kullanılmış uygulama örneği

### 3.2.3. RGB renk uzay yöntemi ile bulutluluk tespiti

K-means kümeleme yöntemiyle, görüntüler üzerindeki nesnelere belirtilen sayıda sınıfa ayrılmaktadır. Bu yöntem parçalı bulutlu durumlar için başarılı olabilmektedir. Kar yağışlı havalarda ya da kapalı havalarda alınan kamera görüntüsü beyaza yakın bir görünümde olur. Beyaza dönük bu görüntüler üzerinde kümeleme yöntemi istenilen sonucu vermemektedir. Böyle durumlar da 3 boyutlu matristen oluşan RGB renk uzayında R parametresi ile B parametresi arasındaki fark deneysel gözlemlere dayanarak belirlenen eşik değere dikkate alınarak bulutluluk tespiti yapılmıştır. Deneysel gözlemler sonucunda bu eşik değeri 20 kabul edilmiştir. Aynı zamanda gün batışında gökyüzündeki mavi rengin saçılması farklı olmasından dolayı K-means yöntemi başarısız olmuştur ve RGB uzay metodu ile başarı elde edilmiştir. Şekil 3.6'da RGB renk uzay yöntemi ile işlem yapılan bulutluluk tespitine örnek verilmiştir.



Şekil 3.6. RGB renk uzay yöntemi kullanılmış uygulama örneği

### 3.3. Gece Alınan Görüntülerde Bulutluluk Analizi

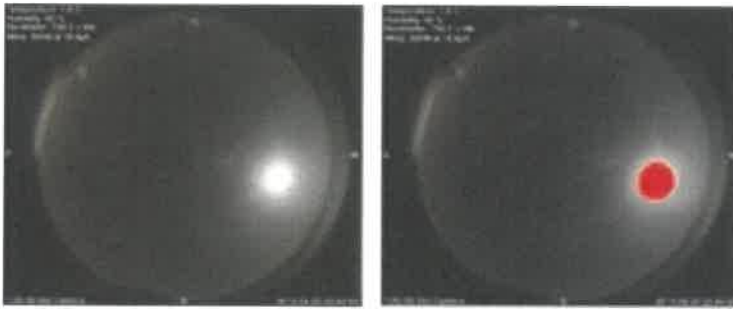
Gece balıkgözü kamerasından alınan tüm gökyüzü görüntülerinde bulut tespiti için iki method uygulanmıştır. Birinci method olarak, gri seviye görüntüler üzerinde uygulanan Otsu yöntemi, diğeri ise K-means yöntemidir. Ay'ın çalışma alanında olduğu durumlarda parlaklığından dolayı gri seviyede görüntüye etkisi büyük olmaktadır. Ay'ın çalışma ortamını belirlenen üst sınır değerinden fazla aydınlattığı durumda kamerada görüntü gündüz görüntüsü gibi oluşur ve K-means kümeleme yöntemi kullanılması gerekmektedir. Gri seviye görüntüler üzerinde çevresel faktörlerin etkisi artmaktadır.

Batı tarafından Antalya şehir merkezinin gökyüzüne yansıttığı ile birlikte Ay'ın çalışma alanındaki parlaklığının var oluşu analizi olumsuz etkilemekte ve bu etkiyi azaltabilmek içinde maskeleme işleminde kullanılan taslak görüntüsü küçültülmüştür.

Tek boyutlu gri seviye görüntüleri ile bulutluluk analizinde ilk olarak görüntünün durumu belirlenmiştir. Görüntü verisi tam açık gökyüzü ya da kapalı gökyüzü olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bu belirleme işlemi yapabilmek için gri seviyeden iki değerlikli seviyeye geçilmiştir. İkili görüntüde oluşan bağımsız küçük cisimlerin sayısına bakılmıştır. Bu sayının 40 değerinden küçük olması durumunda görüntü tam kapalı gökyüzü, 100'ün üzerinde olması durumunda ise tam açık gökyüzü olarak değerlendirilmiştir (İ.Baslar 2014). Bu işlemin yapılabilmesi için eşik değeri belirlenmesi gerekmektedir. Ortamda var olan yıldızların etkisiyle, eşik değerinin doğru belirlenebilmesi için yıldızlar görüntüden kaldırılmaya çalışılmıştır. Yıldızların kaldırılmasında morfolojik işlemlerden faydalanılmıştır. Morfolojik operatörü olan açınım kullanılmıştır. Sonra eşik değeri belirlemek için Otsu metodu kullanılmıştır. Ay ışığının bulutluluk analizine etkisini ortadan kaldırmak için CIE standart genel gökyüzü modeli baz alınmaktadır. Bulutluluk tespiti de elde edilen görüntü ile gerçek görüntü birbirinden çıkarılır ve çıkan sonuç bulut tespitine yapılan yaklaşımlardan birini oluşturur (Yin ve Yao 2015).

### 3.3.1. Ay'ın tespiti

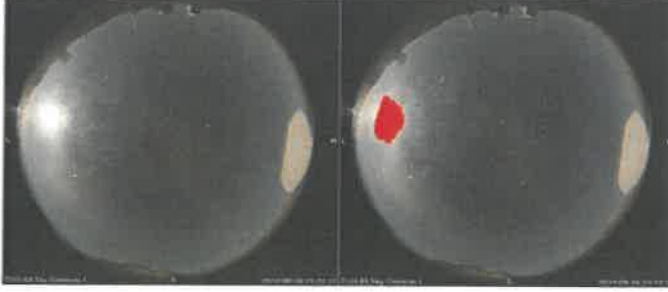
Çalışmada Ay'ın gökyüzündeki anlık konumu tespit edilmiştir. Görüntüde Ay tespit işlemi için, RGB renk uzayında B parametre değerlerinin 200'den büyük olduğu pikseller Ay olarak kabul edilmiştir. Güneş'in tespitinde kullanılan düzenleme operatörleri Ay'ın tespitinde de kullanılmıştır. Şekil 3.7'de gösterilen örnekte B matris bileşeni görüntüsü, bütün halde ve içerisinde boşluklar olmayacak biçimde çıktığı için ara morfolojik adımlar gösterilmemiştir.



Şekil 3.7. Işıksız ortamda ay tespiti

Ay'ın çalışma ortamında bulunduğu ve analizi çok fazla etkilediği Şekil 3.8'de gösterildiği gibi durumlarda B parametrelerinin 200 değerinden fazla olduğu piksel değerleri görüntünün büyük bir bölümünü kapsamasından dolayı B parametresinin 250'den büyük olduğu değerler Ay olarak kabul edilmiştir. Bu ayırım içinde Lab renk

uzayında ortalama L parametresi dikkate alınmış ve 150'den büyük olduğu durumlarda eşik değeri 250 olarak kabul edilmiştir.

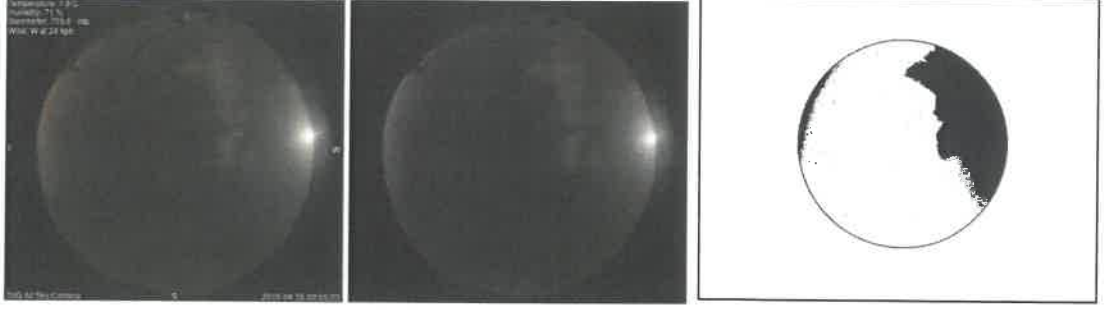


**Şekil 3.8.** Aydınlik ortamda Ay tespiti

### 3.3.2. Karanlık gecede bulutluluk analizi

Karanlık gece görüntülerinde gökyüzü aydınlığı yeterli olmadığından renk verilerinden yararlanılamamaktadır. Bu sebeple bulutluluk tespiti için görüntünün gri seviye bileşeni kullanılmıştır. Önce görüntünün tam açık veya tam kapalı gökyüzü olduğu belirlenmiştir. Bunun için görüntünün RGB renk uzayındaki R bileşeni işleme alınmıştır. R bileşeni daha sonra Otsu metodu kullanılarak ikili seviyeye dönüştürülmüştür. İkili seviyede oluşan bu görüntüde bağlantılı bileşenler yöntemi kullanılarak toplam piksel sayısı 4 ile 12 arasındaki cisimlerin miktarı bulunmuştur. Eğer bu miktar 40'dan az ise tam kapalı gökyüzü, 100'den fazla ise görüntü tam açık gökyüzü olarak alınmıştır.

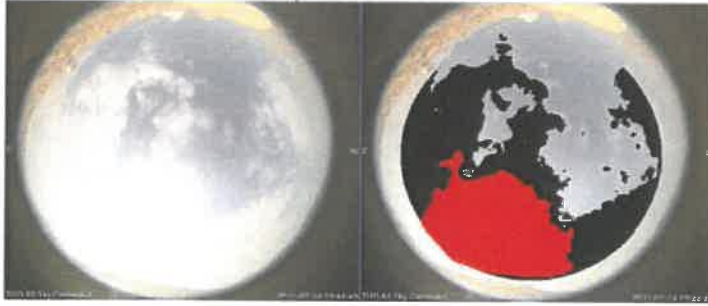
Tam açık gökyüzü veya tam kapalı gökyüzü olarak belirlenememiş görüntülerde orijinal RGB gökyüzü görüntüsünün R matris bileşeni işleme alınmıştır. Şekil 3.9' da orijinal görüntü ve bu görüntünün R renk matris bileşeni görülmektedir. R matris bileşeni üzerine Otsu yöntemi ile bulutları tespit edebilmek için morfolojik işlemlerden açınım operatörü uygulanmıştır. Yani görüntü orijinalinden uzaklaşsa da orijinal görüntüye yakın bir biçimde sonraki adımı etkileyecek yıldız ışık etkisi ortadan kaldırılmıştır. Şekil 3.9'da görüldüğü üzere görüntüye Otsu metodu uygulanarak bulutlu ve açık bölge şeklinde görüntü ikiye ayrılmıştır. Tespit edilen bulutlar Şekil 3.9'da işaretlenmiş biçimde görülmektedir. Karanlık gece durumunda yapılan görüntü analizlerinde, görüntünün batısında oluşan Antalya şehir ışıkları ve çalışma alanı daire sınırında konumlanan Ay ışığı algoritmalar için gerekli eşik değeri belirleme işlemini fazla etkileyeceği için, ön işlem adımı olan maskeleye taslak görüntüsü küçültülmüştür.



**Şekil 3.9.** Karanlık gece görüntüsü uygulama örneği

### 3.3.3. Aydınlik gecede bulutluluk analizi

Ay'ın dolunay evresinde olduğu durumlarda analiz yapılacak çalışma ortamı aydınlanır. Dolunay evresindeki gecede alınan görüntüler gündüz görüntülerine yakın biçimde oluştuğu için, bu görüntü analizinde K-means kümeleme yöntemi başarılı olmuştur. Şekil 3.10'da örnek bir görüntü ve K-means yöntemi ile tespit edilmiş bulutlar işaretli görüntü görülmektedir.



**Şekil 3.10.** K-means yöntemine örnek görüntü

## 4. BULGULAR

### 4.1. Bulut Oranı Hesabı

Tüm gökyüzü kamerasından alınan görüntüler belirlenen algoritma akış diyagramına uygun biçimde işlenmiştir. Analizi yapılan görüntüde hesaplama geçilmeden önce bulut, gökyüzü ve Güneş ya da Ay pikselleri işaretlenir. İşaretleme işleminin ardından bulutluluk oranı hesaplanır. Bulut oranı ifadesi, çalışılan görüntüde bulut tespit edilmiş piksel sayısının, görüntünün çalışma alanındaki toplam piksel sayısından Güneş ya da Ay olarak tespit edilen piksel sayısının çıkartılması ile elde edilen sayıya oranı olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda genel tüm gökyüzü bulut oranı ve istenilen bölge bulut oranı hesaplanabilmektedir.

#### 4.1.1. Genel tüm gökyüzü bulutluluk oranı hesabı

$$\frac{\text{(bulut)}}{\text{Toplam-GüneşyadaAy}} \quad (4.1)$$

Denklem 4.1’de “bulut” toplam bulutlu piksel sayısı, “Toplam” çalışma alanındaki toplam piksel sayısı, “Güneş ya da Ay” ise gündüz alınan görüntüler için Güneş piksel sayısı, gece alınan görüntüler için ise Ay piksel sayısıdır.

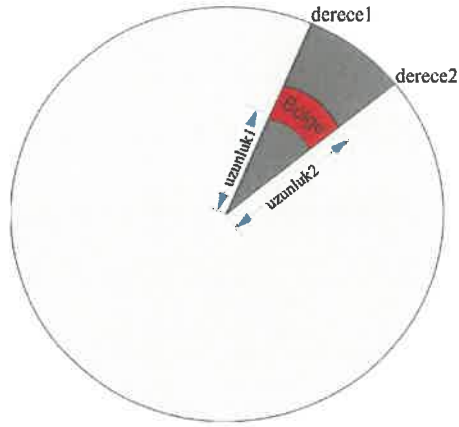
#### 4.1.2. Bölgesel bulutluluk oranı hesabı

Bölgesel bulutluluk oranı görüntü üzerinde istenilen bölgenin bulut tespit edilmiş piksel sayısının, o dilimdeki toplam piksel sayısına oranı olarak belirlenmiştir.

$$\frac{\text{(dilim_bulut)}}{\text{Toplam}} \quad (4.2)$$

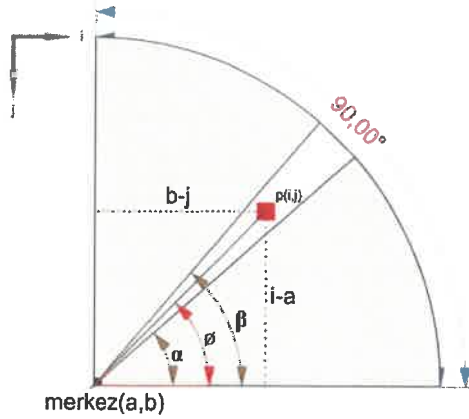
Denklem 4.2’de “dilim\_bulut” istenilen bölgenin bulutlu piksel sayısı, “Toplam” istenilen bölgenin toplam piksel sayısıdır.

Tüm gökyüzü kamerasından alınan görüntüler üzerinde istenilen herhangi bölgenin bulutluluk oranı hesaplanabilmektedir. Bölgesel bulutluluk oranı hesabı yapılırken derece1, derece2, uzunluk1 ve uzunluk2 olmak üzere dört parametreye ihtiyaç vardır. İstenilen bölge tanımlanırken Şekil 4.1’de gösterildiği gibi derece bilgileri, görüntü merkezine yakın ve uzak noktalarının girilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.1. Analiz edilmek istenilen bölge tanımlanması

Tüm gökyüzü görüntüsünden istenilen bölgenin analizi yapılırken öncelik olarak genel bulutluluk analizi yapılır. Analizin ardından sonuçların işaretlenmiş olduğu sonuç görüntüsü tanımlanan aralıkta taranır ve istenilen bölgenin durumu elde edilir. Görüntü dilimlere ve bölgeye ayrılırken her piksel noktasının merkeze olan konumuna göre hesaplamalar yapılır. Piksellerin ait olduğu bölgeyi tespit ederken aşağıda verilen Denklem 4.7, Denklem 4.8, Denklem 4.9 ve Denklem 4.10 kullanılır. Denklemlerde yer alan  $a$  ve  $b$  parametreleri görüntü merkezinin koordinatlarını ifade etmektedir. Matrix şeklinde piksellerden oluşan görüntüde piksel terimi Denklem 4.3'de ifade edilmiştir.



Şekil 4.2. Piksellerin ait olduğu dilim için hesaplama parametreleri gösterimi

Şekil 4.2'de  $p(i,j)$  ile belirtilen piksel noktasının bulunduğu dilimin hesabına yönelik parametreler gösterilmiştir. Dilimler  $n$  parametresi,  $(n+1)$ . dilimin alt sınırının merkez yatay doğrultusunda yaptığı açı  $\alpha$ ,  $n$ . dilimin üst sınırının merkez yatay doğrultusunda yaptığı açı  $\beta$  ve  $P$  noktası ile belirtilen pikselin orta noktasıyla merkezi birleştiren doğru parçasının merkez yatay doğrultusu ile yaptığı açı ise  $\emptyset$  ile gösterilmiştir.  $P$  noktası ile gösterilen noktanın bulunduğu dilimin tespiti için aşağıda verilen denklemler kullanılmıştır.

Piksellerin ait oldukları dilim bulunurken eğim değerine göre kıyaslama yapıldığı için koordinat sistemindeki 4 bölge için 4 farklı eşitsizlik oluşmuştur. Örnek olarak Şekil.. da verilen P noktası birinci bölgede yer almaktadır. P piksel noktasının merkez noktasına oluşturduğu eğim Denklem 4.6'da hesaplanmıştır. Pikselin bulunduğu dilimin alt ve üst sınır alanlarının açısız ifadesi sırasıyla Denklem 4.4 ve Denklem 4.5'deki gibi bulunmuştur.

$$\text{Piksel}=P(i,j) \quad (4.3)$$

$$\alpha=\text{Arctan}\left(\frac{n \cdot \pi}{180}\right) \quad (4.4)$$

$$\beta=\text{Arctan}\left(\frac{(n-1) \cdot \pi}{180}\right) \quad (4.5)$$

P nokta pikselin, merkez yatay doğrultuyla oluşturduğu  $\emptyset$  açısı ,  $\alpha < \emptyset < \beta$  eşitsizliğinde belirtildiği gibi olmak üzere ;

$$\text{Tan}(\emptyset)=\frac{i-a}{b-j} \quad (4.6)$$

$$x = \left| \tan\left(\frac{n \cdot \pi}{180}\right) \right|, y = \left| \tan\left(\frac{(n-1) \cdot \pi}{180}\right) \right| \text{ Eğer } \begin{matrix} (a-i) \cdot x \geq (j-b) \\ (a-i) \cdot y \leq (j-b) \end{matrix} \quad (4.7)$$

Bu nokta 1. bölgededir ve açı değeri bulunan değere eşittir. Denklem 4.7'de verilen sınır eşitsizlikleri gerçekleştiğinde piksel n.dilime aittir.

$$x = \left| \tan\left(\frac{n \cdot \pi}{180}\right) \right|, y = \left| \tan\left(\frac{(n-1) \cdot \pi}{180}\right) \right| \text{ Eğer } \begin{matrix} (i-a) \geq x \cdot (j-b) \\ (i-a) \leq y \cdot (j-b) \end{matrix} \quad (4.8)$$

Bu nokta 2.bölgededir ve açı değeri bulunan değer 90 derece fazlasıdır. Denklem 4.8'de verilen sınır eşitsizlikleri gerçekleştiğinde piksel n.dilime aittir.

$$x = \left| \tan\left(\frac{n \cdot \pi}{180}\right) \right|, y = \left| \tan\left(\frac{(n-1) \cdot \pi}{180}\right) \right| \text{ Eğer } \begin{matrix} (i-a) \cdot x \geq (b-j) \\ (i-a) \cdot y \geq (b-j) \end{matrix} \quad (4.9)$$

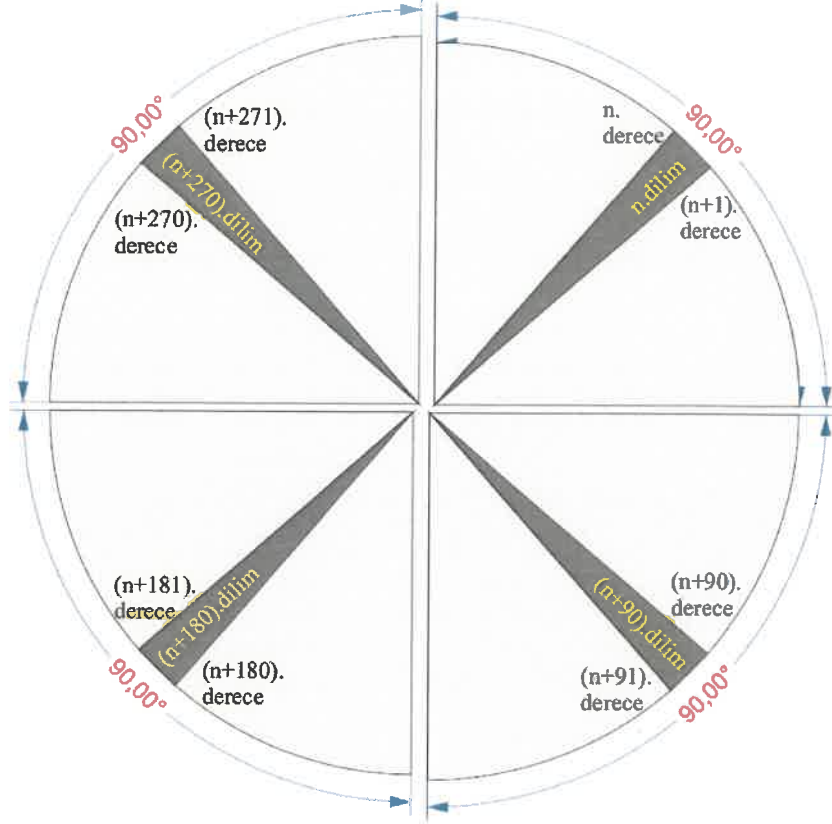
Bu nokta 3.bölgededir ve açı değeri bulunan değer 180 derece fazlasıdır. Denklem 4.9'da verilen sınır eşitsizlikleri gerçekleştiğinde piksel n.dilime aittir.

$$x = \left| \tan\left(\frac{n \cdot \pi}{180}\right) \right|, y = \left| \tan\left(\frac{(n-1) \cdot \pi}{180}\right) \right| \text{ Eğer } \begin{matrix} (a-i) \geq x \cdot (b-j) \\ (a-i) \leq y \cdot (b-j) \end{matrix} \quad (4.10)$$

Bu nokta 4.bölgededir ve açı değeri bulunan değer 270 derece fazlasıdır. Denklem 4.10'da verilen sınır eşitsizlikleri gerçekleştiğinde piksel n.dilime aittir.



Matematiksel olarak yukarıda yer alan denklemler ile dört bölgeye ayrılmış ve her bölgeyi de dilimlere ayırdığını ifade eden görüntü Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



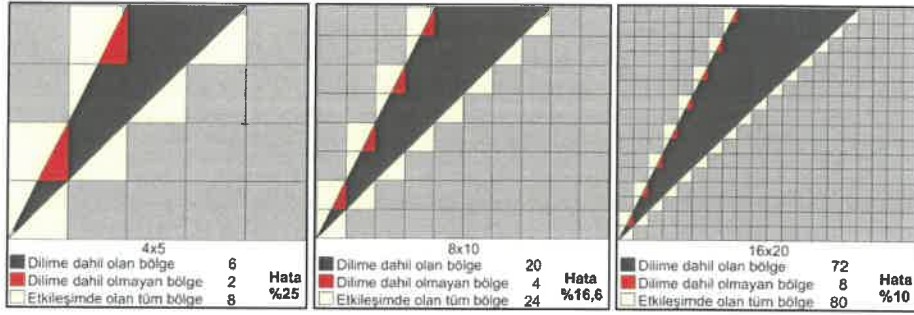
Şekil 4.3. İstenilen bölge ve dilim tanımlamaları

#### 4.2. Bulut Oranı Hesaplamalarında Sistemsel Hata Oluşumu

Görüntüler piksel denilen koordinat sistemindeki renk noktalarından oluşmaktadır. Bulutluluk oranı hesaplamalarında piksellerin alanları değil nokta merkezleri baz alınır. Dilimsel olarak bulut hesaplamalarında gösterilen alt sınır ve üst sınır açı doğrultularındaki piksellerin üzerinden kesme oluşturur. Bu kesmenin durumuna göre pikselin ait olduğu dilim belirlenir. Dilime ait olan ancak kesmenin dışında kaldığı için hesaplamalara alınamayan pikseller sistem hatalarını oluşturur.

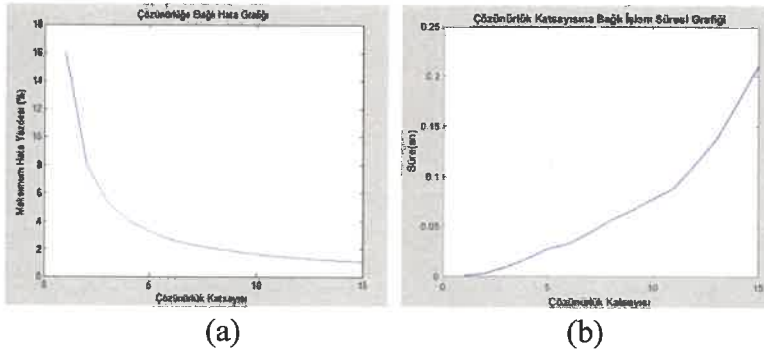
Çözünürlük kaynaklı sistem hatalarının oluşmasının anlaşılması açısından Şekil 4.4'te örnek 4x5'lik görüntüde dilimlerde oluşan kayıplar ve hata oranı gösterilmiştir. Görüntü değiştirilmeden 8x10 çözünürlüklü yeni görüntü elde ediliyor ve aynı açıda değer hesaplanmak istenilen dilimde hata oranı %25'ten %16,6'ya düşmüştür. Yeni oluşan 8x10'luk görüntü değiştirilmeden 16x20 çözünürlüklü görüntü elde ediliyor ve yine aynı açıda değer hesaplanmak istenilen dilimde hata oranı %10'a düşmüştür. Çözünürlük arttıkça hata oranlarının azalması gerçeği daha doğru sonuçlar alınmak istenilen hassasiyeti yüksek çalışmalarda çözünürlüğün önemini göstermiştir.





Şekil 4.4. Çözünürlük kaynaklı sistem hatalarının oluşması

Çalışmamızda görüntü çözünürlüğü 502x429 olduğundan dolayı bulutluluk oranında yaklaşık % 3 ortalama hata oluşabilmektedir. Dilimlerde oluşan maksimum hata oranının çözünürlüğe bağlı grafiği Şekil 4.5a ile çözünürlük artışına bağlı işlem süresinin değişim grafiği Şekil 4.5b ile gösterilmiştir. Sonuçlar Windows 10 64-bit, Intel Core i7-4500U, CPU 1.80 Ghz, 8.0 GB RAM İntel HD Graphics Family özelliklerine sahip bilgisayarda MATLAB R2018b programında gözlenmiştir.



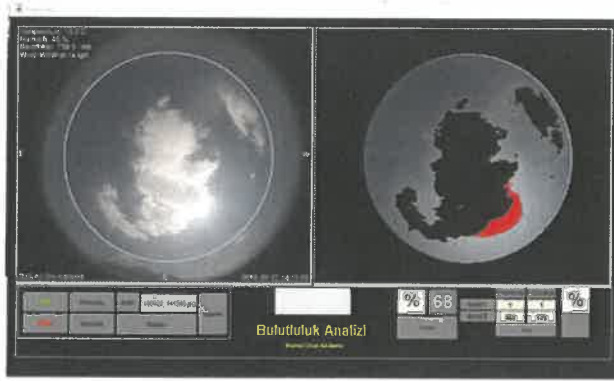
Şekil 4.5. a) Çözünürlük katsayısına bağlı hata oranı değişim grafiği; b) çözünürlük katsayısına bağlı işlem süresi grafiği

Çözünürlük katsayısı, görüntünün en ve boyunda aynı anda yapılacak değişimin değerini ifade eder. Çözünürlük katsayısı  $n$  olduğu düşünülürse, görüntü üzerinde gerçekleşen çözünürlük değişimi  $n^2$  dir. Çalışmada kullandığımız 502x429 çözünürlüğe sahip görüntünün çözünürlük katsayısı 16 olduğunda görüntü yaklaşık 195 Mgp olmaktadır ve bu durumda maksimum oluşan bölgesel hata payı % 1'in altına inmektedir.

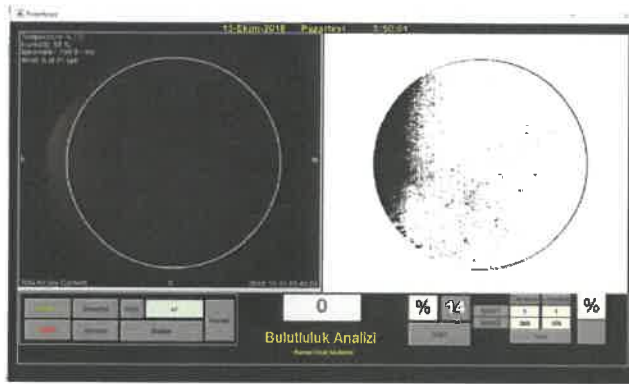
### 4.3. Program Arayüzü

Tüm gökyüzü bulutluluk analizi ile ilgili algoritmaların belirlenip analiz uygulamalarının sonuçlarını görsel ve grafiksel olarak gösteren arayüz tasarımı yapılmıştır. Matlab Guide kullanılarak tasarlanan arayüz ile sonuçlar Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'deki gibi alınabilmektedir. Soldaki görüntü analiz edilmek istenilen görüntü, sağdaki ise analiz sonucudur. Sol alt panelde programın fonksiyonları yer almaktadır.

Orta panelde programın yeni görüntü alması için kalan süreyi gösteren display bulunmaktadır. Sağ altta yer alan panelde genel bulutluluk oranı ve istenilen bölgeye bağlı bulut oranı verilmektedir. 1 ile 360 derece, yarıçap olarak 1 ile 175 piksel uzunluk arası tanımlanan herhangi bölgenin bulut analizi yapılabilmektedir. İstenildiğinde grafiksel olarak sonuçlar gözlemlenebilmektedir.



Şekil 4.6. Ara yüz uygulaması örneği



Şekil 4.7. Ara yüz uygulaması örneği

#### 4.3.1. Arayüz uygulaması kullanımı

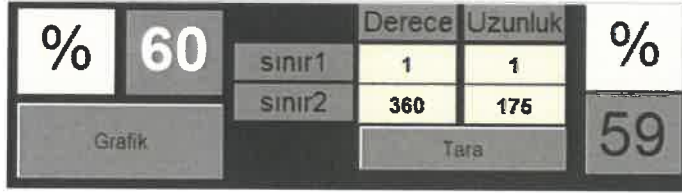
Sistem arayüzünde manuel olarak görüntü çekmek için “Görüntü Al” butonu , bilgisayar üzerinde yer alan görüntüyü analiz etmek için “Aç” butonu , eski tarihte ki görüntüler üzerinde analiz yapmak için “Arşiv” butonu, analiz yapılacak görüntüyü ve analiz sonuçlarını kaydetmek için “Kaydet” butonu , sistemin 5 dk periyotlarda sürekli moda çalıştırılması için “Start” butonu ve start işleminden çıkmak için “Stop” butonları Şekil 4.8’deki gibi yer almaktadır.



**Şekil 4.8.** Ara yüz uygulaması buton paneli

Görüntü Al butonuna basıldığında <http://msrv3.tug.tubitak.gov.tr/> adresinden güncel görüntü alınarak analiz yapılır. Aç butonuna basıldığında adres yolunu göstererek istenilen görüntü üzerinde analiz yapılabilmektedir. Arşiv butonuna basıldığında geçmiş zaman görüntülerinin bulunduğu <http://msrv3.tug.tubitak.gov.tr/archive/> adresinden istenilen görüntünün url adresi alınır ve Şekil 4.8'deki "url" yerine girilir.

Bağlan butonuna basıldığında geçmiş zamana ait seçilen görüntü alınır ve analiz edilir. Kaydet butonuna basıldığında anlık görüntü analizi sonuçları istenilen klasör adresine kaydolmaktadır. Start butonuna basıldığında <http://msrv3.tug.tubitak.gov.tr/> adresinden 5 dk lık periyotlarda görüntü alınır ,analizi yapılır ve kaydedilir.

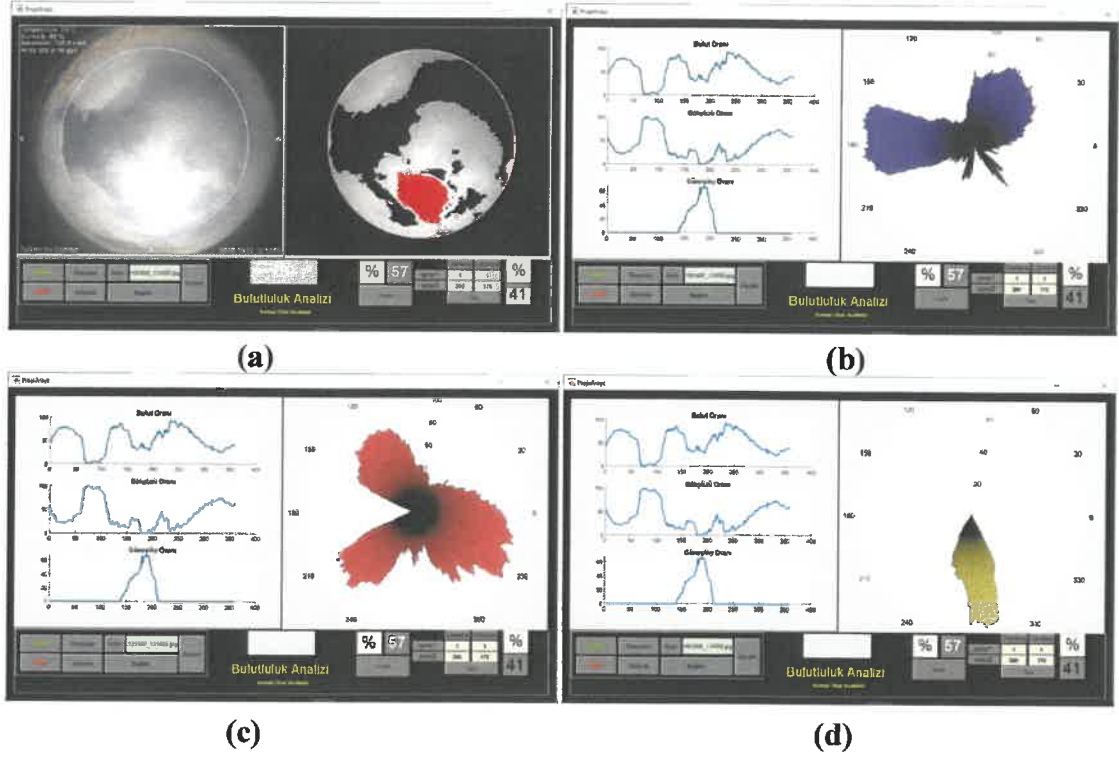


**Şekil 4.9.** Ara yüz uygulaması gösterge paneli

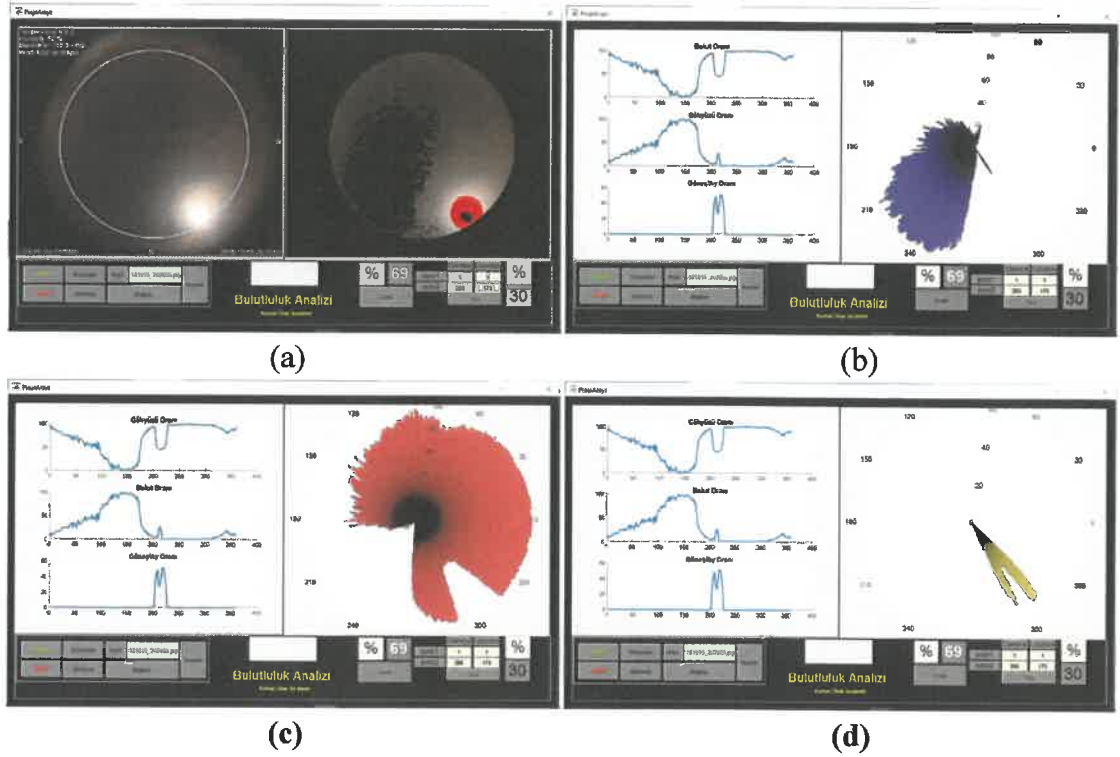
Ara yüz uygulamasının sağ alt bölümünde yer alan Şekil 4.9'da ki panelde genel tüm gökyüzü bulutluluk oranı ve istenilen bölgenin bulutluluk oranı göstergesi bulunmaktadır. Şekil 4.1'de bahsedilen bölge parametreleri Şekil 4.9'da bulunan derece ve uzunluk sınır değerlerine girilerek istenilen bölge tanımlanır. Tara butonuna basıldığında görüntü analizi yapılmış ve bulut, gökyüzü, güneş ya da ay işaretlenmiş görüntü taranır.

#### 4.3.2. Grafik oluşturma

Program ara yüzünde yer alan Şekil 4.9'da ki panelde grafik butonuna basıldığında uygulama sonuçları Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de ki gibi grafiğe dökülmektedir. Gösterilen grafikler, tüm gökyüzü kamera görüntülerinin merkez kuzey başlangıç kabul edilerek saat yönünde 360 derece taranması ile elde edilen sonuçları göstermektedir. Birinci grafik bulut, gökyüzü ve Güneş ya da Ay'ın piksel oranını düzlemsel olarak, ikinci grafik ise dairesel olarak ifade etmektedir. İstenilen zamanda ve bölge de yapılmak istenilen gözlemlerin verimliliği açısından bu grafikler bilgi vermektedir.



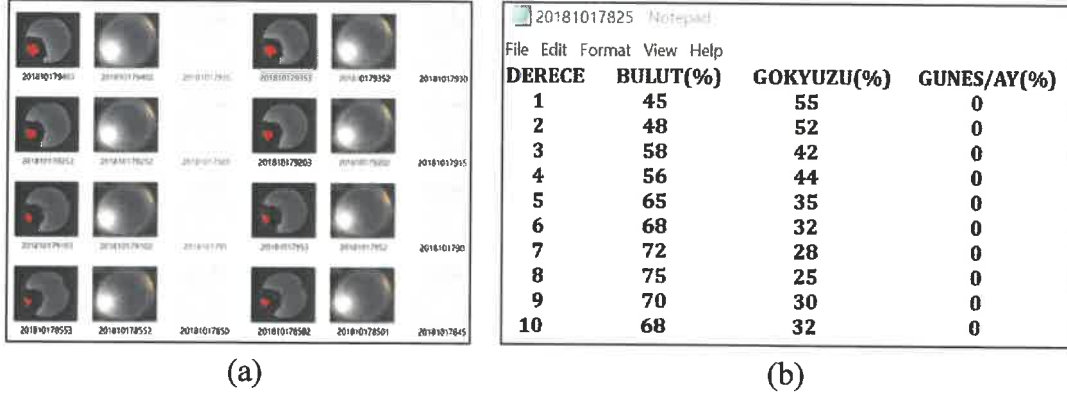
**Şekil 4.10. a)** Tüm gökyüzü kamera görüntüsü gündüz analiz sonuçları ; **b)** gökyüzü grafiği; **c)** bulut grafiği; **d)** Güneş grafiği



**Şekil 4.11. a)** Tüm gökyüzü kamera görüntüsü gece analiz sonuçları; **b)** gökyüzü grafiği; **c)** bulut grafiği; **d)** Ay grafiği

### 4.3.3. Analiz sonuçlarının kaydedilmesi

Analiz sonuçları analiz yapıldığı zaman ile adlandırılarak belirtilen klasöre Şekil 4.12’de ki gibi sırası ile oranların tutulduğu text dosyası, analiz sonuç görüntüsü ve analiz yapılan görüntü olarak kaydedilmektedir. Aynı şekilde Şekil 4.12’de not defteri dosya içeriği görülmektedir.



Şekil 4.12. a) Sonuçların kaydedilmesi; b) örnek not defteri dosya içeriği

## 5. SONUÇLAR

Yapılan çalışmada gündüz ve gece bulutluluk tespiti için farklı yöntemler denenmiştir. Gece ve gündüz görüntülerinde farklı algoritmalar kullanıldığı için öncelikle gece gündüz ayrımı yapılmıştır. Görüntülere Şekil 3.1’de gösterilen algoritma akış diyagramları uygulanmıştır. Bulutun gökyüzündeki durumuna ve ait olunan zamana bağlı olarak K-means kümeleme algoritması, RGB renk uzayı metodu ve Otsu metodu kullanılmıştır.

K-means kümeleme yöntemi ile parçalı bulutlu görüntülerle iyi sonuçlar alındığı görülmüştür. K-means yönteminde kullanılan k parametresi 3 olarak girilmiştir. K-means algoritması kümeleme algoritması olduğu için gökyüzünü güneş ya da ay, gökyüzü ve bulut olarak üç sınıfa ayırmaktadır. Görüntüdeki farklı bir nesneyi bulunan en yakın kümeye dâhil edecektir.

RGB renk uzayında ise çok bulutlu ve gün batımındaki görüntülerde daha iyi sonuç alınmıştır. Gündüz görüntülerinde parçalı bulutlu durumda kümeleme yapılabilmesi için K-means algoritması kullanılmaktadır. RGB yöntemi gökyüzünde renk dağılımının homejen olduğu çok bulutlu durumlarda kullanılmıştır. RGB renk uzay metodu görüntü piksel değerlerinden R ve B ile bağıntı oluşturur. Literatürde R ile B bileşenlerinin bulut için farklı değerler temel alınmıştır. Çalışmada bu bağıntı R bileşeni ile B bileşeni arasındaki fark olarak belirlenmiştir. R-B arasındaki farkın 20 olduğu değerler bulut olarak kabul edilmiştir.

Otsu metodu ikili seviye dönüşümü yaptığı için Ay ışığının olmadığı ve çevreden gelen ışık kaynaklarının olmadığı karanlık gecelerde iyi sonuçlar elde etmektedir. Otsu metodu çevresel faktörlere bağımlı olduğundan verimli olamamaktadır. Farklı yöntemleri birleştirerek bulut tespit başarısının daha yükseltilebileceği görülmüştür.

HSV ve LAB renk uzaylarından faydalanılarak uygulanacak yöntemlere göre görüntüler ayrılmaya çalışılmıştır. Renk uzaylarının bir değerini kullanmak yerine daha fazla değişkenle ve veriyle modelleme yapmak yöntem seçim algoritmasını güçlendirecektir. Güneş’in ve Ay’ın görüntüde belirlenmesindeki görüntü işlem uygulamalarında sıkıntılar görülmüştür. Görüntünün üzerinde Güneş ve Ay çevresindeki yansımalar ve parlamalar tespiti zorlaştırmaktadır.

Çalışmanın sonraki aşamasında astronomi verilerinden faydalanarak uygulamada kullanılan algoritmaların güçlendirilmesi düşünülmektedir. Güneş’in ve Ay’ın görüntü üzerinde olması gereken yerin bilinmesi, yansıma ve parlama gibi görüntülerin anlaşılmasını ve yok edilmesini kolaylaştıracaktır. Aynı zamanda karanlık

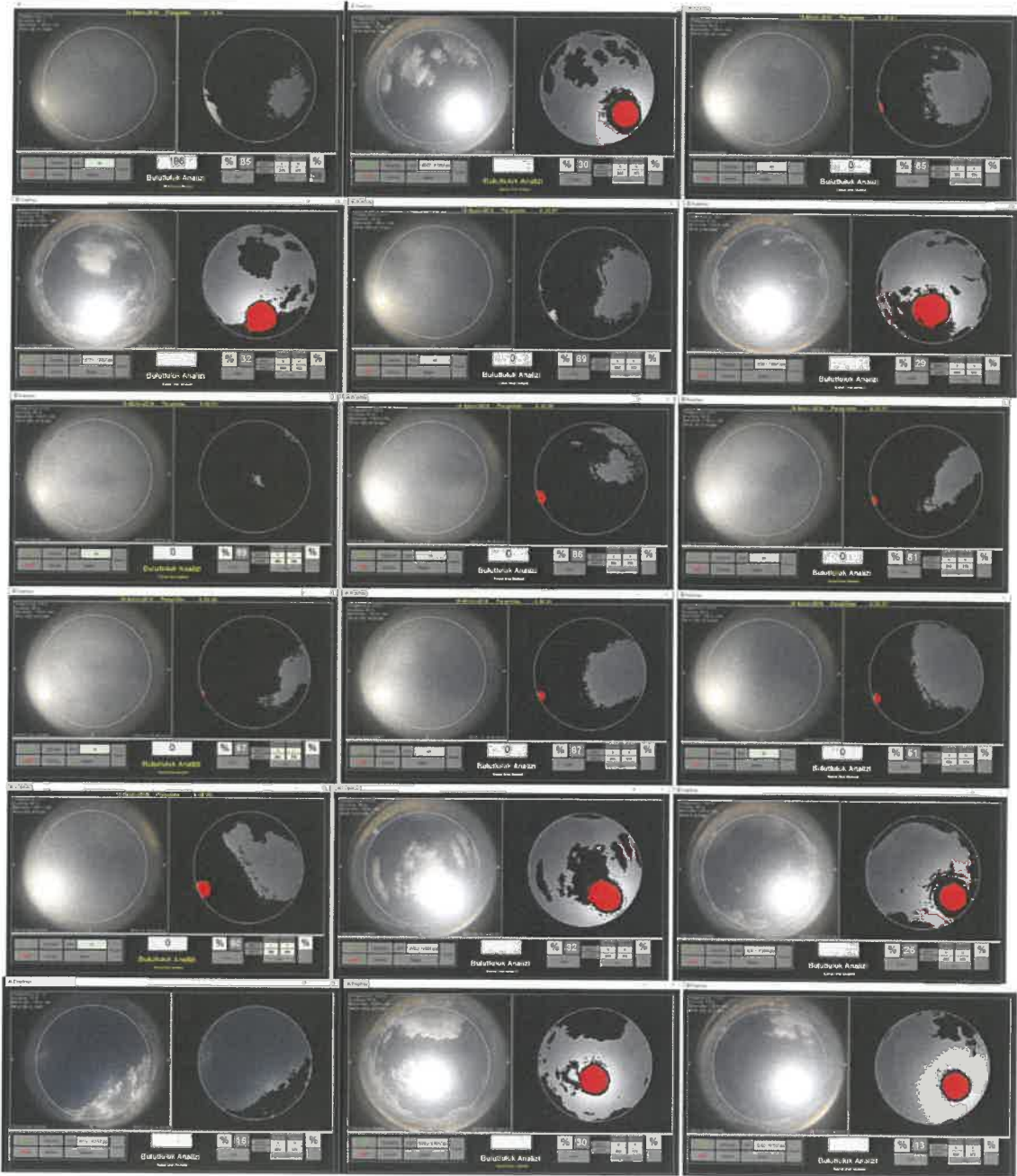


gece ve aydınlık gecenin belirlenmesi için çalışmada kullanılan algoritmaları da güçlendirecektir.

## 5.1. Uygulama Örnekleri

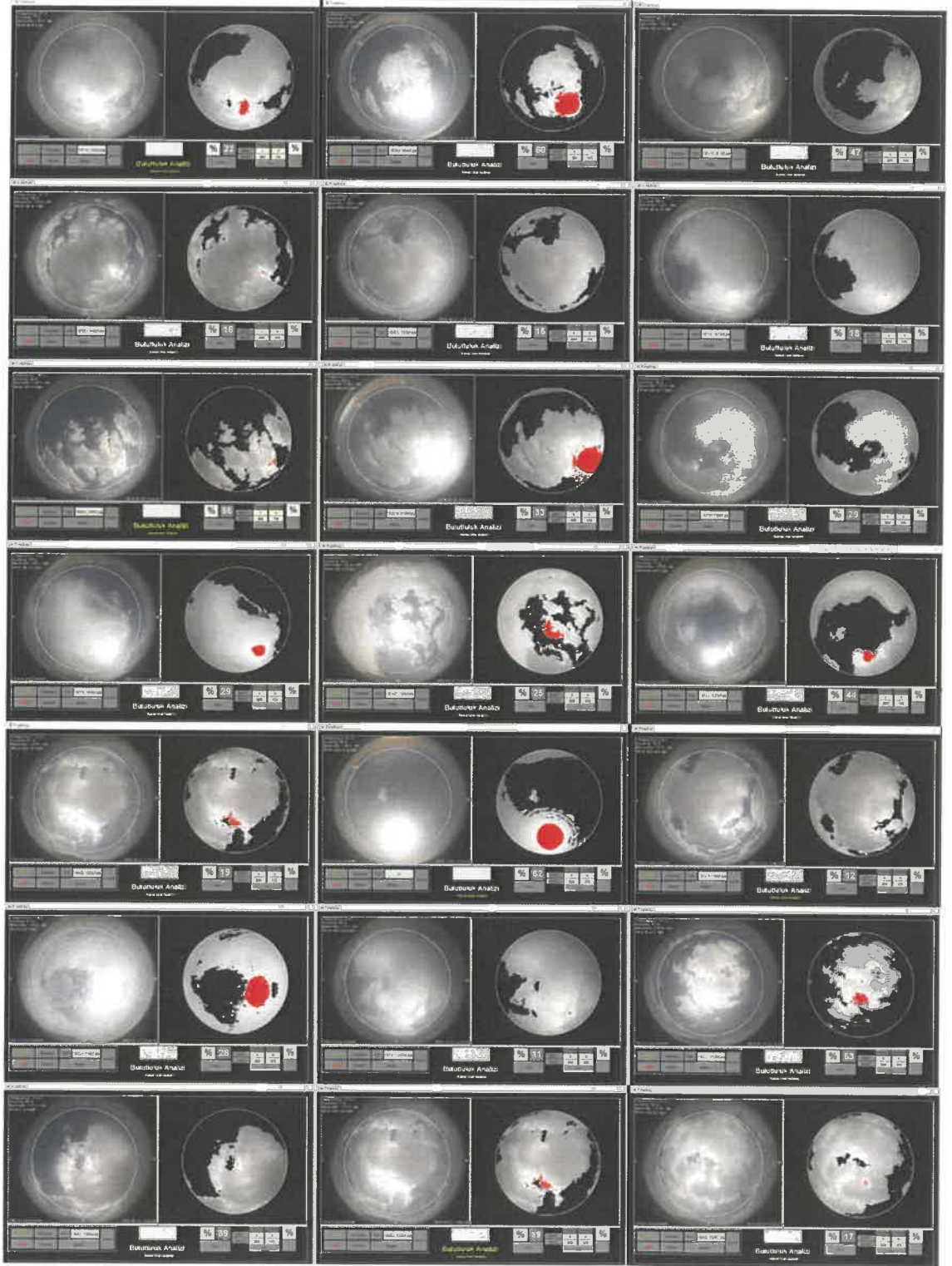
### 5.1.1. Gündüz uygulama örnekleri

Yapılan uygulamada alınan görüntülere uygun algoritma K-means Kümeleme Algoritması olarak belirlenmiş ve aşağıdaki Şekil 5.1'deki sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 5.1. K-means algoritması kullanılmış gündüz uygulama örnekleri

Yapılan uygulamada alınan görüntüye uygun algoritma, RGB Renk Uzay Algoritması olarak belirlenmiş ve aşağıdaki Şekil 5.2'deki sonuçlar elde edilmiştir.

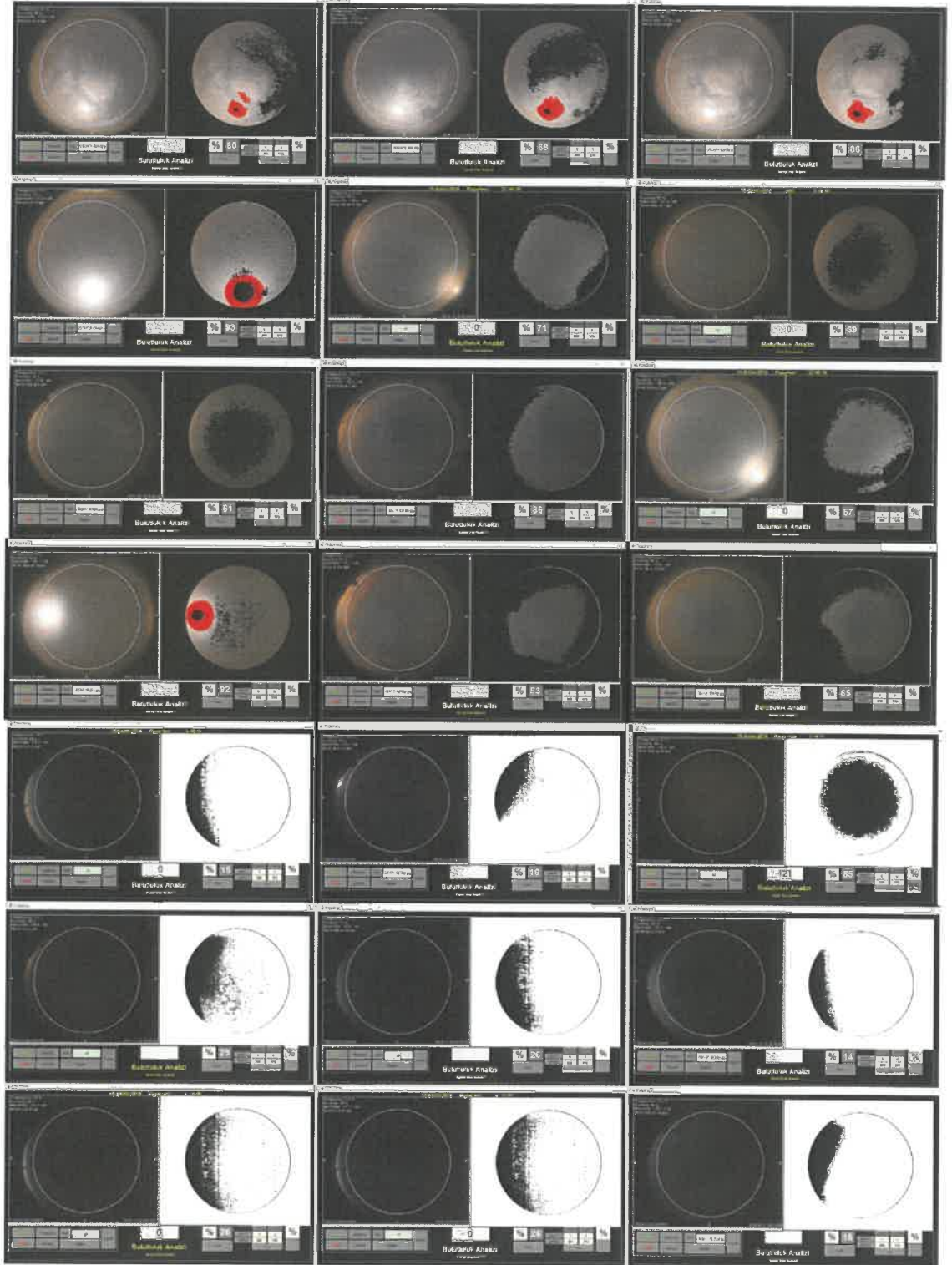


Şekil 5.2. RGB renk uzay metodu kullanılmış gündüz uygulama örnekleri



### 5.1.2. Gece uygulama örnekleri

Yapılan uygulamada alınan görüntülere uygun algoritma, Otsu Algoritması olarak belirlenmiş ve aşağıdaki Şekil 5.3'teki sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 5.3. Otsu metodu kullanılmış gece uygulama örnekleri

Elde edilen bulguların gözlemleri dışında güneş ve bulut takibi yapmak zorunda olan pek çok yer ve uzay sondası kullanılma imkânı vardır. Geliştirilen algoritma ve ona bağlı olarak geliştirilen ara yüz kullanılarak elde edilen verilerin sera otomasyonunda, güneş santrallerinde ve rüzgâr santrallerinin otomasyonunda kullanılması mümkün olacağı gibi, büyük yangınlarda veya endüstri bölgelerinde fabrika bacalarından kaçak olarak salınan baca gazlarının belirlenmesi ve izlenmesinde kullanılması mümkün olacaktır.



**Şekil 5.4.** Çalışmanın gözlemleri dışında uygulanabilir alanları

Çalışmanın devam aşamasında başta gözlemleri için otomatik bir takip sisteminin yıldız izleri ile birlikte ilişkilendirerek kurulması ve kullanılması, optik gözlemlerinde kullanılan robotik teleskoplar tarafından üretilerek gözleme veri yükünün azaltılması hedeflenmektedir. Böylelikle robotik teleskop kullanan gözlemlerinin hem işletme maliyetini azaltmak hem de bilimsel çıktı üretme hızını artırmayı hedefliyoruz.

**6. KAYNAKLAR**

- Atalay, İbrahim, 2004, Doğa Bilimleri Sözlüğü (Coğrafya-EkolojiEkosistem), Meta Basım, I. Baskı, İzmir.
- Alsabti, K., Ranka, S., Singh, V. 1998. An efficient k-means clustering Algorithm. IPPS. In: SPDP Workshop on High Performance Data Mining.
- Aloise, D., Deshpande, A., Hansen, P., Popat, P. 2009. NP-hardness of Euclidean sum-of-squares clustering. Machine learning, 75(2): 245-248.
- Aloise, D., Deshpande, A., Hansen, P., Popat, P. 2009. NP-hardness of Euclidean sum of squares clustering, Machine Learning, 75 : 24549.
- Ashley, M.C.B., Jurcevic J.S. 1991. A Cloud detector for automated telescopes. Publication of Astronomical Society of Australia, 9(2): 334-335.
- Başlar, İ., Helhel, S., Özışık, T., & Kâhya, G. Tüm Gökyüzü Kamerasından Alınan Görüntüler Kullanılarak Bulutluluk Ölçümü Yapılması Cloudiness Analysis By Using All Sky Camera Images.
- Bellot, P. and El-Beze, M. 1999. A clustering method for information retrieval. (Technical Report IR-0199). Laboratoire d'Informatique d'Avignon, France.
- Bradley, P.S., Bennett, K.P. and Demiriz, A. 2000. Constrained k-means clustering. (Technical Report MSR-TR-2000-65). Microsoft Research, Redmond, W
- Buluswar, S.D. and Darper, B.A. 1998. Color Recognition in Outdoor Images. In IEEE International Conference on Computer Vision, January
- Chakraborti, S. 2007. Verification of Rayleigh Scattering Cross Section. American Journal of Physics, 75(9), 82426.
- Charles, P. 2003. Digital Video and HDTV: Algorithms and Interfaces. Morgan Kaufmann, San Francisco, p:260.
- Clay, R.W., Pace, R.T., Riordan, D. S., Smth, A. G. K. and Wild N. R. 1999. Cloud monitoring for large cosmic ray sites. Proceedings of the 26th International Cosmic Ray Conference., (IUPAP) Vol:5, p:421, Salt Lake City, Utah.
- D. Özkan. 2011. Kamera Görüntülerinden Hareketli Hedef Tespiti. Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Ford, A., Roberts, A. 1998. Colour Space Conversions. Westminster University, London.
- Gonzalez, C.R., Woods, E.R., Eddins, S.L. 2003. Digital Image Processing Using MATLABp:337-45.
- Gonzales, R.C., Woods, R.E. 1993. Digital Image Processing. Addison-Wesley Basım, Amerika, 716 sayfa
- Heinle, A., Macke, A. and Srivastav, A. 2010. Automatic cloud classification of whole sky images. Atmos.Meas.Tech.,3, p:557-67
- Karhan, M., Oktay O., Karhan Z., Demir H. 2011. Morfolojik Görüntü İşleme Yöntemleri ile Kaysılarda Yaprak Delen (Çil) Hastalığı Sonucu Oluşan

- Lekelerin Tespiti. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS' 11), Elazığ.
- Kartal, D. 2006. Kuantum Kuyulu Kızılötesi Fotodedektörler. Yüksek lisans tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.
- Kaufman, L., Rosseeauw, P.J. 1990. Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis. John Wiley and Sons Inc., New York, USA,
- Linfoot, A., Alliss, R. 2008. A Cloud Detection Algorithm Applied to A Whole Sky Imager Instrument Using Neural Networks,
- Macqueen, J.B. 1967. Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations, Proceedings of 5-th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, 281-97, University of California Press, Berkeley.
- Mete, Mutlu., Topaloglu, U. 2009. Statistical comparison of color model-classifier pairs in hematoxylin and eosin stained histological images. In: Computational Intelligence in Bioinformatics and Computational Biology, 2009. CIBCB'09. IEEE Symposium on. IEEE., p. 284-291.
- Otsu, N. 1979. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 9, No. 1, p:62-6,
- Rafael C. Gonzalez, Richard Eugene Woods, Digital Image Processing, Prentice Hall, 2007
- Xu, Rui., Wunsch, Donald. 2005. Survey of clustering algorithms. IEEE Transactions on neural networks, 2005, 16.3: 645-678.
- Anonim 1: [http://tr.wikipedia.org/wiki/HSV\\_renk\\_uzay%C4%B1](http://tr.wikipedia.org/wiki/HSV_renk_uzay%C4%B1).
- Anonim 2: <http://www.caglargul.com/2016/11/renk-uzaylari.html>
- Anonim 3: [http://tr.wikipedia.org/wiki/RGB\\_renk\\_uzay%C4%B1](http://tr.wikipedia.org/wiki/RGB_renk_uzay%C4%B1) [erişim 28.09.2014]
- Anonim 4: [http://tr.wikipedia.org/wiki/HSV\\_renk\\_uzay%C4%B1](http://tr.wikipedia.org/wiki/HSV_renk_uzay%C4%B1) [erişim 28.09.2014]
- Anonim 5: [https://auzefalmsstorage.blob.core.windows.net/auzecontentders/klimatoloji\\_basinc\\_ruzgarnem/9/index.html](https://auzefalmsstorage.blob.core.windows.net/auzecontentders/klimatoloji_basinc_ruzgarnem/9/index.html)
- Anonymous 1: <http://mattlockyer.github.io/iat455/documents/rgb-hsv.pdf>
- Anonymous 2: <http://www.poynton.com/PDFs/coloureq.pdf> [erişim 30.11.2011].

## ÖZGEÇMİŞ

**KEMAL ÜNAL AKDEMİR**

**kemalunalakdemir@hotmail.com**



### ÖĞRENİM BİLGİLERİ

<b>Yüksek Lisans</b> <b>2016-2018</b>	<b>Akdeniz Üniversitesi</b> <b>Mühendislik Fakültesi</b> <b>Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Antalya</b>
<b>Lisans</b> <b>2010-2015</b>	<b>Akdeniz Üniversitesi</b> <b>Mühendislik Fakültesi</b> <b>Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Antalya</b>