



**T.C.**

**BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ  
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ 1. ARA RAPORU**

**ATMOSFERİK VERİLERDEN GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ  
İLE GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİ İÇİN BULUTLULUK ORANI  
TAYİNİ**

**PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ: Dr. Öğr. Üyesi Emrah DOKUR  
PROJE NOSU: 2019-01.BŞEÜ.03-04**

**ARAŞTIRMACILAR:  
1-Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KOÇ**

**Final Raporu**

**BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ  
BİLECİK, 2020**

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	i
1. GİRİŞ .....	1
<b>1.2 Literatür Taraması.....</b>	<b>2</b>
2. Bulutluluk Tayini İçin Literatürde Kullanılan Yöntemler .....	9
<b>2.1. K-means Yöntemi.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2. Otsu Yöntemi.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3. Morfolojik İşlemler.....</b>	<b>11</b>
3.4.1. Genleşme işlemi .....	12
3.4.2. Aşınma işlemi .....	13
3.4.3. Açınım işlemi .....	13
3.4.4. Kapanım işlemi .....	14
3.4.5. Yapılandırma elemanı .....	14
4. Ara Raporu Döneminde Yapılan Çalışmalar .....	16
<b>4.1 Veri Arşivinin Oluşturulması .....</b>	<b>16</b>
<b>4.2. Ölçme Düzenegi.....</b>	<b>18</b>
<b>4.3 Görüntülerin Filtrelenmesi ve Verilerin Analizi .....</b>	<b>21</b>
4.3 İkinci ve Final Raporu Dönemi Verilerin Genişletilmiş Analizi ve Sonuçları .....	23
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	30
6. KAYNAKLAR .....	31

## ÖZET

Günümüzde fotovoltaik güç sistemlerinin verimlilikleri gelişen teknoloji ile birlikte gelişmeler kaydetse de hala düşük düzeyde yer almaktadır. Bu sistemlerin sahip olduğu yaklaşık yüzde yirmi beş verim düzeyleri, güneş enerji sistemlerinin büyük ölçüde kullanılması, enerji bağımlılığının azaltılması ve çevreye karşı olan sorumlulukların yerine getirilmesi anlamında engel oluşturmaktadır. Kısa vadede yapılması gereken bu sistemlerin verimlerini düşürebilecek etkenlerin minimize edilmesi ve bu teknolojilerden mümkün olduğunca efektif şekilde yararlanmaktır. Ayrıca güneş enerjisinin potansiyelinin belirlenmesinde, belirli bir bölgeye gelen toplam güneş ışınım şiddetinin hesaplanması ve analiz edilmesi de büyük öneme sahiptir. Bölgelere göre değişiklik gösteren güneş enerjisi potansiyelinin analizi ve etkili kullanımı için farklı iklim coğrafyalarında çeşitli yöntemler üzerine çalışmalar önerilmiştir. Ayrıca güneş radyasyonu kullanılarak elde edilebilecek olan elektrik enerjisi maksimum seviyeye çıkarmak amacıyla da birçok yöntem geliştirilmiştir.

Güneş enerjisi sistemlerinin verimleri panellerin güneş ışığını hangi açıyla aldığı, bu sistemlerin konumu, ekipmanların türü ve kaliteleri, gölge etkisinin olup olmadığı ve sistemin kurulduğu bölgedeki yıllık radyasyon yoğunluğunun ortalaması gibi bir çok değişkene bağlıdır. Bu değişken parametrelerden en önemlilerinden biri, özellikle kristal silisyum pillerin performansını önemli ölçüde etkileyen bulutluluk oranıdır. Hassas şekilde hesaplanmış bulutluluk oranı verisinin elektrikselsel güç kestirimi için kullanılan veri tabanına eklenmesi, güç tahminlerinin daha tutarlı olmasına büyük ölçüde katkıda bulunacaktır.

2019-01.BŞEÜ.03-04 nolu bilimsel araştırma proje çalışması kapsamında Tübitak Ulusal Gözlemevi (TUG), peleng 8mm f3.5 fisheye lens kullanılan Canon EOS6D DSLR kamerasının veri arşivini elde edilen 5 dakikalık periyotlarda alınan aylık verilerin ileri görüntü işleme teknikleri kullanılarak güneş enerji sistemleri için bulutluluk oranı tayini yapılması hedeflenmekteydi. Bu kapsamda, çalışmanın ilk altı aylık periyodunda öncelikli olarak web tabanlı oluşturulan veri tabanı için uygun yazılım kodu yazılarak gökyüzü kamerasından elde edilen veri setinin etkin formatta

düzenlenmesi gerçekleştirilmiştir. Sonraki dönemlerinde satın alma işlemi yapılan harici hard diskler vasıtasıyla bir sonraki adımda kullanılmak üzere veri arşiv deposu oluşturulmuştur. Elde edilen veri seti için farklı maske yapıları oluşturularak, bu görüntü maskeleri içerisinde yer alan piksellerin histogram dağılımları oluşturulup bulutluluk oranının günün farklı zaman dilimleri için analizleri yapılması gerçekleştirilmiştir. Gelecekte yapılacak çalışmalar için güneş ışınım şiddeti değerleri ile oluşturulan modelin korelasyonu sağlanabileceği sonucuna da ulaşılmıştır.

### **Anahtar Kelimeler**

Güneş Işınım Şiddeti Tahmini; Bulutluluk Analizi; Görüntü İşleme; Yenilenebilir Enerji; Güneş Enerjisi

## ABSTRACT

Today, the efficiency of photovoltaic power systems has improved with the developing technology but still remains at a low level. Due to the approximately 25 percent efficiency levels of these systems, it is an obstacle in terms of reducing energy dependence and fulfilling the responsibilities towards the environment. The short term is to minimize the factors that may decrease the efficiency of these systems and to use these technologies as effectively as possible. In addition, in determining the potential of solar energy, it is also important to calculate and analyze the total solar radiation intensity to a certain area. Studies on various methods in different climate geographies have been proposed for the analysis and effective use of solar energy potential that varies according to regions. In addition, many methods have been developed to maximize the electrical energy that can be achieved by using solar radiation.

The efficiency of solar systems depends on many variables, such as the angle at which the panels receive sunlight, the location of these systems, the type and quality of the equipment, the shadow effect and the average of the annual radiation intensity in the region where the system is installed. One of the most important of these variable parameters is the cloudiness, which significantly affects the performance of crystalline silicon batteries. The addition of precisely calculated cloudiness data to the database used for electrical power estimation will greatly contribute to the more consistent power estimates.

2019-01.BŞEÜ.03-04 study, the TÜBİTAK National Observatory (TUG), peleng 8mm f3.5 fisheye lens used in the Canon EOS6D DSLR camera data archives obtained in 5-minute periods of monthly data by using advanced image processing techniques to determine the rate of determination for solar energy systems. In this context, in the first phase of the study, it is envisaged that the data set obtained from the sky camera will be written in the effective format by writing the appropriate software code for the web based database. In the second stage of this period, different mask structures are created for the data set to be obtained and histogram distributions of the pixels within these image masks are created and the cloudiness is analyzed for different time periods of the

day. Next step of the study, according to the classification results to be obtained, one of the appropriate image processing techniques is chosen and it is foreseen to provide the training of the system in the expert system. It is foreseen that the model created with solar radiation intensity values will be provided for future studies and it is aimed that the project will contribute to the literature in this field.

**Keywords**

Forecasting of Solar Radiation Intensity; Cloudiness Analysis; Image processing; renewable energy; solar energy

## ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 2.1 Örnek yapılandırma elemanı .....	14
Şekil 2.2 Akış diyagramı.....	16
Şekil 4.1 TUG tüm gökyüzü kamera sistemi .....	18
Şekil 4.2 Farklı açıdan kamera sistemi .....	18
Şekil 4.3 TUG'daki tüm gökyüzü kamera sisteminin bileşenleri .....	19
Şekil 4.4 Orijinal gökyüzü görüntüsü.....	20
Şekil 4.5 Lens görüntüsü .....	21
Şekil 4.6 Gri seviye lens görüntüsü .....	21
Şekil 4.7 Bölgelere ayrılmış lens görüntüsü .....	22
Şekil 4.8 Birinci bölge doğrulama.....	23
Şekil 4.9 İkinci bölge doğrulama .....	23
Şekil 4.10 Üçüncü bölge doğrulama.....	24
Şekil 4.11 Bölgelerin histogramları .....	24
Şekil 4.12 X ve Y eksenli Sabit Histogramlar .....	25
Şekil 4.13 Histogramların üst üste çizdirilmesi .....	25
Şekil 4.14 Üst üste histogramların normalizasyonu.....	26
Şekil 4.15 Histogramların uç uca eklenmesi.....	27
Şekil 4.16 Bölgelere ait uç uca histogramlarının normalize dağılımları .....	27

#### 4. GİRİŞ

Günümüzde ülkeler enerji açısından bağımsız olabilmek adına, ekonomik durumları, teknolojik kapasiteleri ve sahip oldukları doğal kaynakları tabanlı yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedirler. 2019 yılı ilk yarısı itibarıyla ülkemiz kurulu gücü 90.421 MW'a ulaşmıştır. Yine aynı zaman dilimi için kurulu gücümüzün kaynaklara göre dağılımı ise yüzde 31,4'ü hidrolik enerji, yüzde 29,0'sı doğal gaz, yüzde 22,4'ü kömür, yüzde 8,0'ı rüzgâr, yüzde 6,0'ı güneş, yüzde 1,5'i jeotermal ve yüzde 1,7'si ise diğer kaynaklar şeklindedir. Ayrıca ülkemizde elektrik enerjisi üretim santrali sayısı, 2019 yılı ilk yarısı itibarıyla 7.957'ye (Lisanssız santraller dahil) yükselmiştir. Mevcut santrallerin 664 adedi hidroelektrik, 67 adedi kömür, 257 adedi rüzgâr, 48 adedi jeotermal, 327 adedi doğal gaz, 6.349 adedi güneş, 245 adedi ise diğer kaynaklı santrallerdir. Yenilenebilir enerji, fosil yakıtlar ile karşılaştırıldığında daha çevre dostu bir enerji kaynağı olarak göze çarpmaktadır ve bu sebeple kullanımının yaygınlaşmasının yanında ülkeler enerji alanında daha bağımsız olmak adına yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedirler. Bunun bir göstergesi olarak 2015

yılında 1969 GW olan küresel yenilenebilir enerji üretim kapasitesinin 2021 yılında 2795 GW'a ulaşacağı öngörülmektedir [1]. Bir başka deyişle yenilenebilir enerjiden elde edilen enerji miktarı 6 yıl içerisinde yaklaşık %42'lik bir artış gösterecektir. Bu artış oldukça dramatik bir artıştır ve küresel anlamda ülkelerin yenilenebilir enerji sektörüne ne kadar önem verdiğinin ve vereceğinin açık bir göstergesidir. Çevre dostu, güvenilir, sürekliliği olan ve yeryüzünde ki en yaygın enerji kaynaklarından birisi olan güneş, Dünya'ya sağlamış olduğu enerji ile yeryüzünde ki yaşamın temelini oluşturmaktadır. Genel olarak bu enerjiden yararlanma yöntemleri elektrik ve ısı eldesi şeklindedir. Stefan-Boltzmann yasasından yararlanılıp yapılan hesaplamalara göre birim zamanda Güneş yüzeyinden yayılan enerji miktarı  $3.8 \times 10^{23}$  kW kadardır. Bu enerjinin ise  $1.8 \times 10^{14}$  kW'lık bir bölümü Dünya'ya ulaşmaktadır [2]. 2010 yılında küresel yıllık toplam enerji tüketiminin  $15 \times 10^{13}$  kwh olduğu ve bu değer 2020 yılında tahminen  $18 \times 10^{13}$  kwh olacağı düşünüldüğünde güneş'ten Dünya'ya gelen enerjinin büyüklüğü, bir enerji kaynağı olan Güneş'i diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre bir adım öne çıkarmakta ve güneş enerjisinden elde edilebilecek enerjinin potansiyeli ile ilgili olarak önemli fikirler vermektedir [3]. 2016 yılında dünya üzerindeki kümülatif solar panel kurulu gücündeki artış 2015 yılına göre %50 artış göstererek 75 GW olarak gerçekleşmiştir, bu artışın ise yaklaşık yarısını tek başına Çin gerçekleştirmiştir ve böylece ilk defa toplam güneş panelleri gücündeki artış diğer tüm yakıt türlerindeki artıştan daha fazla olmuştur [4]. Ülkemizde de güneş enerjisinin kullanımı son zamanlarda yaygınlaşmaya başlamıştır. Öyle ki, Türkiye'de 2014 yılında 40 MW olan toplam güneş paneli kurulu gücü 2015 yılında 249 MW'a, 2016 yılında ise 830 MW değerine ulaşmıştır fakat sektörde yaşanan bu büyümeye rağmen güneş enerjisinin toplam kurulu güç kapasitesi içindeki payına bakıldığında bu oran sadece %1 olarak gerçekleşmiştir [4].

## 1.2 Literatür Taraması

Atmosferik veriler kullanılarak görüntü işleme teknikleri ile güneş enerjisi sistemleri için ışıınım tahmini literatürde sık rastlanan bir araştırma konusu olmamakla birlikte literatürde bulutluluk analizi, ışıınım şiddeti tahmin ile ilgili araştırmalar bulunmaktadır.

Fatih Serttaş (2015), bu çalışmada stokastik olmayan, gerekirci (deterministik) bir algoritma olan, örüntü tarama tabanlı Mycielski yöntemi güneş ışınımı tahmininde kullanmıştır. Elde ettiği tekniği geliştirerek, stokastik Markov yöntemiyle beraber hibrit çalışması sağlanarak yeni bir tahmin yöntemi geliştirmiştir. Üretilen, tahmini güneş ışınım verileri, gerçek verilerle karşılaştırılarak doğruluk ölçülmüştür. Örüntü tarama tekniğine dayalı geliştirilen yöntem, literatürde mevcut olan 2 boyutlu güneş ışınım şiddeti modelleme yaklaşımında, üretilen ve gözlemlenen veriler arasındaki hata modellenerek, hata tahmininde kullanılmıştır. Literatürde mevcut olan yöntemden daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Güneş ışınım tahmin yöntemlerinden ve mevcut olan ölçülen ışınım şiddetlerinden elde edilen veriler, fizibilite çalışması yapmak üzere, güneş enerjisi tasarım ve planlama yazılımlarında kullanılmıştır. Kurulması planlanan 1 MW güneş santrali için gerekli alan, kurulacak bölgenin koordinatları ve güneş açıları, kullanılacak modül ve evirici sayısı, panellerin konumlandırması hakkında detaylı analiz yapılmıştır[5].

Kaushika vd. (2014), güneşin; global, direkt ve dağınık ışınım şiddetleri arasındaki iç ilişkilere, yapay sinir ağları temelli açık bir yaklaşım getirmişlerdir. Cebirsel algoritma, bu güneş ışınım parametreleri için açık gökyüzü koşullarında tahminleme yapılmasını da içermektedir. Tahminleme sonucunda yüzde RMSE değeri 5,19 olarak hesaplanmış olup, yağışın çok olduğu aylarda RMSE değerinin beklendiği üzere daha yüksek çıktığını belirtmişlerdir [6].

Benmouiza ve Cheknane (2013) saatlik güneş ışınımı verilerinin tahmininde; k-means kümeleme yöntemi ile yapay sinir ağlarının kombinasyonuna dayalı bir yöntem geliştirmişlerdir. Kümeleme yöntemi k-means, zaman serisi davranışını modelleme amaçlı veriden gerekli bilgiyi çıkarmaya odaklanırken, lineer olmayan otoregresif (otomatik gerileyen) yapay sinir ağları ise lineer olmayan zaman serilerini modelleme ve tahminlemede güçlü bir hesaplayıcıdır. Her iki modelin avantajlarının alınmasıyla kmeans algoritması ve otoregresif YSA kombinasyonu daha iyi sonuç vermek üzere önerilmiştir[7].

J. Alonso ve F.J. Batlles (2014): Gökyüzü kamera görüntüleri kullanarak, 1 dk dönemleri altındaki tüm gökyüzü koşulları ele alınmıştır. Geleneksel sistemlerin optimal bir alternatif olarak gerçek zamanlı ışın, yaygın ve global üç bileşen

kullanılarak güneş ışıyım tahmini yapılması için yeni bir metodoloji sunulmuştur. Bunu yapmak için, sadece bir zemin görünümünden güneş ışıyım tahmin etmek için yeni bir prosedür varsayarak, dijital görüntü seviyeleri kullanılmıştır. Bu süreç, her bir güneş ışıyım bileşenine göre farklı görüntü alanlarını ortalaması alarak, son ışıyım değerlerini elde etmek için piksel düzeyinde üç bileşen ile güneş ışıyımını tahmin etmekten oluşur[8].

J. Alonso ve F.J. Batlles(2014): Tüm gökyüzü koşullarında (bulutsuz, kısmen bulutlu ve bulutlu gökyüzü) kısa ve orta vadede bir dakikalık aralıklarla güneş ışıyımını tahmin etmek için bir toplam gökyüzü kamerası (TSI 880 model) kullanılmıştır. Gökyüzü kamerası görüntüleri kullanılarak yapılan güneş ışıyımını tahmini iki adım takip edilerek gerçekleştirilir: birincisi piksel seviyesinde bir güneş ışıyımını tahmini elde etmek, ikincisi ise her bir görüntü pikseline uygulanacak olan piksel hareketini hesaplamaktır. Piksel hareketlerini çapraz korelasyon yöntemi ile bulut hareket vektörü hesaplanır. Bu iki aşamadan sonra dağınık ve küresel güneş radyasyonu bileşenleri, toplam görüntü piksellerinden güneş ışıyımını değerlerinin ortalaması alınarak güneş ışıyım şiddetini tahmini elde edilir. Bu metodoloji ile gelecek gökyüzü koşulları değerlendirilerek güneş ışıyım şiddeti tahmini yapılır[9].

Zhenzhou Peng vd. (2015): Gökyüzü kamerası görüntüleri dayanarak kısa vadeli güneş ışıyımını tahmin etmek için bir sistem önerilmiştir. Sistem, üç boyutlu uzayda bulutları tanımlamak, izlemek için yeni bir yöntem ve bulutların görüntü özelliklerine dayanarak yüzey güneş ışıyımını tahmin etmek için görüntü üzerindeki güneşi kapatarak uygulanmıştır. İlk olarak, piksel seviyesindeki bulutları algılamak ve bulut maskesi çıktısı almak için denetimli bir sınıflandırıcı geliştirilmiştir. Bir sonraki adımda, birden fazla gökyüzü kamerasından alınan görüntülere dayanarak her bulut katmanının blok bazında yüksekliğini ve hareketini tahmin etmek için akıllı algoritmalar tasarlanmıştır. Bu bilgi daha sonra görüntüleri daha büyük görünümde bir araya getirmek için uygulanır, bunlar daha sonra güneş tahmini için kullanılır[10].

Uğur Kahveci (2018), bu tez çalışmasında bulutluluk oranı, çekilmiş olan yüksek çözünürlüklü fotoğrafların işaret işleme alanında oldukça başarılı olan dalgacık dönüşümü yöntemiyle analiz edilmesiyle hesaplanmıştır. Hangi dalgacığın kullanılması gerektiği konusunda özel bir renk skalası oluşturulmuş ve bu skala her bir dalgacık ile ayrı ayrı dönüşüme sokulmuştur. Bu veriler ışığında farklı hava şartlarında çekilmiş

olan fotoğraflar Daubechies-2 dalgacığı kullanılarak 4 seviye boyunca ayrıştırılmış ve elde edilen en iyi yaklaşıklık bileşenine bir eşik değeri uygulanarak bulutlu bölgeler (beyaz piksel) ve bulutsuz bölgeleri (siyah pikseller) ifade eden ikilileştirilmiş (binary) fotoğraf elde edilmiştir. Sonrasında bulutlu bölgeleri ifade eden beyaz piksellerin sayısı fotoğraftaki toplam piksel sayısına oranlanarak bulutluluk oranı verisine ulaşılmıştır. Son olarak ise kullanılan yöntemin fotoğraflardaki gürültüyü ne derecede filtreleyebildiğinin anlaşılması anlamında PSNR değerleri hesaplanmış ve yöntemin bu anlamda değerlendirmesi yapılmıştır[11].

İsmail Başlar (2012), bu çalışmada gündüz ve gece olmak üzere iki farklı zaman diliminde çekilen fotoğraflar nümerik analiz yöntemleri kullanılarak işlenmiştir. Gündüz vakti çekilen fotoğraflara renkli görüntü işleme yöntemleri, gece çekilen fotoğraflara ise gri seviye eşik değeri belirleme yöntemi kullanılarak bulutluluk tespiti yapılmıştır. Çalışmada kullanılan yöntemler bağlantılı bileşen etiketleme yöntemi, K-means yöntemi ve Otsu yöntemidir. Çalışmanın sonucunda ise K-means yöntemiyle havanın parçalı bulutlu olması durumunda bulutluluk tespitini yüksek doğrulukla gerçekleştirebildiği ortaya konmuştur[12].

## **5. Bulutluluk Tayini İçin Literatürde Kullanılan Yöntemler**

Bulutluluk analizi için literatürde birçok farklı yöntem önerilmektedir. Bu kısımda verimliliği en yüksek olan ve en fazla kullanılan yöntemleri ve görüntü işleme aşamasında en çok kullanılan gürültü azaltma yöntemlerinden kısaca bahsedilmiştir.

### **2.1. K-means Yöntemi**

Mac Queen (1967) tarafından bulunan K-means algoritması, kümeleme problemini çözen en basit denetimsiz öğrenme algoritmalarından biridir. Bölümleyici kümeleme tekniklerinden olan K-means, bilimsel ve endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılmasının yanında görüntü bölütlemeye de çok kullanılan kümeleme algoritmaları arasında yer almaktadır. Benzer özellik taşıyan veri elemanlarının kendi aralarında gruplara ayrılması işlemi kümelemedir.

K-means algoritmasının genel mantığı, n adet veri nesnesinden oluşan bir veri kümesini (X), giriş parametresi olarak verilen k ( $k \leq n$ ) adet kümeye bölmektir. Amaç, gerçekleştirilen bölme işlemi sonunda elde edilen kümelerin; küme içi benzerliklerinin en büyük ve kümeler arası benzerliklerinin en küçük olmasını sağlamaktır.

K-means kümeleme yönteminin değerlendirilmesinde nesnelerin buldukları kümelerin merkez noktalarına uzaklıkları hesaplanır. Bu uzaklığın hesaplanmasında Öklid uzaklığı, Manhattan uzaklığı, Chebyshev uzaklığı gibi farklı formüller kullanılmaktadır. K-means kümeleme yönteminin değerlendirilmesinde en yaygın olarak Öklid uzaklığın karesi kullanılır. Yapılan çalışmada da bu kriter kullanılmıştır. En düşük Öklid uzaklığın karesi değerine sahip kümeleme en iyi sonucu verir. Nesnelerin buldukları kümelerin merkez noktalarına olan uzaklıklarının karelerinin toplamı ile hesaplanmaktadır[13].

$$\sum_{i=1}^k \sum_{x \in X_i} (\text{Öklid uzaklık})^2(M_i, x)$$

(1)

denkleminde k küme sayısı,  $M_i$  kümenin merkezi,  $X_i$  veri kümesi, x ise küme elemanıdır.

Bu kriterleme sonucu, k tane kümenin olabildiğince yoğun ve birbirinden ayrı sonuçlanması hedeflenmeye çalışılır. Algoritma, Öklid uzaklığı kareleri toplamını azaltacak k parçayı belirlemeye gayret eder. K-means algoritması, algoritmaya kullanıcı tarafından verilen k parametresi ile n tane veriden oluşan veri setini k adet kümeye böler. Küme benzerliği kümedeki nesnelerin ortalama değeri ile ölçülür, bu da kümenin ağırlık merkezidir[13].

## 2.2. Otsu Yöntemi

Gri seviyede bir görüntüyü ikili biçime çevirmek için izlenecek yöntemde, bir eşik değeri belirlenir ve bu eşik değerinin üzerindeki renkler beyaza, altındaki renkler siyaha dönüştürülür. Ancak tüm görüntüler için sabit bir eşik değeri kullanılırsa, görüntüler üzerinde kabul edilebilir sonuçlar almak mümkün olmayacaktır. Eşik

değerin, resmin renk dağılımına uygun olarak belirlenmesini sağlayacak bir yöntem Otsu metodudur[14].

Otsu metodu gri seviye görüntüler üzerinde çalışır ve sadece yoğunluk değerlerinin görüntü üzerinde kaçar defa bulunduğu bakar. Bu yüzden önce görüntünün renk histogramı hesaplanır. Daha sonra yapılan bütün işlemler histogram dizisi üzerinde gerçekleştirilir.

### **2.3. Bağlantılı Bileşen Etiketleme Yöntemi**

İkili seviyedeki bir görüntüde sıfır değerine sahip olan pikseller arka plan, bir değerine sahip olan pikseller ise görüntüdeki nesnelere ele alınır. Bu nesnelere şekillerini, boyutlarını belirlemek için kullanılan yöntemlerden birisi bağlantılı bileşen etiketleme yöntemidir. Bu yöntemde pikseller, komşuluklarına bakılarak taranır ve birbirine bağlantılı olan pikseller aynı numara ile etiketlenir. Bağlantılı bileşen etiketleme yönteminin algoritması aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır[15].

Görüntü pikselleri üzerinden soldan sağa ve yukarıdan aşağıya iki defa tarama yapılır. İlk taramada arka plana ait olmayan piksellere 1'den başlayarak etiket numarası verilir. Etiket numarası verilecek pikselin komşulukları kontrol edilir. Eğer komşuluğundaki tüm pikseller arka plana ait ise etiket numarası bir arttırılır. Eğer komşuluğunda sadece bir tek etiket numarasına ait piksel varsa, bu etiket numarası incelenen piksele de verilir. U şeklindeki ya da ters E şeklindeki bileşenlerin bazı piksellerinde komşuluğa bakıldığında birden fazla sayıda etiket numarası görülür. Bu durumda pikseller bu etiket numaralarından birisi ile etiketlenir. Bu etiket numaraları eşit etiket çiftleri olarak başka bir veri yapısında depolanır. İkinci taramada bütün pikseller tekrar taranarak eşit etiket olarak veri yapısında tutulan etiket numaraları, küçük olanın numarasıyla değiştirilir. Böylece bütün komşu pikseller aynı numara ile etiketlenmiş olur.

### **2.4. Morfolojik İşlemler**

Matematiksel morfoloji teorisi, nonlineer operatörlerle nesne şekilleri üzerinde işlem yapmaya dayanır. Öndirgeme, nesne şekline göre bölütleme, nesne miktarı belirleme gibi birçok uygulamada hızlı ve başarılı çözümler[16].

Operatörler görüntü işlemede iki parça veri kümesi ile kullanılırlar.

1- Operatörün uygulanacağı görüntü

2- Yapılandırma elemanı: Görüntüde dolaşan piksel grubudur. Yapılandırma elemanları farklı şekillerde ve büyüklükte olabilmektedir. Bunların bir merkez noktası bulunmakta olup, bu nokta işlenecek resmin her bir pikseli üzerinde gezdirilerek işlem yapılmaktadır.

En çok kullanılan morfolojik operatörler şunlardır:

1- Genleşme (Dilation)

2- Aşınma (Erosion)

3- Açınım (Opening)

4- Kapanım (Closing)

Matematiksel morfoloji, görüntünün şekilsel yapısına dayanan kümeler teorisi üzerine kurulmuş bir yaklaşımdır. Matematiksel morfoloji teorisinin temelleri ilk olarak Georges Matheron ve Jean Serra tarafından 1980'li yıllarda atılmıştır. Bu metodun temelinde iki morfolojik operatör olan aşınma ve genleşme yatmaktadır. Sayısal işaretler için aşınma işlemi, bir Minkowski küme çıkarma işlemi, genleşme işlemi ise Minkowski küme toplama işlemidir. Aşınma işlemi kümeler cebirinde kesişim işlemine, genleşme işlemi ise kümeler cebirinde birleşim işlemine denk düşmektedir. Bu işlemler Serra (1988) tarafından ikili olmayan işaretlere de genişletilmiştir[17].

#### **2.4.1. Genleşme işlemi**

Görüntüdeki bir nesneyi büyötmeye ya da kalınlaştırmaya yarayan morfolojik işlemidir. Sayısal bir görüntüyü genişletmek onu yapısal elemanla kesiştiği bölümler kadar büyötmektir. Görüntünün her bir pikseli, yapısal elemanın merkez noktasına oturtularak genleşme işlemi yapılmaktadır. Kalınlaştırma işleminin nasıl yapılacağını

yapısal eleman belirler. Genleşme işlemi uygulanan görüntüde, görüntü içerisindeki deliklerin ve boşlukların doldurulması ve köşe noktasının yumuşaması gözlenir.

#### **2.4.2. Aşınma işlemi**

Görüntüdeki nesneyi küçültmeye ya da inceltmeye yarayan morfolojik işlemidir. Bu işlem tam olarak olmasa da bir bakıma genleşme işleminin tersi gibi düşünülebilir. Görüntüdeki nesnelere ufalır, delik kısmı genişler, birbirine bağlı nesnelere ayrılma eğilimi gösterir.

#### **2.4.3. Açınım işlemi**

Temel olarak aşınma işlemi takip eden genleşme işlemidir. Görüntüdeki nesnenin çevresini yumuşatır ve ince çıkıntıları yok eder. Nesnelere orijinal görüntüdeki nesneye göre biraz küçülmüş olur. Görüntü içerisindeki nesnelere ve nesne içerisindeki boşluklar yapısal elemanın büyüklüğüne göre temizlenir. Birbirine yakın nesnelere birbirinden ayrılmış olur.

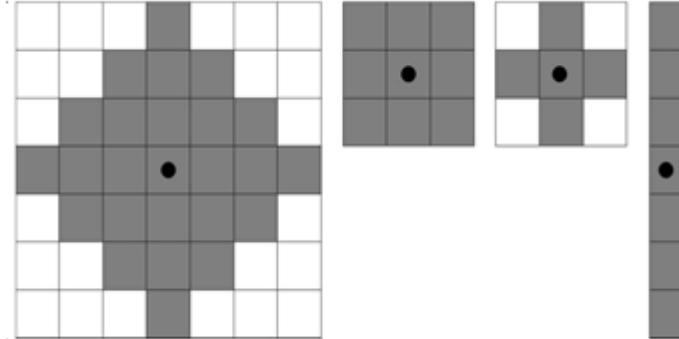
#### **2.4.4. Kapanım işlemi**

Temel olarak genleşme operatörünü takip eden aşınma operatörüdür. Açınım işlemindeki gibi görüntüdeki nesnenin çevresini yumuşatır ama ince boşlukları doldurarak nesnedeki delikleri kapatır. Nesnelere orijinal görüntüdekine göre büyür ve birbirine yakın nesnelere bağlanmış olur.

#### **2.4.5. Yapılandırma elemanı**

Yapılandırma elemanı; görüntü üzerinde yapacağımız işleme ve yapmak istediğimiz uygulamaya göre istenilen boyutlarda ve istenilen şekilde hazırlanmış küçük ikili seviyede bir görüntüdür. Yapılandırma elemanı farklı geometrik şekillerden

herhangi biri olabilir. En çok kullanılanları kare, dikdörtgen ve dairedir. Şekil 2.1’de yapılandırma elemanına örnekler verilmiştir.



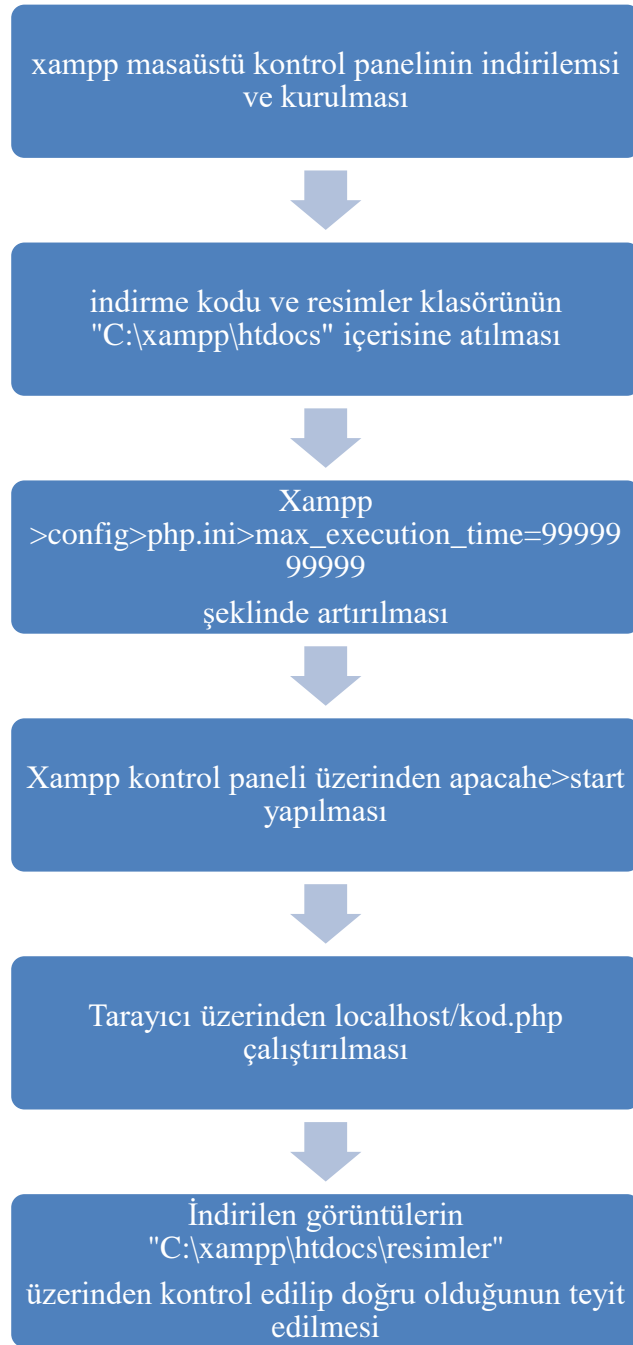
Şekil 2.1 Örnek Yapılandırma Elemanı[13]

### 3. ARA RAPORU DÖNEMİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Güneş ışınım şiddeti tahmini yapılabilmesi için öncelikle gökyüzü görüntüsünün bulutluluk oranının hangi seviyede olduğunda değerlendirilmesi gerekmektedir. Bunun için öncelikle bulutluluk tahmini için veri arşivinin oluşturulması ve görüntü işleme teknikleri kullanılarak bulutluluk analizlerinin ilk adımları ile maskeleyme işlemleri gerçekleştirilmiştir.

#### 4.1 Veri Arşivinin Oluşturulması

Antalya Bakırlıtepe lokasyonunda bulunan, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG) tarafından anlık olarak alınan ve belli bir süre boyunca erişime açık olan görüntüleri PHP’de yazdığımız bir kod sayesinde istediğimiz isimlendirmeyi (Örn:tug\_asc1-20180201\_1305.jpg) yaparak veri arşivi oluşturulmuştur. Oluşturulan veri arşivi satın alma talebi yapılan SSD hard disklerde depolanmaktadır. Görüntülerin her birisinin sonunda saat ve dakikayı tutmamızdaki amaç elimizde bulunan diğer excel verilerindeki gün, saat, dakika olarak basınç sıcaklık v.b değerlerini ilişkilendirme kısmında zorluğu ortadan kaldırmaktır. Görüntülerin veri arşivi yapılmasında ki akış diyagramı Şekil 2.2’de verilmiştir.



**Şekil 2.2. Akış Diyagramı**

Oluşturulan kodun aktif edildikten sonra çalışabilmesi için TUG>hava ve gökyüzü>gökyüzü kamerası web sitesinin kullanılabilir durumda olması şarttır. Bazı durumlarda sitenin sunucu ile bağlantının kesilmesi, sunucunu bakıma girmesi v.b gibi sebeplerden dolayı web adresi kullanım dışı olabilmektedir. Max execution time kodun zaman aşımı süresidir aylık görüntüler indirileceği için zamanın olabildiğince uzun

olmalı ki kod zaman aşımının uğramadan tüm indirmeleri yapabilsin yoksa indirme yarım kalabilir. Bu durum HTML arayüzü üzerinden zaman aşımına uğradığı günden itibaren devam ettirilebilir olsa da max execution time olabildiğince fazla olması yazılan farklı herhangi bir kodun çalışmasına engel olabilir. Veriarsivil.php HTML arayüzü ile birlikte olan kod veriarsivil.php arayüz olmadan sadece kod kısmıdır.

## 4.2.ÖLÇME DÜZENEGİ

TUBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG) Bakırlıtepe Yerleşkesi'ne ait gece/gündüz tüm gökyüzünü gösteren sayısal kamera sistemi aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır.

- Küresel pencere, izoleli, muhafaza kutusu(Şekil 3.1)
- CANAN EOS5D DSLR Kamera(Şekil 3.3)
- Peleng 8mm f3.5 Balık Gözü Mercek (Şekil 3.3)
- Pardus 8.0 İşletim Sistemi
- Gphoto2 Yazılımı
- Kamera kontrol, arşivleme ve astronomik hesaplar için yazılmış kabuk betikleri.

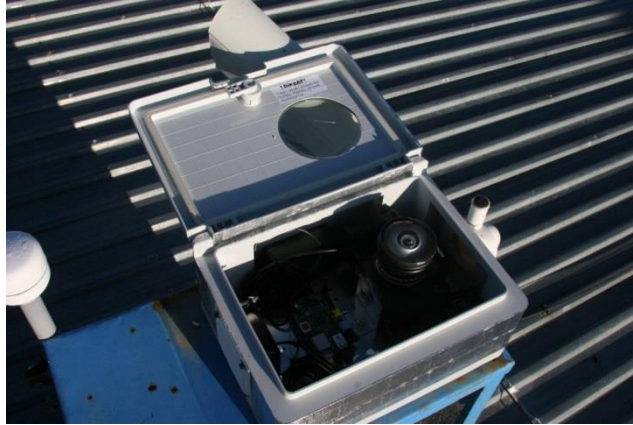
Kamera sistemi TUG Bakırlıtepe Yerleşkesi Merkez Bina çatısına, gökyüzüne bakan yüzünde şeffaf, polyester bir yarıküre bulunan özel bir izolasyonlu kutu içerisinde çalışmaktadır. Kamera için gerekli enerji USB veri kablosu, çatı ve bilgisayar sistem odası arasındaki kablo kanalından sağlanmıştır. Kameranın tüm iradesi buradaki Pardus 8.0 işletim sistemi yüklü bir mini masaüstü bilgisayar ile yapılmaktadır.



Şekil 3.1 TUG tüm gökyüzü kamera sistemi



Şekil 3.2 Farklı açıdan kamera sistemi



Şekil 3.3 TUG'daki tüm gökyüzü kamera sisteminin bileşenleri

\* Muhafaza kutusu, polyester yarıküre pencere, kamera, bağlantı kabloları

Kameraya USB veri yolu üzerinden GPHOTO2 adlı yazılım ile bağlanılmakta ve amaca uygun olarak yazılan eos5d\_main, eos\_capture adlı iki kabuk betiği ve astronomik hesapların yapıldığı zh\_günes.php kodu tarafından kameranın otomatik olarak 7/24/365 çalışması sağlanmaktadır.

Kamera aşağıda sıralanan özellikler çerçevesinde çalışacak şekilde hazırlanmıştır.

- Kamera “MANUAL” modda balıkgözü mercek ise 3.5 diyafram açıklığında ve sonsuz ( $\infty$ ) odak ayarında çalıştırılmaktadır.
- Kamera kendi üzerindeki hafıza kartına her 5dk’ da bir 4268x2912 piksel çözünürlüğünde renkli görüntü almaktadır.
- Alınan görüntü JPG formatında ve %100 kalitede 502x429 piksel çözünürlüğüne indirilmekte (yaklaşık35kb/kare), üzerinde yön, tarih ve saat bilgisi yazılarak web sayfasına arşive gönderilmektedir. Bu işlemden sonra kameranın hafıza kartındaki görüntü silinmektedir.
- Kamera Güneş’in gökyüzünde olduğu sürece 100 ASA ve 1/2500 sn. poz süresi ile görüntü almaktadır. Güneş battıktan sonra kararın havaya uyum sağlamak için akşam tanımı bitimine kadar poz süreleri her 5dk.’ da bir 3’er adım arttırılarak (1/2500 sn.,1/2500 sn.,1/1000 sn.,1/6400 sn...) görüntü alınmaktadır. Akşam tanımı bitiminde de gece ASA ayarı ve poz süresine (1600ASA, 30 sn) geçilmektedir. Sabah tanımı başladığında da işlem akşam tanımının tersine devam

etmektedir. (20 sn., 13sn., 8sn.,...) Güneş doğduğunda da yine gündüz poz süresi ve ASA ayarında geçilmektedir.(1/2500sn., 100ASA).

- Çekilen her görüntü aşağıdaki klasör ve isimlendirme yapısında arşivlenir.  
Home/webcam/public\_html/archive/kamera1/yyyy\_mm/yyyymmdd/tug\_asc1\_y  
yyyymmdd\_hhmmss.jpg

### 4.3 Görüntülerin Filtrelenmesi ve Verilerin Analizi

TUG internet sitesi üzerinden aldığımız görüntülerle oluşturduğumuz veri setinden bir görüntünün orijinal hali aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.4 Orijinal gökyüzü görüntüsü

Orijinal görüntü üzerinde görüldüğü üzere birçok yazı ve rakam bulunmaktadır. Bizim kullanacağımız kısım sadece lensin gördüğü bölge olduğu için diğer kısımları devre dışı bırakabilmek için filtreleme yapılmıştır. Bu işlem sırasında en temel yapıda görüntümüzün boyutlarını 429×502 olduğunun bilinmesi sebebiyle görüntünün merkezini (240,257) olarak atayıp noktalar arası uzaklık formülü  $P_1 = (X_2 - X_1)^2$  ve  $P_2 = (Y_2 - Y_1)$  olmak üzere  $(\sqrt{(P_1)^2 + (P_2)^2})$  ile merkez piksele uzaklığı  $r=180$  olan tüm piksellerden bir çember oluşturduktan sonra çember dışında kalan kısımdaki pikselleri tamamen siyah yaparak Şekil 3.5'i elde ettik.



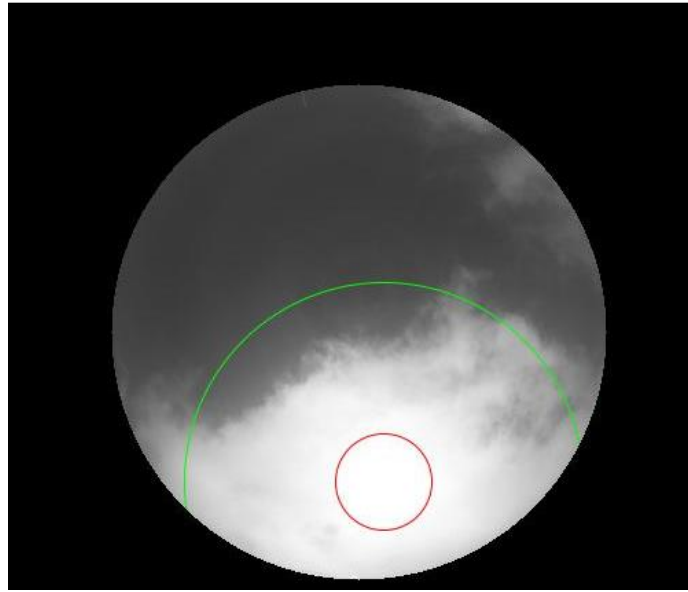
**Şekil 3.5 Lens görüntüsü**

Görüntü işleme tekniklerinin birçoğunda olduğu gibi projede piksel seviyesinde çalışılacağı için görüntümüzü Matlab image processing toolbox içerisinde bulunan komutlar yardımıyla 0-255 arasında gri seviye piksel değerleri olan Şekil 3.6'da verilen gri görüntüye dönüştürülmüştür.



**Şekil 3.6 Gri seviye lens görüntüsü**

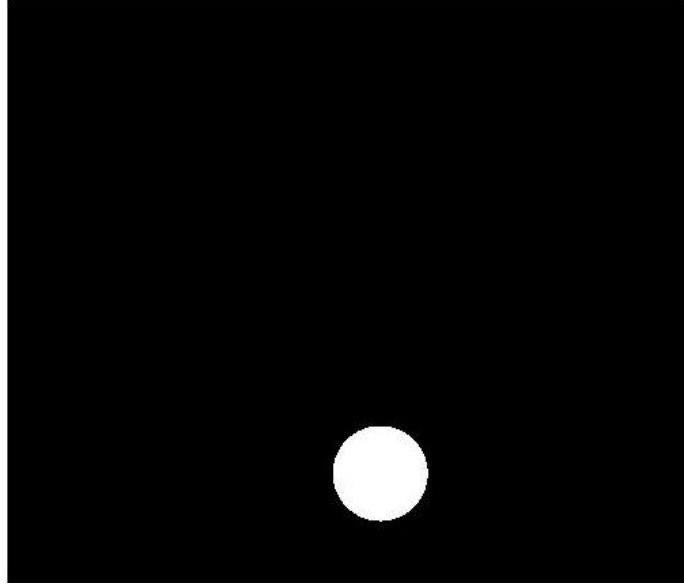
Her noktada piksel seviyelerinin farklı olmasının en büyük nedeni güneştir yani güneşin olduğu bölgede piksel seviyeleri daha yüksek, güneşe uzak bölgelerde daha düşüktür. Hatta bazı pikseller 0'a kadar düşmüştür. Bu sebepten dolayı görüntüyü şekil 4'te görüldüğü gibi 1- güneşe en yakın alan; alan 2- bir ara bölge; ve alan 3- Güneşten en uzak alan olmak üzere 3 bölgeye ayırarak Şekil 3.7 elde edilmiştir.



Şekil 3.7 Bölgelere ayrılmış lens görüntüsü

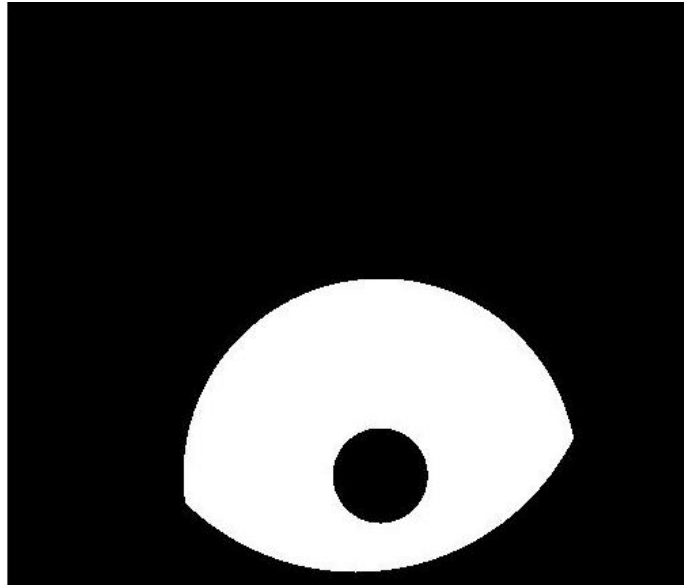
Bölgelerin doğru olup olmadığını kontrol aşamaları yine yazılan basit bir kod ile teyit edilmiştir.

Birinci bölgenin doğru olduğu Şekil 3.8'de teyit edilen fotoğraf ile gösterilmiştir.



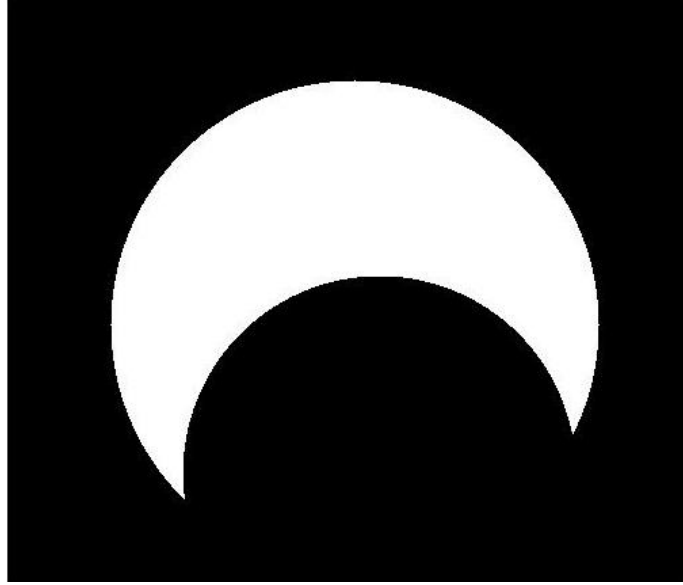
Şekil 3.8 Birinci bölge doğrulama

İkinci bölgenin doğru olduğu Şekil 3.9’da teyit edilen fotoğraf ile gösterilmiştir.



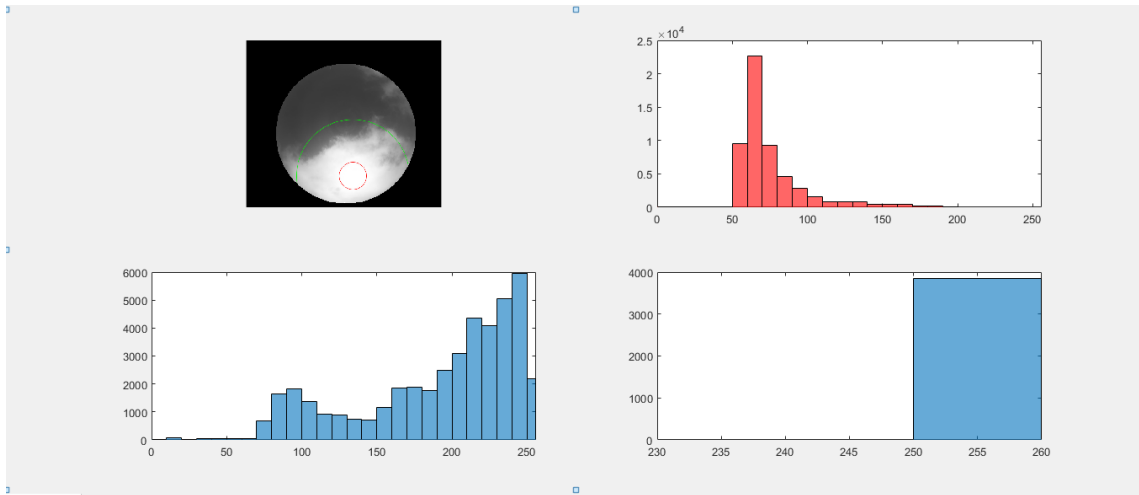
Şekil 3.9 İkinci bölge doğrulama

Üçüncü bölgenin doğru olduğu Şekil 3.10 teyit edilen fotoğraf ile gösterilmiştir.



Şekil 3.10 Üçüncü bölge doğrulama

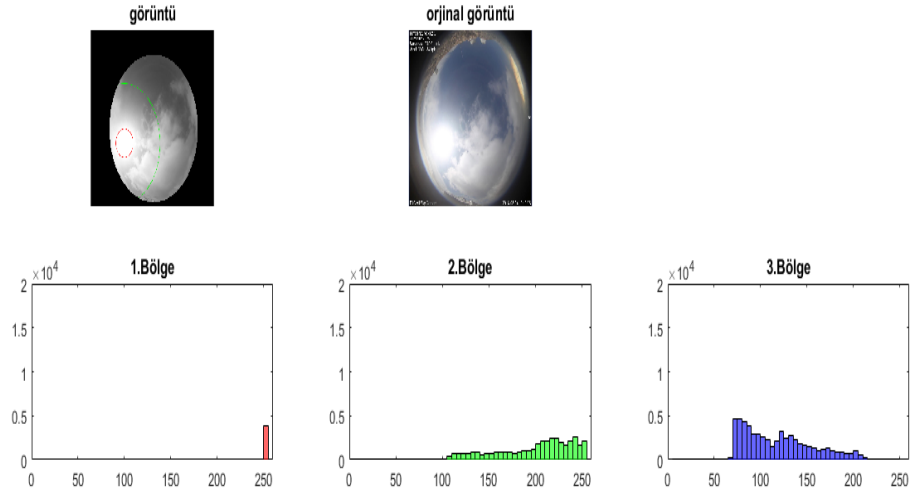
Görüntüyü güneş ışınlarının yoğunluklarına ve etkilerine göre 3 bölgeye ayrılmıştır. Bölgelere ait her bir piksel seviyesinin sayısını belirleyebilmek adına histogram grafikleri Şekil 4.11’de gösterilen yapıda oluşturulmuştur.



Şekil 3.11 Bölgelerin histogramları

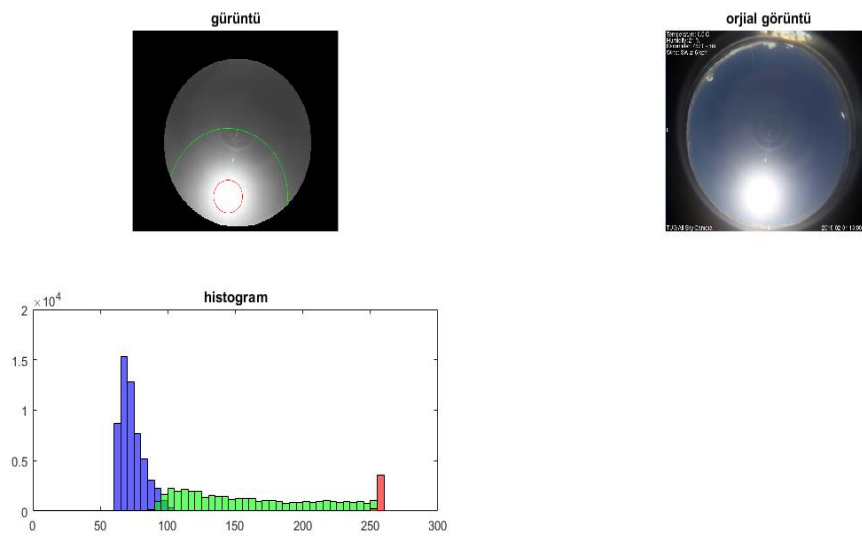
Aldığımız histogramlarda her bölgenin farklı renkte olması, X ve Y eksenlerini belli değerlerde sabit olması karşılaştırma yapma aşamasında daha kolay olacağını

varsayarak bu işlemleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.12’de farklı görüntü yapılarına ait analiz sonuçları detaylı olarak verilmiştir.



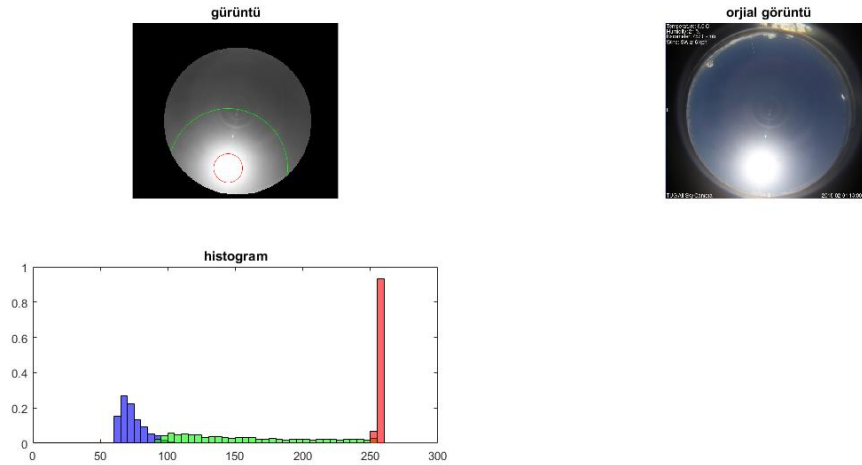
Şekil 3.12 X ve Y ekseni Sabit Histogramlar

Histogramların üzerinde her bölgenin farklı olarak ayarlayarak histogramların sonuçları Şekil 4.13’de sunulmuştur. . 1. Bölge kırmızı 2. Bölge yeşil 3. Bölge mavi renk olarak ayarlandı.



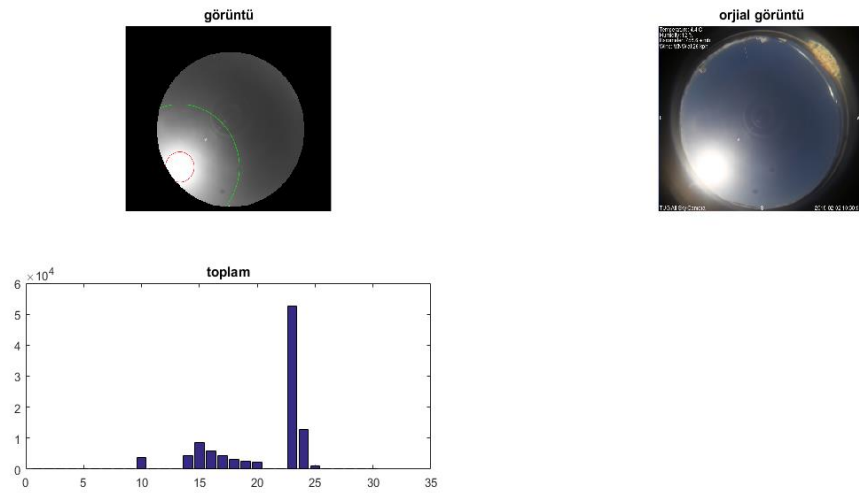
Şekil 3.13 Histogramların bütünlük yapısı

Histogramların karşılaştırılmasının daha kolay olacağını düşünerek oluşturduğumuz sonuçlar için normalizasyon adımı uygulanmıştır. Şekil 4.14 farklı görüntü yapılarına ait analiz sonuçları detaylı olarak verilmiştir.



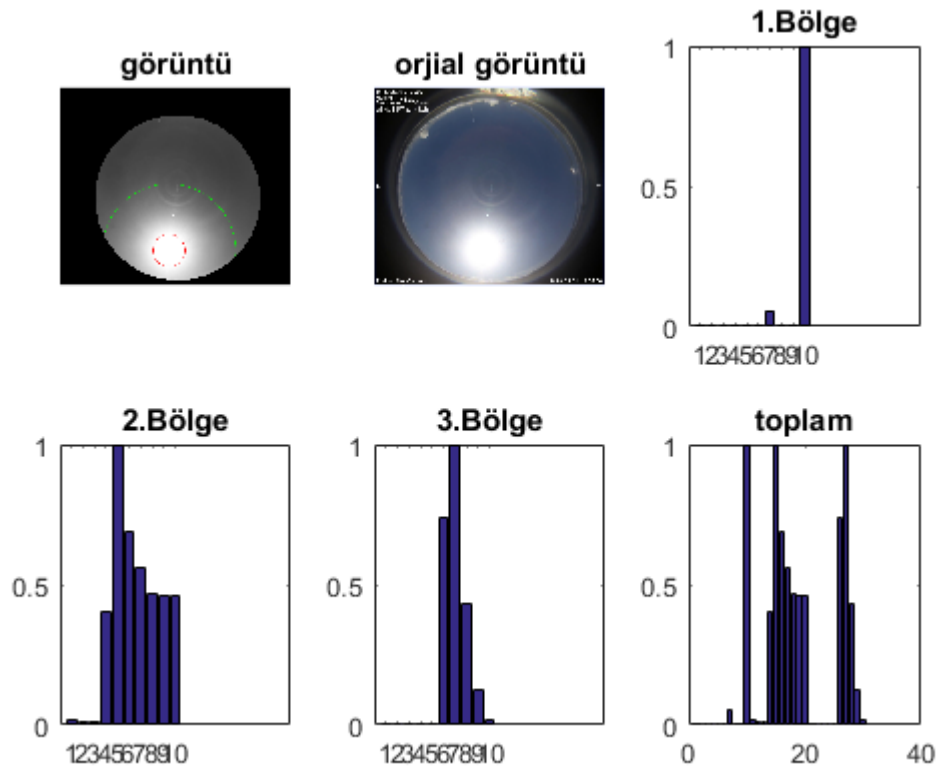
Şekil 3.14 Normalize veriler

Histogramlar dağılımlarına ek olarak farklı 3 farklı bölgenin histogramlarını uç uca ekleyip farklı varyasyonlar analiz edilmiştir. Bu adımı gerçekleştirirken matlab yazılım ortamında ki histogram ve hist komutları kullanılmıştır. Piksel seviyelerindeki fark ayrımlarını algılamak amacıyla farklı eşik değerlerinde dağılımlar analiz edilmiştir. Şekil 4.15 de farklı görüntü yapılarına ve bölgelere ait analiz sonuçları verilmiştir.



Şekil 3.15 Histogramların uç uca eklenmesi

Histogramları uç uca ekleme yönteminde de normalizyon yapılarak analiz edilmiştir.



Şekil 3.16 Bölgelere ait uç uca histogramaların normalize dağılımları

Tüm bu yapılan çalışmaların amacı aslında bulutluluk faktörünün görüntüler üzerinden nasıl ayırt edilebileceğinin bulabilmektir. Piksel seviyesinde çalışmak bunun için en mantıklı yol gibi görünse de bu konuda yapılan birçok çalışmada en büyük engelin güneşin bulunduğu yani bizim bölgelere ayırdığımız görüntülerdeki birinci bölgede piksel seviyesinde çalışılsa da birinci bölge için çokta ilk analizlerde model başarımları düşük çıkmıştır. Bunun önüne geçmek için bazı çalışmalarda gökyüzünde güneşin bulunmadığı taraflar kullanılırken bazı çalışmalarda ise güneş olsa dahi balıkgözü lense çekilen görüntülerde tam kameranın güneş gördüğü kısımlar çeşitli araçlarla kapatılarak güneş varsayılmadan tahminler yapılmaya çalışılmıştır. Proje kapsamında da önce güneşin bulunmadığı yani görüntülerdeki birinci bölgenin 60 piksel yarıçaplı kısmı hariç tutularak görüntüler üzerinde görüntü işleme teknikleri ve morfolojik yöntemler kullanılarak bulutluluk tahmini yapılmaya çalışılmıştır. Daha başarılı sonuçlar elde edebilmek adına ortalama olarak 0.615 eşik değeri kullanılmış olsa da bazı görüntülerde sabit olarak 0.615 eşik değerini kullanmak sonuçlarda sapmalar meydana getirmiştir.

İkilileştirme işleminde dikkat edilmesi gereken hususlardan birisi ikilileştirme eşik değeri (binarization threshold value)'dur. İkilileştirme işlemi için Matlab programı içerisindeki Görüntü İşleme Aracı (Image Processing Toolbox)'ta yer alan imbinarize kodu kullanılmıştır. Bu kod Otsu metodunu kullanarak bir eşik değer belirlemekte ve ikilileştirme işlemini bu eşik değere göre gerçekleştirmektedir. Fakat bu eşik değeri bu çalışma için yetersiz kalmaktadır, bu yüzden eşik değeri her analiz için ayrı olarak elle belirlenmiştir.

Çalışmanın devamında ortalama olarak 0.615 eşik değeri kullanılmış olsa da bazı görüntülerde bulutluluk oranlarının değişimleri yüzdelik olarak sunulması hedeflenmektedir.

#### **4.4. İkinci ve Final Rapor Dönemi Verilerin Analizi ve Sonuçları**

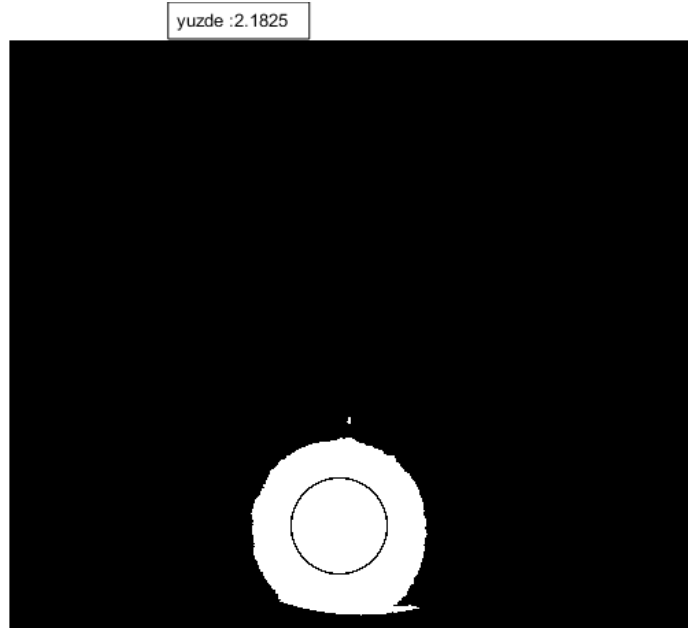
Birinci rapor döneminde yapılan çalışmaların amacı aslında bulutluluk faktörünün görüntüler üzerinden nasıl ayırt edilebileceğinin bulabilmektir, piksel seviyesinde çalışmak bunun için en mantıklı yol gibi görünse de bu konuda yapılan birçok çalışmada en büyük engelin güneşin bulunduğu yani bölgelere ayrılan görüntülerdeki birinci bölgede piksel seviyesinde çalışılsa da birinci bölge için çokta kesin sonuçlara

ulaşılamamıştır. Bunun önüne geçmek için bazı çalışmalarda gökyüzünde güneşin bulunmadığı taraflar kullanılırken bazı çalışmalarda ise güneş olsa dahi balıkgözü lense çekilen görüntülerde tam kameranın güneş gördüğü kısımlar çeşitli araçlarla kapatılarak güneş varsayılmadan tahminler yapılmaya çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda önce güneşin bulunmadığı bir başka ifadeyle görüntülerdeki birinci bölgenin 60 piksel yarıçaplı kısmı hariç tutularak görüntüler üzerinde görüntü işleme teknikleri ve morfolojik yöntemler kullanılarak bulutluluk tahmini yapılmaya çalışılmıştır. Daha başarılı sonuçlar elde edebilmek adına ortalama olarak 0.615 eşik değeri kullanılmış olsa da bazı görüntülerde sabit olarak 0.615 eşik değerini kullanmak sonuçlarda sapmalar meydana getirmiştir.

İkilileştirme işleminde dikkat edilmesi gereken hususlardan birisi ikilileştirme eşik değeridir (binarization threshold value). İkilileştirme işlemi için Matlab programı içerisindeki Görüntü İşleme Aracı (Image Processing Toolbox)'ta yer alan imbinarize kodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yapı Otsu metodunu kullanarak bir eşik değeri belirlemekte ve ikilileştirme işlemini bu eşik değere göre gerçekleştirmektedir. Fakat bu eşik değeri bu çalışma için yetersiz kalmaktadır, bu yüzden eşik değeri her analiz için ayrı olarak elle belirlenmiştir. Şekil 3.17'nin analizi için kullanılan eşik değeri 0.8'dir.



Şekil 3.17 Saat 13:10 orijinal görüntü

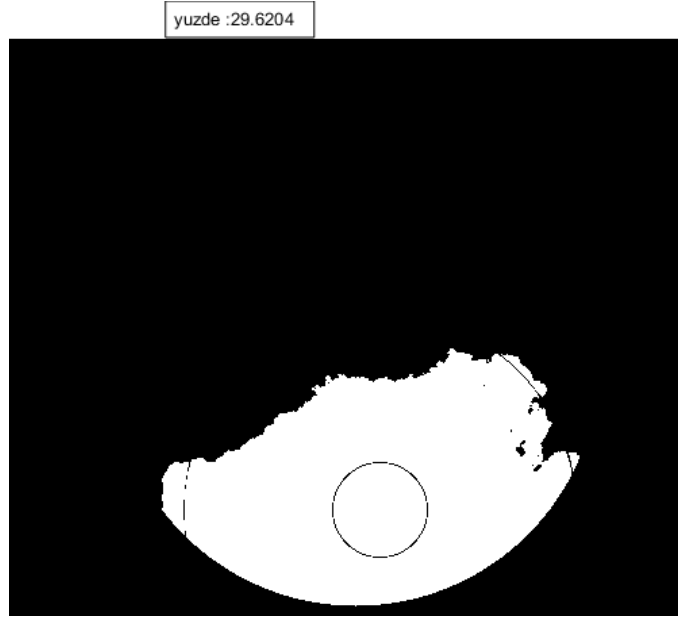


Şekil 3.18 Saat 13:10 analizi

Farklı atmosferik hava koşullarında çeşitli örnekler için deneme yapılmıştır. Şekil 4.19’da orijinal görüntü, şekil 4.20’de analizi verilmiştir. Şekil 3.19 için kullanılan eşik değeri 0.615’dir

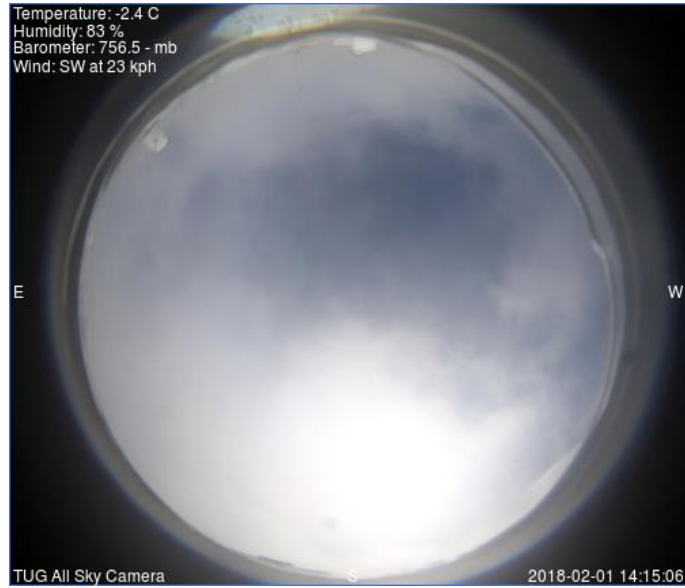


Şekil 3.19 Saat 14:00 orijinal görüntü

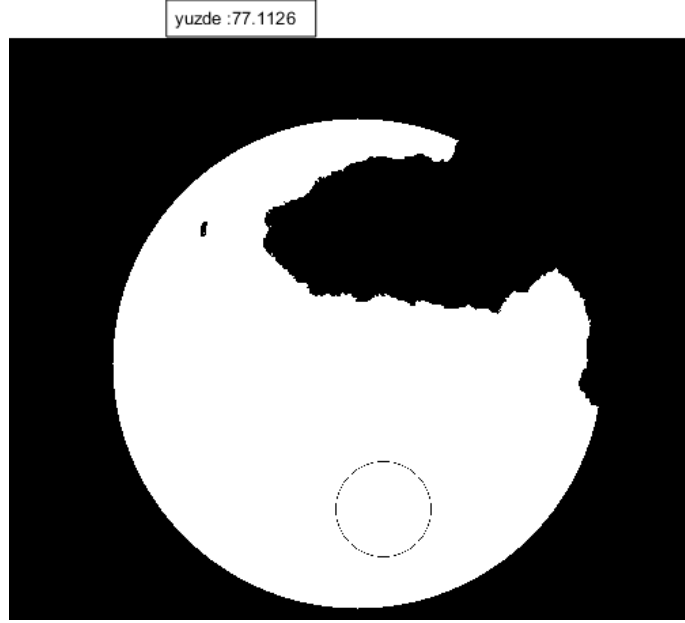


Şekil 3.20 Saat 14:00 analizi

Şekil 4.21’de orijinal görüntü, şekil 4.22’de analizi verilmiştir. Şekil 3.21 için kullanılan eşik değeri 0.5’dir

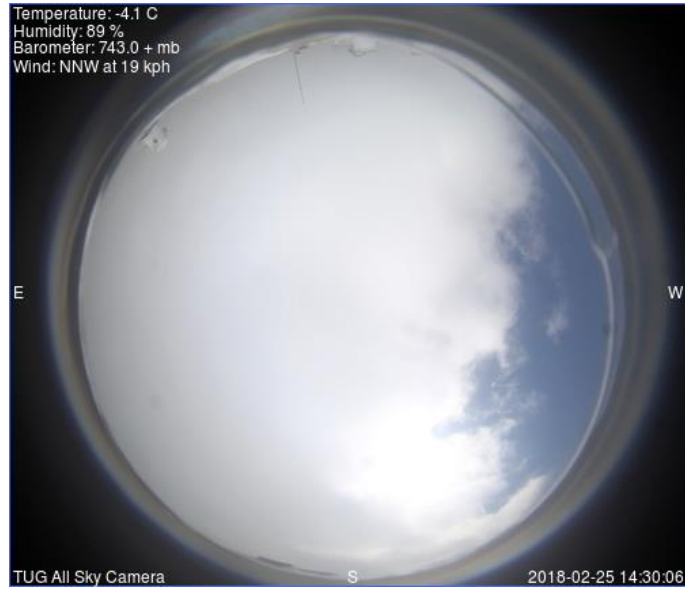


Şekil 3.21 Saat 14:15 orijinal görüntü

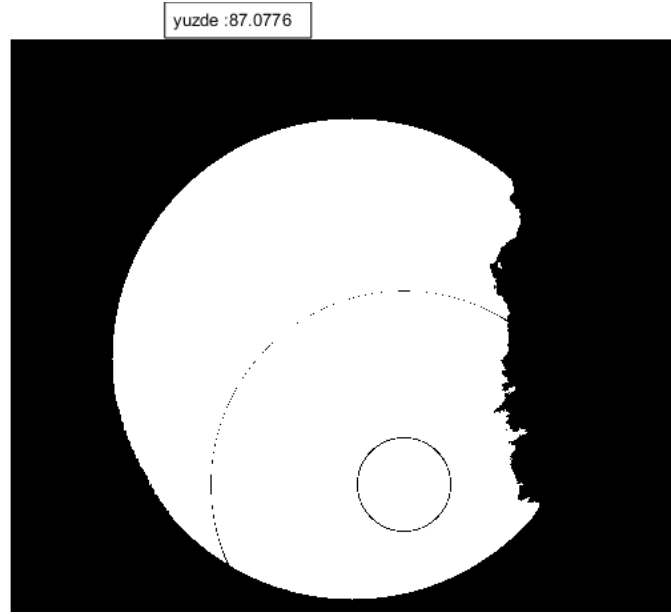


Şekil 3.22 Saat 14:15 analizi

Şekil 4.23'teki görüntü için eşik değeri 0.615 olarak belirlenmiştir, şekil 4.24'te analizi sonuçları verilmiştir.



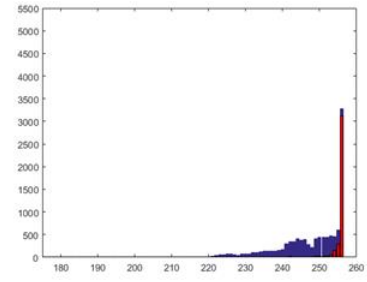
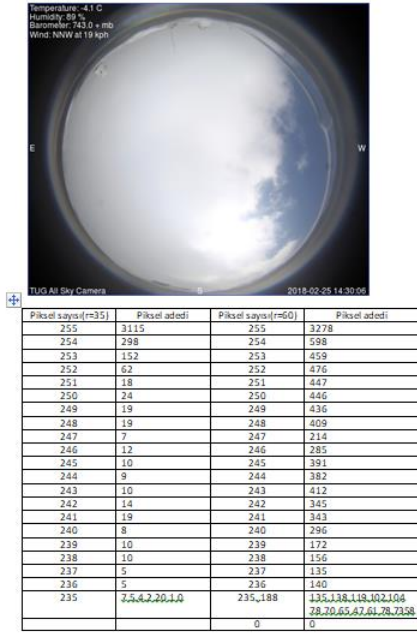
Şekil 3.23 Saat 14:30 orjinal görüntüsü



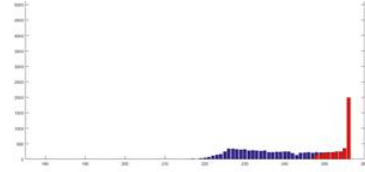
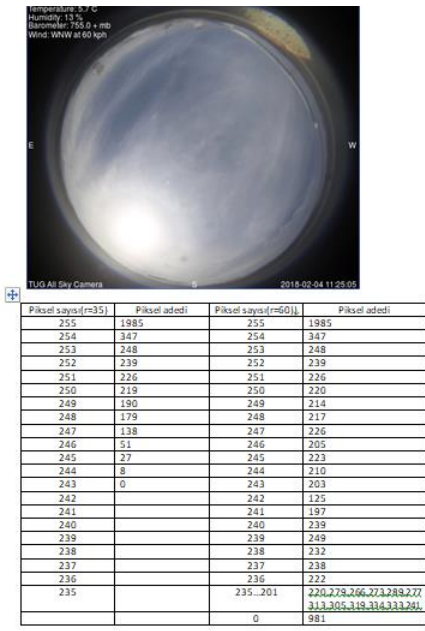
Şekil 3.24 Saat 14:30 analizi

Birinci bölge göz ardı edilerek yapılan çalışmalarda başarı seviyesi yüksek olmasına karşın güneş ışınımı birinci bölge için azami öneme sahiptir. İkinci ve üçüncü bölge için yaptığımız bu çalışmayı yalnız birinci bölge için yaptığımız taktirde sonuçların çokta verimli olmayacağı öngörülmektedir çünkü ikilileştirme eşik değerine göre siyah beyaz piksellerde çok büyük farklar oluşmamaktadır. Bunun sebebi bulutsuz gökyüzü için güneş ön planda olduğu için neredeyse tüm görüntü beyaz olurken bulutlu gökyüzü görüntüsü için de güneş bulutun arkasında olsa da bulut güneşin parlaklığı ile beraber yüksek piksel değerlerine çıkmakta ve bulutsuz gökyüzü görüntüsü için oluşan sonuçla neredeyse aynı sonuç oluşmaktadır. Bu durum da birinci bölge için bulutluluk oranı bulmayı mümkün kılmamaktadır.

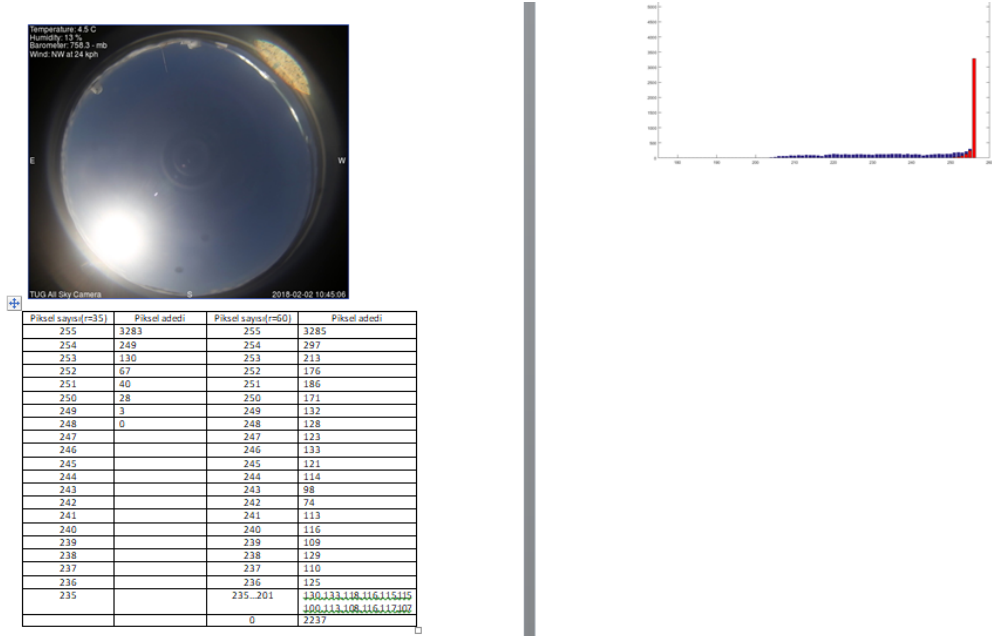
Birinci bölge için ikilileştirme eşik değeri değeri ile sonuç alamadığımız için bu bölgenin gri seviyedeki piksel değerleri ile işlem yaparak sonuca gitmenin daha verimli sonuçlar ortaya çıkaracağını öngörerek bölgenin piksel seviyesini histogramlarını Şekil 4. 25’de sunulmuştur.



Şekil 3.25 Bulutlu birinci bölge



Şekil 3.26 Yarı bulutlu birinci bölge



Şekil 3.27 Bulutsuz birinci bölge

Şekil 4.25-4.27'den de görüleceği üzere 3 farklı hava gökyüzü durumu için birinci bölgenin  $r=35$  ve  $r=60$  olacak şekilde iki farklı yarıçap için piksel sayıları ve bu sayıların grafik hali verilmiştir. Buradan şu sonuç çıkarmak mümkündür:  $r=60$  için bulutlu gökyüzü görüntüsü için piksel seviyesi 180'lere kadar inmiş olmasına rağmen güneş ve bulutun beyaz piksel olmasından kaynaklı olarak 240-255 piksel seviyelerinden yoğunluk vardır bu da bize güneş ışınlarının yoğun bir bulut tabakası tarafından engellendiği yorumlanabilir. Yarı bulutlu görüntüde ise güneş dolayısıyla 255 piksel değerinde beklendiği gibi yüksek piksel sayısı varken 240-255 arasında bulutlu görüntüden daha az yoğunlukta bir piksel sayısı vardır. Bulutsuz gökyüzü için de sadece 255 civarında yoğunluk yaşanırken diğer piksel seviyelerinde bulutlu ve yarı bulutluya göre daha az piksel sayısı vardır. Sonuç olarak birinci bölge için  $r=60$  yarıçapını değerlendirmek daha verimli sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Birinci bölge de piksel seviyesi bütün gökyüzü görüntülerinden belli seviyelere düşmüş olsa da bulutluluk analizinde kullanılacak olan kısım bu piksel seviyelerinden kaç tane olduğudur bulut ve güneşin piksel seviyeleri beyazlıktan dolayı yakındır dolayısıyla ne kadar fazla sayıda 240-254 arası piksel fazlalığı var ise bulutluluk seviyesi o kadar fazla anlamına gelmektedir.

#### 4. SONUÇLAR

Proje çalışmasında gökyüzü görüntülerinin görüntü işleme teknikleriyle analiz edilerek gökyüzü görüntüleri üzerinden bulutluluk analizi yapılması hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda Tübitak Ulusal Gözlemeviden elde edilen görüntüler için veri tabanı oluşturulmuş bununla ilgili akış diyagramı verilen kod üzerinden proje kapsamında kullanılmak üzere temin edilen harici disklerde veri arşivleri oluşturulmuştur. Veri analizi boyutunda ise 12 aylık süreçte histogram dağılımları üzerinden sınıflandırma işlemleri yorumlanmıştır. Bu çalışmada güneş enerji sistemlerinde öngörü modelleri oluşturulması hedeflendiği için gece görüntüleri dışarıda da tutularak analizler yapılmıştır. Tübitak Ulusal Gözlemevide ki bazı görüntülerde bakım esnasında, çok sisli veya karlı hava şartlarında kameradan kaynaklı veri eksikliği bulunduğu da gözlemlenmiş bu verilerin eğilimleri de göz önüne alınarak güvenilir veri setleri çalışmada seçilmiştir. Özellikle pandemi sürecinde uzatılan final raporu tarihi yüklenmeden önce ikinci bir ara rapor sisteme yüklenmiş olup geçmiş döneme kadar elde edilen histogramlardan yola çıkarak bulutluluk oranları elde edilen maskeleme yöntemindeki bölgeler için ayrı ayrı hesaplanıp belirlenmiş yüzdeler üzerinden bulutluluk oranları sunulmuştur. Nihai final raporunda bulutsuz, yarı bulutlu ve bulutsuz bölgeler için  $r=35$  ve  $r=60$  yarıçapları için piksel sayıları histogramlar ve tablolar şeklinde sunulmuş olup proje amacına ulaştırılmıştır.

Gelecek çalışmalarda farklı hibrit akıllı sezgisel yaklaşımların böylesi bir sisteme entegre edilerek model başarımlarının da artırılması öngörülmektedir.

#### 5. KAYNAKLAR

- [1] I. Energy Agency, “Executive Summary - Medium-Term Renewable Energy Market Report 2016.”
- [2] D. Y. Goswami and S. M. Besarati, “[http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/10/WER\\_2013\\_8\\_Solar\\_revised.pdf](http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/10/WER_2013_8_Solar_revised.pdf),” *World Energy Counc. 2013 World Energy Resour. Sol.*, pp. 1–28, 2013.
- [3] S. Bilgen, “Structure and environmental impact of global energy consumption,”

*Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 38, pp. 890–902, Oct. 2014.

- [4]. “Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü - Yenilenebilir Enerji - Güneş - Güneş Enerjisi ve Teknolojileri.” [Online]. Available: [http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g\\_enj\\_tekno.aspx](http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx). [Accessed: 04-Aug-2019].
- [5] Serttaş, F. (2015). *Güneş Işınım Şiddeti Tahminine Örüntü Tarama Tabanlı Yeni bir Yaklaşım* (Master's thesis).
- [6] N. D. Kaushika, R. K. Tomar, and S. C. Kaushik, “Artificial neural network model based on interrelationship of direct, diffuse and global solar radiations,” *Sol. Energy*, vol. 103, pp. 327–342, May 2014.
- [7] K. Benmouiza and A. Cheknane, “Forecasting hourly global solar radiation using hybrid k-means and nonlinear autoregressive neural network models,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 75, pp. 561–569, Nov. 2013.
- [8] J. Alonso-Montesinos and F. J. Batlles, “The use of a sky camera for solar radiation estimation based on digital image processing,” *Energy*, vol. 90, pp. 377–386, Oct. 2015.
- [9] J. Alonso-Montesinos, F. J. Batlles, and C. Portillo, “Solar irradiance forecasting at one-minute intervals for different sky conditions using sky camera images,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 105, pp. 1166–1177, Nov. 2015.
- [10] Z. Peng, D. Yu, D. Huang, J. Heiser, S. Yoo, and P. Kalb, “3D cloud detection and tracking system for solar forecast using multiple sky imagers,” *Sol. Energy*, vol. 118, pp. 496–519, Aug. 2015.
- [11] “Berkay, K. (2018). *Dalgacık Analizi Kullanılarak Optik Fotoğraflardan Bulutluluk Oranı Tayini*” Master Thesis, Enerji Enstitüsü, İTÜ
- [12] I. Baslar, S. Helhel, T. Ozisik, and G. Kahya, “Cloudiness analysis by using all sky camera images,” in *2014 22nd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 2014, pp. 140–143.

- [13] D. Aloise, A. Deshpande, P. Hansen, and P. Popat, “NP-hardness of Euclidean sum-of-squares clustering,” *Mach. Learn.*, vol. 75, no. 2, pp. 245–248, May 2009.
- [14] R. Xu and D. Wunsch, “Survey of clustering algorithms,” *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 16, no. 3, pp. 645–678, May-2005.
- [15] N. Otsu, “A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms,” *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.*, vol. 9, no. 1, pp. 62–66, Jan. 1979.
- [16] T. Dijkstra, “Image processing, analysis and machine vision,” *Neurocomputing*, vol. 6, no. 3, pp. 378–379, 2003.
- [17] P. J. Diggle and J. Serra, “Image Analysis and Mathematical Morphology.,” *Biometrics*, vol. 39, no. 2, p. 536, 2006.