ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kazım KABA

MODİS UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK GÜNEŞLENME SÜRESİNİN TÜRKİYE İÇİN HESAPLANMASI

FİZİK ANABİLİM DALI

ADANA, 2012

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MODİS UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK GÜNEŞLENME SÜRESİNİN TÜRKİYE İÇİN HESAPLANMASI

Kazım KABA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FİZİK ANABİLİM DALI

Bu tez 17/08/2012 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ İle Kabul Edilmiştir.

.....	.....	.....
Doç. Dr. H. Mustafa KANDIRMAZ	Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU	Doç. Dr. Faruk KARADAĞ
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu tez Enstitümüz Fizik Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. M. Rifat ULUSOY
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FEF2011YL24

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

Aileme...

ÖZ

YÜKSEKLİSANS TEZİ

MODİS UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK GÜNEŞLENME SÜRESİNİN TÜRKİYE İÇİN HESAPLANMASI

Kazım KABA

ÇUKUROVAÜNİVERSİTESİ
FENBİLİMLERİENSTİTÜSÜ
FİZİKANABİLİM DALI

Danışman :Doç. Dr. H. Mustafa KANDIRMAZ
Yıl:2012 Sayfa: 69
Jüri :Doç. Dr. H. Mustafa KANDIRMAZ
:Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
:Doç. Dr. Faruk KARADAĞ

Güneşlenme süresi, iklimsel tabanlı uygulamalar için önemli ve temel veri kaynaklarından biridir. Bu verilerin ölçümleri yer istasyonlarında helyograflar kullanılarak yapılmaktadır. Fakat istasyon olmayan veya istasyonlardan uzak bölgeler için ölçüm yapılamadığından, bu bölgelere ait güneşlenme süresinin belirlenmesi ancak tahmin yoluyla yapılabilmekte ve hata oranları birçok nedene bağlı olarak yüksek değerlere ulaşabilmektedir. Uydular belirli yükseklikten atmosferi izleyip bulut hareketlerini kaydedebildiğinden her piksel için bulutluluk oranı hesaplanabilmektedir. Güneşlenme süresi de bu veriler kullanılarak kabul edilebilir hata oranlarında uydunun kapsama alanındaki herhangi bir alan için kolayca tespit edilebilir. Bu çalışmada Aqua ve Terra uydularındaki Modis algılayıcısına ait 2004-2005 verileri kullanılarak öncelikle bulutluluk indeksi tüm Türkiye için hesaplanmıştır. Daha sonra bu veriler kullanılarak 250mx250m boyutlarındaki her piksel için güneşlenme süresi bulunarak Türkiye'nin Güneşlenme süresi haritaları günlük ve aylık olarak oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Güneşlenme Süresi, Bulutluluk İndeksi, Modis, Türkiye

ABSTRACT

MSc THESIS

USING MODIS SATELLITE DATA FOR THE ESTIMATION OF TURKEY SUNSHINE DURATION

Kazım KABA

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTEOFNATURALANDAPPLIEDSCIENCES
DEPARTMENTOFPHYSICS

Supervisor :Assoc. Prof. Dr. H. Mustafa MANDIRMAZ
Year:2012 Page: 69
Jury :Assoc. Prof. Dr. H. Mustafa KANDIRMAZ
:Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
:Assoc. Prof. Dr. Faruk KARADAĞ

Sunshine duration is one of the important and basic data sources for climatic-based applications. For measuring this data on ground station heliographs are used. But measurement cannot be conducted region far from station or without station, to determine the duration of sunshine in these regions can be done by estimation, and error rates can reach high values depending on many reasons. Since satellites monitor and save the atmosphere of a particular height, rate of cloudiness can be calculated for each pixel. Sunshine duration can easily be determined in the acceptable error rate at any satellite coverage area. In this study by using 2004-2005 data of aqua and terra spacecraft, firstly cloudiness index was calculated for Turkey. Then using these data calculated sunshine duration for each pixel in size 250mx250m, Turkey's sunshine duration was mapped for daily and monthly period.

Keywords: Sunshine Duration, Cloudiness Index, Modis, Turkey

TEŞEKKÜR

Bana bu çalışmayı öneren bilgi ve birikimiyle çalışmanın her aşamasında destek olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. H. Mustafa KANDIRMAZ' a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Devlet Meteoroloji İşleri Uzaktan Algılama Şubesi çalışanı Sayın Erdem ERDİ' ye yardımlarından dolayı teşekkür ediyorum.

Çalışmalarım esnasında bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Ç.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölüm Başkanlığı'na, maddi destek veren Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje no: FEF2011YL24) teşekkürlerimi sunarım.

Her şartta maddi ve manevi desteğini esirgemeyen sevgili aileme teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
ÇİZELGELER DİZİNİ VI
ŞEKİLLER DİZİNİ VIII
SEMBOL VE KISALTMALAR X
1.GİRİŞ 1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
3. MATERYAL VE METOD 7
3. 1. Materyal 7
3.1.1. Güneşlenme Süresinin Tanımı 7
3.1.2. Güneşlenme Süresini Ölçen Aletler 8
3.1.3. Uzaktan Algılamanın Temelleri 11
3.1.4. Uzaktan Algılamanın Gelişimi 14
3.1.5. Uzaktan Algılama Sistemleri 15
3.1.6. Uzaktan Algılama Görüntüleri 17
3.1.6.1. Piksel 18
3.1.6.2. Tarama Genişliği 18
3.1.6.3. Bandlar 19
3.1.6.4.Çözünürlük Kavramı 19
3.1.7.Terra Uydusu 21
3.1.7.1. ASTER Algılayıcısı 22
3.1.7.2. CERES Algılayıcısı 23
3.1.7.3. MOPITT Algılayıcısı 24
3.1.7.4. MODIS Algılayıcısı 24
3.1.7.5. MISR Algılayıcısı 25
3.1.8. Aqua Uydusu 26
3.1.8.1. AIRS Algılayıcısı 27
3.1.8.2. AMSU-A Algılayıcısı 28

3.1.8.3. HSB Algılayıcısı 29
3.1.8.4. AMSR-E Algılayıcısı 30
3.1.9. MODIS Ürünleri 31
3.2. Metod 34
4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR 37
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 55
KAYNAKLAR 67
ÖZGEÇMİŞ 69

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 3. 1. CERES Algılayıcısının bazı özellikleri. 23
Çizelge 3. 2. Aqua Uydusunun bazı özellikleri..... 27
Çizelge 3. 3. AIRS Algılayıcısının bazı özellikleri..... 28
Çizelge 3. 4. AMSU-A Algılayıcısının bazı özellikleri. 29
Çizelge 3. 5. HSB Algılayıcısının bazı özellikleri. 29
Çizelge 3. 6. AMSR-E Algılayıcısının bazı özellikleri..... 30
Çizelge 3. 7. MODIS Bandlarının Dalga boyu aralığı. 32
Çizelge 3. 8. MODIS Ürünleri. 33
Çizelge 4. 1. 2004 yılına ait Ankara ili için bulunan katsayılar. 45
Çizelge 4. 2. 2004 yılına ait İzmir ili için bulunan katsayılar. 45
Çizelge 4. 3. 2004 yılına ait İstanbul ili için bulunan katsayılar. 46
Çizelge 4. 4. 2004 yılına ait Samsun ili için bulunan katsayılar. 46
Çizelge 4. 5. 2004 yılına ait Van ili için bulunan katsayılar. 46
Çizelge 4. 6. 2004 yılına ait Şanlıurfa ili için bulunan katsayılar. 46
Çizelge 5. 1. 2004 Eylül ortalama güneşlenme Süresi-Saat/Gün..... 56
Çizelge 5. 2. 1997 Eylül ortalama güneşlenme Süresi-Saat/Gün (Kandırmaz, 2006) 56

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 3. 1. Campbell-Stokes Helyografı. 9
Şekil 3. 2. Jordan Helyografı. 10
Şekil 3. 3. Elektromanyetik Tayf. 12
Şekil 3. 4. Atmosferik Geçirgenlik. 13
Şekil 3. 5. Elektromanyetik enerjinin algılanıp analiz edilmesi. 13
Şekil 3. 6. Piksel. 18
Şekil 3. 7. Terra Uydusu. 21
Şekil 3. 8. Aqua Uydusu ve taşıdığı algılayıcılar. 26
Şekil 4. 1. 30.08.2005 tarihli koordinatsız görüntü. 37
Şekil 4. 2. 30.08.2005 tarihli koordinatsız görüntünün histogramı. 38
Şekil 4. 3. 30.08.2005 tarihli koordinatlandırılmış görüntü. 38
Şekil 4. 4. 30.08.2005 tarihli koordinatlandırılmış görüntünün histogramı. 39
Şekil 4. 5. 30.08.2005 tarihli yeniden ölçeklendirilmiş görüntü. 39
Şekil 4. 6. 30.08.2005 tarihli yeniden ölçeklendirilmiş görüntünün histogramı. 40
Şekil 4. 7. 2003 Kasım ayından, 2004 Kasım ayına kadar olan görüntülerden oluşturulan en küçük piksel değerli görüntü. 40
Şekil 4. 8. 2003 Kasım ayından, 2004 Kasım ayına kadar olan görüntülerden oluşturulan en büyük piksel değerli görüntü. 41
Şekil 4. 9. 2003 yılının Kasım ayından, 2004 Kasım ayına kadar olan görüntülerden oluşturulan en küçük piksel değerli görüntünün histogramı. 41
Şekil 4. 10. 2003 yılının Kasım ayından, 2004 Kasım ayına kadar olan görüntülerden en büyük piksel değerli görüntünün histogramı. 42
Şekil 4. 11. 2004 yılının Kasım ayından, 2005 Kasım ayına kadar olan görüntülerden oluşturulan en küçük piksel değerli görüntü. 42
Şekil 4. 12. 2004 yılının Kasım ayından, 2005 Kasım ayına kadar olan görüntülerden en büyük piksel değerli görüntü. 43
Şekil 4. 13. 2004 yılının Kasım ayından, 2005 Kasım ayına kadar olan görüntülerden en küçük piksel değerli görüntünün histogramı. 43

Şekil 4. 14. 2004 yılının Kasım ayından, 2005 Kasım ayına kadar olan görüntülerden en büyük piksel değerli görüntünün histogramı. 44
Şekil 4. 15. 30.08.2005 tarihli görüntünün ortalama bulutluluk indeksi..... 44
Şekil 4. 16. 30.08.2005 tarihli görüntünün ortalama bulutluluk indeksinin histogramı. 45
Şekil 4. 17. 2004 Mart Ayı. 47
Şekil 4. 18. 2004 Nisan Ayı. 48
Şekil 4. 19. 2004 Haziran Ayı. 48
Şekil 4. 20. 2004 Temmuz Ayı. 49
Şekil 4. 21. 2004 Ocak Ayı. 50
Şekil 4. 22. 2004 Şubat Ayı. 50
Şekil 4. 23. 2004 Mart Ayı. 51
Şekil 4. 24. 2004 Nisan Ayı. 51
Şekil 4. 25. 30.08.2005 tarihli güneşlenme süresini veren görüntü. 52
Şekil 4. 26. 30.08.2005 tarihli görüntünün histogramı 53
Şekil 5. 1. 30.08.2005 tarihli görüntünün histogramı 57
Şekil 5. 2. 2004 Nisan. 58
Şekil 5. 3. 2004 Mayıs. 58
Şekil 5. 4. 2004 Haziran. 59
Şekil 5. 5. 2004 Nisan. 60
Şekil 5. 6. 2004 Mayıs. 60
Şekil 5. 7. 2004 Haziran. 61
Şekil 5. 8. 2004 Temmuz. 61
Şekil 5. 9. 03.08.2005 tarihli koordinatlandırılmış görüntü. 62
Şekil 5. 10. 03.08.2005 tarihli bulutluluk indeksi. 63
Şekil 5. 11. 03.08.2005 tarihli günlük güneşlenme süresi. 63
Şekil 5. 12. 03.08.2005 tarihli günlük güneşlenme süresi. 63
Şekil 5. 13. 2005 Ağustos ayı ortalama bulutluluk indeksi. 64
Şekil 5. 14. 2005 Ağustos ayı ortalama güneşlenme süresi. 64
Şekil 5. 15. 2005 Ağustos ayı ortalama güneşlenme süresi. 65

SEMBOL VE KISALTMALAR

DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
MODIS	: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
ASTER	: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
CERES	: Clouds and Earth’s Radiant Energy System
MOPITT	: Measurements of Pollution in the Troposphere
MISR	: Multi-angle ImageSpectroradiometer
AIRS	: Atmospheric Infrared Sounder
AMSU-A	: Advanced Microwave Sounding Unit
HSB	: Humidity Sounder for Brazil
AMSR-E	: Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS
DN	: Digital Number

1.GİRİŞ

Güneşlenme süresi, iklim tabanlı uygulamalar için önemli ve temel veri kaynaklarından birisidir.

Güneşlenme süresinin en fazla kullanıldığı alan yüzeye gelen güneş enerjisinin tahmin edilmesidir. Yenilebilir enerji kaynağı olarak temiz, büyük ve tükenmeyecek bir potansiyel olan güneş enerjisinin dünya yüzeyindeki alansal ve zamansal dağılımının bilinmesi çok önemlidir (Medved, 2001). Bu enerjiden etkin bir şekilde faydalanabilmek için ise niteliğinin ve niceliğinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Her hangi bir alana ulaşan güneş enerjisinin belirlenmesi için ise alanın bulutluluk indeksinin veya güneşlenme süresinin bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle güneşlenme süresinin alansal ve zamansal dağılımını doğru olarak tahmin etmek ve bu verileri kullanmak gerekmektedir.

Güneşlenme süresi ölçümleri meteorolojik istasyonlarda helyograflarla yapılmaktadır. Bu ölçümler noktasaldır ve ölçüm yapılan bölgeler arasında kalan alanlar için güneşlenme süresinin tahmin edilmesi gerekir. Extraplosyon ve enterpolasyon teknikleri kullanılarak yapılan tahminlerde, coğrafi konumlara ve hızlı hava değişimlerine bağlı olarak hata oranı artabilmektedir. Son yıllarda bazı araştırmacılar uydu verileri kullanarak geniş alanlar üzerine gelen güneşlenme süresini iyi sayılabilecek ölçüde tahmin etmiş ve güneşlenme süresi haritalarını oluşturmuşlardır (Kandırmaz,2006; Good, 2010). Bu çok az sayıdaki çalışmalarda Dünya yörüngesindeki çeşitli uydulardan sabit yörüngeye sahip olan meteorolojik uydu verilerini kullanmışlardır.

Bu çalışmada, Dünya çevresinde kutupsal bir yörüngede bulunan TERRA ve AQUA uydularındaki MODIS algılayıcısı kullanılmıştır. Çeşitli amaçlar için 36 farklı bandı bulunan MODIS algılayıcısının kısaca MOD02QKM ve MYD02QKM şeklinde adlandırılan ürününün görünür bölgede kayıt yapan birinci bandı kullanılmıştır.

MODIS algılayıcısının iki yıllık görüntüleri elde edildikten sonra bu görüntüler Türkiye'yi içine alacak şekilde birleştirilerek koordinatlandırması yapılmıştır. Bu koordinatlandırılmş görüntülerden Türkiye'nin bulutluluk indeksi

hesaplanmış ve Türkiye'nin 10 şehri için DMİ'nin güneşlenme süresi verileri bulutluluk indeksi ile kıyaslanarak aralarındaki ilişkiyi veren katsayılar belirlenmiştir. Bu katsayılar kullanılarak Türkiye'nin tamamı için güneşlenme süresi günlük ve aylık ortalama olarak tahmin edilmiştir. Yer ölçümleri kullanılarak yapılan tahminler için hata hesabı yapılmıştır.

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Güneşlenme süresi uzun zamandır yer istasyonlarında helyograflarla ölçülmektedir. Yer istasyonlarından uzak bölgelerde veya istasyon olmayan yerlerde güneşlenme süresi tahmin yöntemi ile belirlenmektedir. Bu yöntem başarılı sonuçlar vermemektedir. Yer istasyonlarından yapılan çalışmaların eksikliği araştırmacıları farklı arayışlara itmiştir. Bu arayışların başında da uydu verilerinin kullanımı gelmektedir. Günümüzde uydu görüntüleri ihtiyaçları karşılayacak nitelikte olduğu için çeşitli alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Şimdiye kadar güneşlenme süresini meteorolojik uydulardan hesaplayan ve tahmin eden bazı istatistiksel çalışmalar mevcuttur.

Hay ve Hanson 1978'de yaptıkları çalışmada GMS uydusunun görünür bölge verilerini kullanarak istatiksel bir model geliştirmişler ve yüzeye gelen enerjiyi hesaplamışlardır. Kullanılan metot uydu tarafından görünür bölgede kaydedilen radyans değerleri ile atmosferik geçirgenlik arasındaki doğrusal ilişkiyi kullanmaktadır. Yüzeye gelen enerji saatlik ortalamalarda %22, günlük ortalamalarda %8 civarında bir hata payı ile bulunmuştur.

Tarpley 1979'da GOES-1 uydu verilerini kullanarak 1997 yazında Great Plain'de (Amerika) yüzeye gelen enerjiyi saatlik ve günlük ortalama şeklinde tahmin eden istatiksel bir metod geliştirmiştir. Bu metod, yüzeye ulaşmadan önce farklı fiziksel süreçlere maruz kalarak bulutsuz, orta bulutlu ve bulutlu ortamdan gelen enerjiyi saatlik ortalamalar şeklinde hesaplamak için değişik formüller kullanmıştır.

Hiser ve Senn 1979'da geliştirdikleri bir modelle GOES uydusundan alınan bulutluluk verileri kullanılarak güneşleme süresinin saatlik dağılımını çıkarmışlardır. Bu çalışmada görülmüştür ki düşük yoğunluklu sirrus tipi bulutlar üzerine gelen güneş enerjisini diğer bulut tiplerine göre daha düşük seviyede azaltmakta, günün ortasındaki saatlerde oluşan bulutlar ise sabah ve öğleden sonraki bulutlara göre üzerlerine gelen enerjiyi daha az geçirmektedirler.

Gauter ve Arkadaşlar 1980'de geliştirdikleri fiziksel bir model ile yüzeye gelen enerjiyi uydu verileri kullanarak tahmin etmişlerdir.

Pastre 1981'de METEOSAT uydusu görünür bölge verilerini kullanarak

güneşlenme süresi oranını çıkartmıştır. Güneşlenme süresi değerlerini kullanarak yüzeye gelen enerjiyi tahmin etmiştir.

Moser ve Raschke 1984'de METEOSAT uydu verileri kullanarak fiziksel bir metotla bulutluluk oranı ve yüzeye gelen enerjiyi belirlemişlerdir.

Dedieu ve arkadaşları 1987'de METEOSAT uydusunun görünür bölge verilerini kullanarak fiziksel bir metotla yüzeye gelen enerjiyi tahmin etmişlerdir.

Cano ve arkadaşları 1986'da geliştirdikleri istatiksel bir metotla 1982 ve 1986 yılları arasında Fransa'da yüzeye gelen enerjiyi saatlik ortalamalar şeklinde çıkartmışlardır. Çalışmada METEOSAT uydusunun görünür bölge verileri kullanılarak her günün yüzey yansıtma oranını gösteren bir referans harita oluşturulmuştur. Bu referans harita kullanılarak bulutluluk indeksleri hesaplanmıştır. Atmosferik geçirgenlik faktörü ile bulutluluk indeksinin doğrusal ilişkisi kullanılarak elde edilen katsayılar yardımıyla yüzeye gelen enerji bulunarak haritalanmıştır.

Diabate ve arkadaşları 1989'da HELİOT STATİON adlı metotla METEOSAT uydusu görünür bölge verilerini kullanarak tüm Avrupa üzerine gelen güneş enerjisinin haritasını 1987 yılından itibaren saatlik, günlük ve aylık olarak ortalamalar şeklinde çıkartmışlardır.

Islam ve Exell 1996'da NOAA uydusundan 1990 ve 1993 yılları arasında alınan görünür ve kızılötesi verilerini kullanarak Tayland üzerine gelen güneş enerjisini günlük ortalamalar şeklinde tahmin etmişlerdir.

Chaabane ve arkadaşları 1996'da METEOSAT uydusu görünür bölge verilerini kullanarak 1991 ve 1993 yılları arasında Tunus üzerine gelen güneş enerjisini saatlik ve günlük ortalamalar şeklinde tahmin etmişleridir.

Kandırmaz 1999 yaptığı tez çalışmasında METEOSAT görünür bölge verilerini kullanarak Türkiye'nin de içinde bulunduğu geniş bir bölge için bulutluluk indeksini hesaplamıştır.

Kandırmaz 2006' da METEOSAT görünür bölge verilerini kullanarak her piksel için bulutluluk indeksini hesaplamış ve Türkiye için güneşlenme süresini tahmin etmiştir.

Aksoy ve arkadaşları EUMETSAT'ın METEOSAT uydusunun 2004 yılına ait verilerini kullanarak global güneş radyasyonunu tahmin etme amacıyla Ankara

ve Bursa illeri için bulutluluk indeksi hesabı yapmışlarıdır.

Rigollier ve arkadaşları 2004'teMETEOSAT'ın Avrupa'yı kapsayan 1995 Ocak,1995 Nisan ve 1994 Temmuz aylarına ait görüntüleri kullanarak güneşlenme süresi ile ters orantılı olan bulutluluk indeksini hesaplamışlardır.

Good 2010 yılında METEOSAT uydusunun SEVIRI algılayıcısına ait ürünü kullanarak güneşlenme süresini yer istasyonu ölçümleriyle kıyaslayarak İngiltere için tahminde bulunmuştur.

Shamim ve arkadaşları 2012 yılında METEOSAT uydusunun görünür bölge verilerini kullanarak İngiltere'nin güney batısındaki Brue havzası için güneşlenme süresini tahmin etmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOD

3. 1. Materyal

Bu çalışmada 2003 Kasım ayının başından 2005 Ekim ayının sonuna kadar olan zaman aralığı ve bölge olarak Türkiye'nin tamamını da içine alan 35-43 kuzey enlemleri ile 25-46 doğu boylamları arasında kalan alan seçilmiştir. MODIS algılayıcısının kısaca MOD02QKM ve MYD02QKM olarak adlandırılan ürününün görünür bölgenin 0.62-0.67 µm aralığında kayıt yapan birinci kanalı kullanılmıştır. Görüntüler internet aracılığıyla indirilmiştir ve DMİ' den alınan günlük güneşlenme süresi verileri kıyaslama ve tahmin yapmak için kullanılmıştır.

Uydu verilerin sayısal olması nedeniyle bu çalışma için bir bilgisayar ve birkaç yazılım kullanmak yeterli olmuştur. Kullanılan donanım ve yazılımın listesi aşağıda verilmiştir.

- Bir adet kişisel bilgisayar
- Bir adet taşınabilir hard disk
- Görüntü indirmek için FileZilla ftp Client
- Görüntüleri görsel inceleme için HDFView2.8
- Görüntüleri işlemek için HEG 2.11
- Görüntüleri işlemek için Python 3.2.3 Programlama Dili

3.1.1. Güneşlenme Süresinin Tanımı

Güneşlenme süresi, direkt güneş radyasyonu tarafından yer yüzeyinin güneş ışınlarına maruz kaldığı zaman dilimidir. 2003 yılında, Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) güneşlenme süresini 120 W/m^2 eşik değeri üzerinde bulunan direkt güneş irradyansının süresi olarak tanımlamıştır. Bu değer, bulutsuz hava şartlarında gün doğumundan kısa bir süre sonra veya gün batımından kısa bir süre önceki güneş irradyans seviyesine eşdeğerdir. Bu değer gerçek direkt güneş irradyansı ile bir Campbell-Stokes helyografı kullanılarak kaydedilmiş güneşlenme süresi

kıyaslanarak belirlenmiştir.

3.1.2. Güneşlenme Süresini Ölçen Aletler

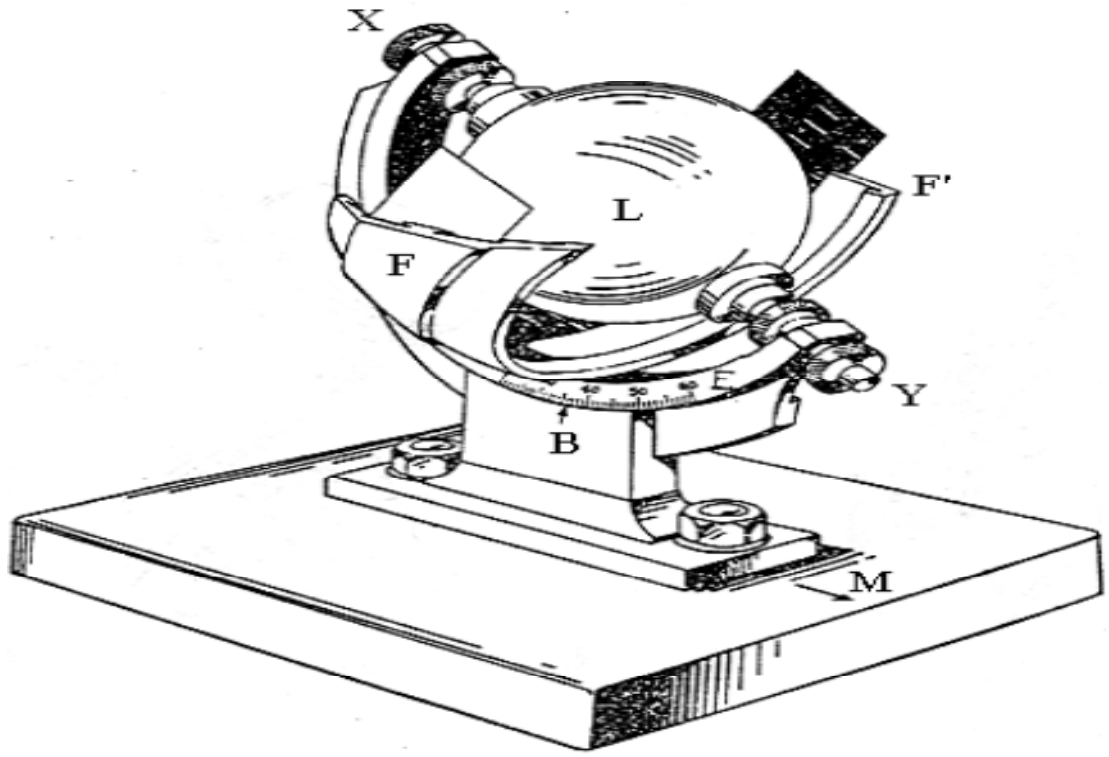
Campbell-Stokes ve Jordan helyografları güneşlenme süresini ölçen aletler olarak uzun süredir kullanılmaktadır. Bu helyografların hareketli parçalarının olmaması ve elektrik gücüne ihtiyaç duymamaları kulanım bakımından avantajlarıdır. Onların bir takım dezavantajları da vardır. Kayıtlarında ışığa duyarlı kağıt kullanılması ölçümün kesinliğini etkiler. Ayrıca güneşlenmenin var oluşunu belirlemede gözlemciler arasında farklılıklar ortaya çıkabilir. Üstelik kayıt kağıtlarının her gün gün batımından sonra değiştirilmesi gerekmektedir.

Güneş ışığı şimdilerde kantitatif tanımlandığı gibi, bir çeşit fotoelektrik helyograf geliştirilmiş ve bu aletlerin yerine kullanılmaktadır. Ayrıca pirhelyometre ile de güneşlenme süresi ölçmek mümkündür.

Campbell-Stokes Helyografı: Campbell-Stokes helyografı cam küresi üzerine düşen güneş ışığını bu kürenin odak noktasına koyulan bir kayıt kağıdı üzerine toplar. Kart üzerinde oluşan yanık izinin uzunluğu güneşlenme süresini temsil eder.

Campbell-Stokes helyografının yapısı Şekil 2.1 'de gösterilmiştir. Homojen bir şeffaf cam küre (L) bir dış yay parçasıyla (XY) sabitlenmiş ve bu yay parçasına monte edilmiş bir metal kase (FF') bulunmaktadır. Cam küre ile metal kase eş merkezlidir. Bu kase üzerinde ise güneşin bir görüntüsünün odaklandığı kayıt kağıdı vardır. Metal kase kayıt kartını kış, yaz veya ilkbahar ve sonbaharda kullanmak için iç içe örtüşen oluklar şeklinde üç parçalı kısma sahiptir. Mevsime bağlı olarak üç farklı kayıt kartı kullanılır. Güneş hareket ettiği için odak noktası da hareketlidir ve bir yanık izi odak noktasındaki kayıt kartı üzerinde belirir. Belirli bir noktadaki yanık izi o andaki güneşlenme süresini belirtir ve saat rakamlarıyla ölçeklendirilen kayıt kartı mevcut güneşlenme süresini tam olarak saptayabilir. Yanık izinin tamamının ölçümü o gün için güneşlenme süresini gösterir. Kesin ölçüm için, helyograf düzlemsel seviyede, enlem ve boylam açılarında tam doğru bir şekilde ayarlanmış olmalıdır. Campbell-Stokes ve Jordan helyografları bir konumdaki kayıt kartında

oluşan güneşlenmeye karşılık güneşin azimut açısını ve yerel saatte ifade edilen güneşlenme süresini belirtir.



Şekil 3. 1. Campbell-Stokes Helyografı.

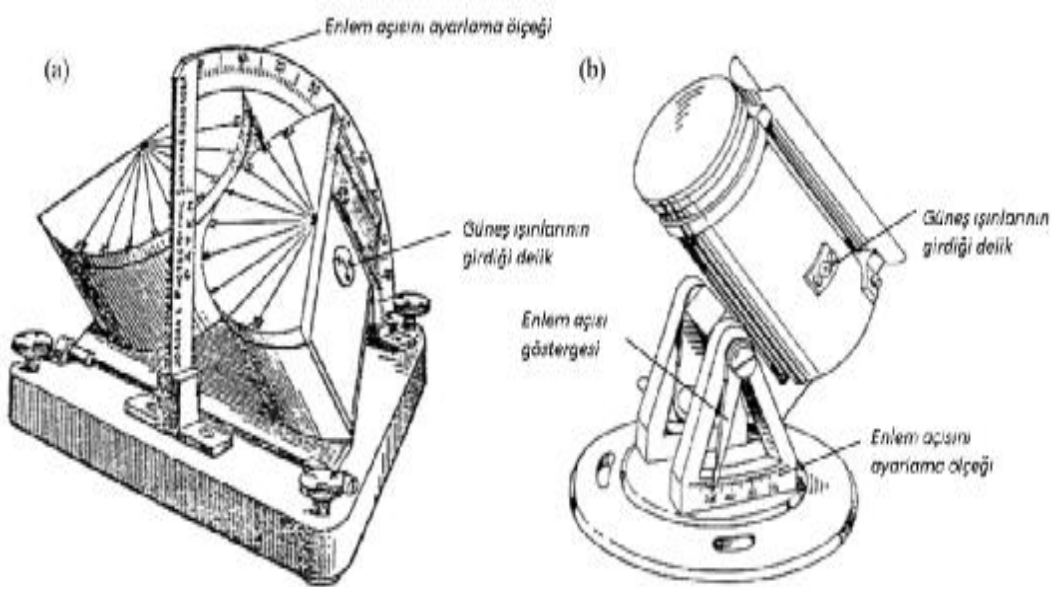
.

Bir Campbell-Stokes helyografı ile güneşlenme süresini doğru biçimde elde etmek için aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir:

- Kayıt kağıdının sonundaki yanık izi ayrık ve yuvarlak ise, izin sonundaki eğriliğin yarıçapının yarısı her iki uçtaki iz uzunluğundan çıkarılır. Genellikle bu çıkarma 0.1 saate eşdeğerdir.
- Yanık izinin dairesel bir formu varsa, onun yarıçapının uzunluğu alınır. Birden fazla dairesel yanıklar varsa, eğer dairesel yanık sayısı 2 veya 3 ise güneşlenme süresini hesaplamak için yarıçap uzunluğuna 0.1 ve dairesel yanık sayısı 4, 5 veya 6 ise 0.2 eklenir.
- Yanık izi dar veya kısmen belirgin ise izin tüm uzunluğu ölçülür.

- Ayrık olan izlerde üçüncü veya daha sonraki izler genişlikçe azalır ise, her bir azalan genişlik için yanığın bütün uzunluğundan 0.1 çıkarılır.

Jordan Helyografı: Bir Jordan helyografında güneş ışığı silindirik veya yarı silindirik bir yapı üzerindeki küçük bir delikten ışığa duyarlı kayıt kağıdı üzerine düşürülür. Bu helyografın iki farklı tipi vardır. Bunlar aynı ilkeye göre çalışırlar ve aralarında şekil bakımından farklılık vardır. Yaygın olarak kullanılan birinci tipte (a) sırt sırta koyulan iki yarı silindirin biri doğuya bakarken diğeri batıya bakar. Yarı silindirlerin düz yüzeylerinde küçük bir delik bulunmaktadır. İkinci tip (b) ise JMA tipi olarak adlandırılır. Bu tip helyografta şekilde de görüldüğü gibi tek silindir ve silindir üzerinde iki delik bulunmaktadır. JMA tipi helyografta enlem ve boylam açılarını ayarlamak mümkündür. Silindir içindeki ışığa duyarlı kayıt kağıdı üzerinde zaman ölçeği bulunmaktadır. Direkt güneş radyasyonu delikten içeri girdiğinde, kağıt bir çizgi şeklinde güneşin hareketini kaydeder. Güneşlenme süresi kağıt üzerindeki zaman uzunluğu ölçülerek belirlenir.



Şekil 3. 2. Jordan Helyografı.

Diğer Helyograflar: 120 W/m^2 'lik bir direkt güneş irradyansı olarak belirlenen güneşlenme tanımının eşik değeri için, fotosensörleri ışınım detektörü

olarak kullanan helyograflar geliştirilmiştir. Dönen aynalı (rotating mirror) ve güneş hücre tipi (solar-cell-type) helyograflar aşağıda tanımlanmıştır.

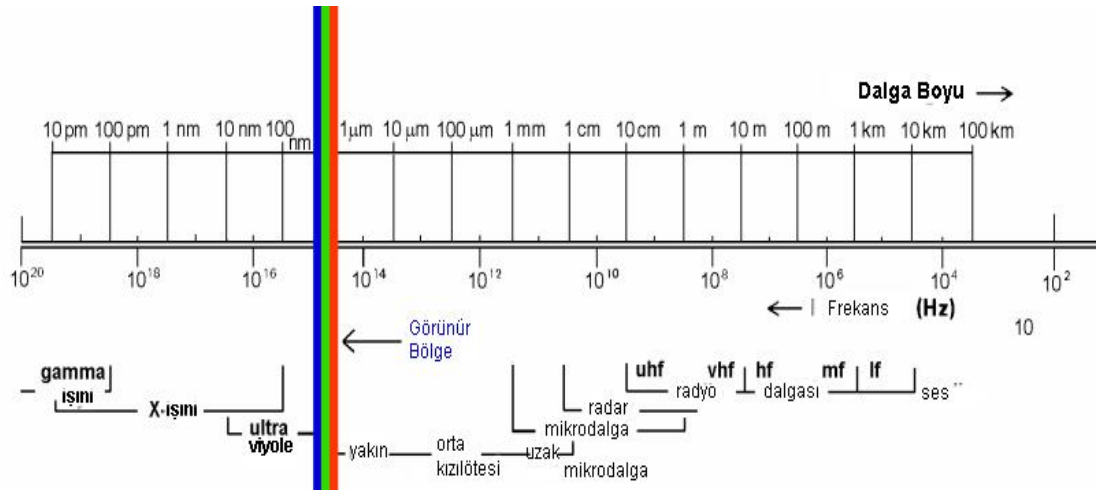
Bir dönel ayna helyografı, bir tarama metodu uygulamasıdır. Dönen ayna güneş ışığını fotosensöre yansıtmak için kullanılır ve güneşlenme oluşumu gelen ışığın yoğunluğu ölçülerek belirlenir. JMA ile kullanılan dönen ayna helyografı 30 saniyede bir dönen aynaya ve yansıyan gün ışığını alan bir fotosensöre sahiptir. Aygıt, bulunduğu yerdeki enleme karşılık gelen bir açıya ayarlandığında çift yüzlü ayna yıl boyunca güneşin yükselişindeki değişim ne olursa olsun gereken güneş ışığını yansıtır. Fotosensör tarafından alınan ışınımın hem direkt güneş ışınımını hem de dağınık gökyüzü ışınımı içermesine rağmen, dağınık ışınımın etkisi çıkış sinyalini elektriksel olarak zamanla farklılaştırarak kaldırılır ve sadece direkt güneş ışınımı maksimum oranda ayrışmış bir şekilde saptanır. Sinyal direkt güneş irradyansı tanımına karşılık gelen 120 W/m^2 'lik eşik değerini aştığında aygıt bir puls yayar ve her dört puls için iki dakikalık güneşlenme süresi hesaplar.

Solar hücre tipi bir helyograf bir kontrast (karşıtlık) yöntemi uygulamasıdır. Bu helyograf güneş hücrelerini kullanır ve onların çıkış yoğunluğundan güneşlenme oluşumunu belirler. Cihaz, güneydoğu, güneybatı ve gökyüzüne doğru yöneltilmiş bir üçgen prizma üzerindeki üç solar hücre ile donatılmıştır. Güneydoğu ve güneybatı yüzeylerinin her birindeki güneş hücresi verisi direkt güneş ışınımını ve dağınık güneş ışınımını içerir. Üstteki güneş hücresi doğrudan güneş ışığına karşı gölgelendiğinden bu yüzeyin verisi dağınık ışınıma eşit olduğu düşünülebilir. Bu iki durum arasındaki farklılıklar alınarak direkt solar ışınım değerine eşit bir çıktı değeri elde edilebilir. Solar hücre tipi helyograflar dönel aynalı helyograflara göre daha az güvenilirdir. Bu helyograflar akşamları ve sabahları, bulutlu havalarda ve güneşin yüksekliğinin fazla olduğu yaz aylarında güneşlenme süresini biraz eksik ölçtüğü bilinmektedir.

3.1.3. Uzaktan Algılamanın Temelleri

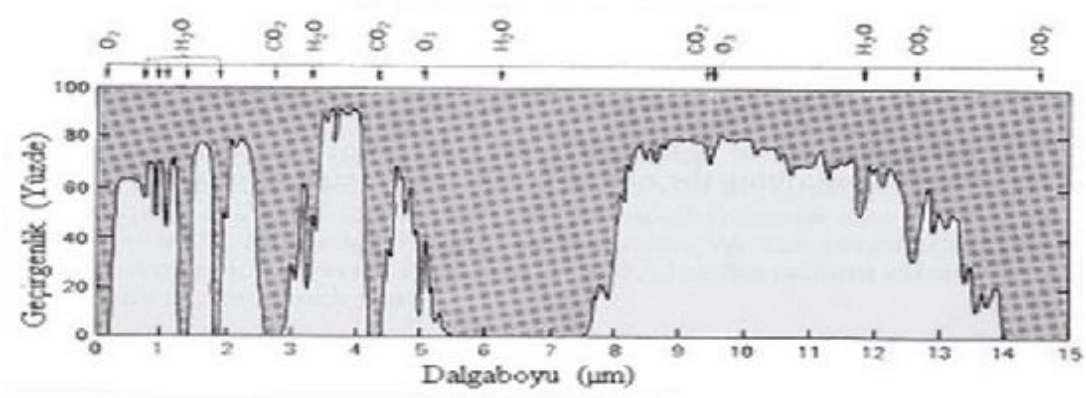
Bu bölümün hazırlanmasında İŞLEM GIS UZAKTAN ALGILAMA EK DÖKÜMANLAR' dan faydalanılmıştır. Uzaktan algılama, yer yüzeyine fiziksel bir

temas olmaksızın cisimlerin gözlenmesi ve ölçülmesine ilişkin bilgi sağlayan bir bilimdir. Bu bilgi; yansıyan veya yayılan enerjinin algılanması, kaydedilmesi ve analizi sonucunda elde edilmektedir. Hava fotoğrafları uzaktan algılamanın temel taşlarındandır. Günümüzde uzaktan algılama verisi, kameralar ve sensörler ile donatılmış uçaklar, insansız hava araçları ve uydular tarafından sağlanmaktadır. Kameralar ve sensörler görüntüyü; elektromanyetik tayfın mor ötesi, görünen ve kızıl ötesi bölgelerinde, yeryüzünden yansıyan ve yayılan enerjiyi ölçerek oluştururlar.

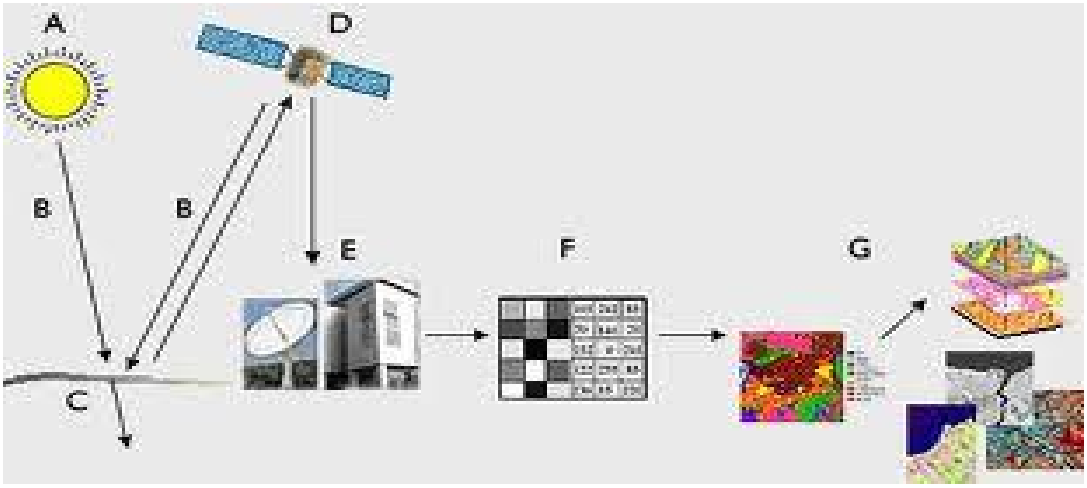


Şekil 3. 3. Elektromanyetik Tayf.

Şekil 3.3'de elektromanyetik tayfın tüm dalga boyları görülmektedir. Atmosfer içerisinde saçılma, soğrulma ve yutulma gibi etkenlerden dolayı güneşten gelen ışınların tamamı dünya yüzeyine ulaşamazlar. Bundan dolayı güneşten gelen enerjiye karşılık gelen tüm dalga boyları uzaktan algılama sistemleri tarafından kullanılamamaktadır. Şekil 3.4'te eğrinin altında kalan alan atmosferin güneşten gelen ışınları geçirme oranını ifade etmektedir.



Şekil 3. 4. Atmosferik Geçirgenlik.



Şekil 3. 5. Elektromanyetik enerjinin algılanıp analiz edilmesi.

Uzaktan algılamanın ilk gereksinimi, aydınlatma için örneğin Güneş gibi bir enerji kaynağı veya hedefin özelliğine uygun elektromanyetik enerjidir. Enerji, kaynaktan hedefe doğru yayılırken atmosferin engellemesi ile karşılaşır. Bu engelleme ikinci defa hedeften sensöre giderken de meydana gelir. Yer yüzeyine gelen enerji, yüzeyin ve yayımın özelliğine bağlı olarak engellenir. Enerjinin atmosferdeki dağılmasını veya hedeften yansımasını takiben sensör, elektromanyetik enerjiyi toplar ve kaydeder. Sensörün kaydettiği enerji verisi, işlenerek görüntü haline getirileceği istasyona genellikle elektronik olarak gönderilir. Görüntü üzerindeki hedefler görsel, sayısal veya elektronik olarak değerlendirilir. Elde edilen bilgiler, çeşitli alanlarda farklı amaçlar için kullanılır.

3.1.4. Uzaktan Algılamanın Gelişimi

Uzaktan algılama teknolojisi, 1858 yılında bir balona konulan kameranın çektiği siyah-beyaz bir fotoğrafla başlamıştır. Bu teknoloji, LANDSAT uydusunun uzaya atılmasına kadar geçen süre içinde gelişmiş ve günümüzün ihtiyaçlarına cevap verecek seviyeye ulaşmıştır.

Kameralar 150 yıldan daha uzun bir süre uzaktan algılama hizmetinde kullanılmıştır. Balonda kullanılan kamera deneyimini takiben, 1882 yılında meteorolojik bir uygulama için kamera ile donatılmış bir uçurtma uçurulmuştur. 1909 yılında uçaktan kullanılan bir kamera ile sinema filmi çekilmiştir. Birinci dünya savaşı sırasında, askeri amaçlı kameralar, uçaklara monte edilmiş ve geniş alanlar fotoğraflanarak değerli bilgiler elde edilmiştir. İkinci dünya savaşında askeri istihbaratın %80'ni hava fotoğraflarından sağlanmıştır. İkinci dünya savaşından sonra Almanya'dan ele geçirilen V-2 roketleri Viking olarak adlandırılan bir program çerçevesinde otomatik stil ve sinema kamerası ile donatılarak uzaya atılmıştır. Bu roket yörüngeye oturtulmadan 227 km.lik bir yüksekliğe ulaşmıştır. Tırmanış esnasında çekilen görüntüler roketin düşmesini takiben elde edilmiş ve uzaydan alınan ilk resimler olarak tarihe geçmiştir.

1 Nisan 1960 tarihinde, Atlas roketi ile insansız TIROS–1 meteorolojik uydusu uzaya gönderilmiştir. Bölgelerin bulut durumunu ve meteorolojik haritalarını çıkarmak için geniş sahaları tarayan vidicon kameralarla donatılan bu uydunun, dünyaya gönderdiği ilk görüntü 9 Mayıs 1960 tarihinde alınmıştır. Takiben aynı amaçlara hizmet eden "Nimbus", "NOAA" ve "GOES" olarak adlandırılan uydular hizmete girmiştir.

1960–1970 yılları arasında uydular ay ve dünya yüzeyinin görüntülenmesini sağlayan sensörlerle donatılmıştır. 1970'li yıllarda ABD içişleri bakanlığı ile NASA, sistematik olarak dünya hakkında bilgi toplamaya yönelik ERTS (Earth Resources Technology Satellites) adı altında bir program oluşturmuştur. Bu program çerçevesinde 1972 yılında Nimbus meteoroloji uydusunun modifikasyonu ile ERTS–1 uydusu üretilmiştir. 1975 yılında bu programın adı LANDSAT olarak değiştirilmiştir. Takiben üretilen Landsat-2 (1975), Landsat-3 (1978), Landsat-4

(1982), Landsat-5 (1984) uyduları uzaya gönderilmiştir. Bu uydular genel olarak jeolojik ve bitki örtüsü verilerini toplayan çok bantlı (Multispectral Scanner: MSS) ve yersel çözümlemeli 7 bantlı toprak, arazi örtüsü, hidroloji gibi konusal harita (Thematic Mapper: TM) amaçlı sensörlerle donatılmıştır.

Fransız üretimi SPOT–1 (1986), SPOT–2 (1990), SPOT–3 (1993) uyduları hizmete girmiştir. Bu uydulara, siyah-beyaz görüntü sağlayan Pankromatik ve Landsat verilerinden daha fazla detay veren Multispectral sensörler konulmuştur.

Aralık 1995'te Pankromatik (PAN), Linear Imaging Self-scanning Sensör (LISS-III) ve Wide Field Sensör (WiFS) olarak adlandırılan sensörlerle donatılan IRS (Indian Remote Sensing) uydusu hizmete girmiştir.

Eylül 1999'da 1 metre çözümlemeli Panchromatic ve 4 metre çözümlemeli Multispectral sensörlere sahip IKONOS uydusu uzaya atılarak göreve başlamıştır.

3.1.5. Uzaktan Algılama Sistemleri

Algılayıcı sistemleri uydu yörüngeleri bakımından yer sabit ve kutupsal yörünge, algılama esaslarına göre "Pasif" ve "Aktif", yapısı ve işlevlerine göre de "Kamera" ve "Tarayıcı" sistemler olarak sınıflara ayrılırlar.

Uydular yörüngelerine göre yer sabit yörüngeli uydular ve kutupsal yörüngeli uydular olmak üzere ikiye ayrılırlar. Yer sabit yörüngeli uyduların dönme hızları dünyanın dönme hızıyla aynı olup bu uydulardaki algılayıcılar daima yeryüzünde sabit bir alanın görüntüsünü oluştururlar. Kutupsal yörüngeli uydular ise dünyanın kutupları arasında hareket eder ve taşıdıkları algılayıcılar periyotları boyunca değişik yerlerin görüntüsünü oluştururlar.

Pasif algılayıcıların enerji kaynağı güneştir. Tüm yansıyan enerji, güneşin dünyayı aydınlattığı sürelerde meydana gelmektedir. Diğer bir deyişle, güneşin geceleri algılamaya uygun yansıyan enerjisi yoktur. Bu özellikten yararlanarak algılama yapma yeteneğine sahip olan kameralar vb. Sensörler, pasif sensör sınıfına girerler. Aktif sensörler ise algılama için gerekli enerjiyi, güneşe bağlı olmaksızın kendi kaynağından sağlamaktadır. Sensör hedefe kendi kaynağından enerji gönderir ve takiben hedeften yansıyan enerjiyi tespit eder ve ölçer. Aktif sensörlerin en büyük

avantajı, mevsimlere bağlı olmaksızın her havada ve her zaman algılama yapmasıdır. Bununla beraber, hedefi aydınlatmak için büyük miktarlardaki enerji üretimine gereksinim duyulmaktadır.

Kameralar, sensör terminolojisi açısından "framing" ve "vidicon" olarak 2 ayrı tipe ayrılmışlardır. Pasif optik sensör sınıfına giren framing kameralar; dünya yüzeyi üzerindeki bir sahanın mercek, obturatör ve diyaframdan oluşan bir objektif ile, çerçeve tarzındaki bir anlık ve devamlı birbiri üzerine bindirmeli görüntülerini, odak düzlemi üzerindeki bir film üzerine kaydederler. Bu kayıt, araziye yönlendirilen kameranın ışığın istenilen aralıklarla girmesini sağlayacak tarzda ayarlanmış opturatörün açılması ile başlar ve odak düzlemi üzerindeki filmin üzerinde son bulur. Vidicon tipi televizyon kameraları görüntüleri manyetik teyp gibi fotografik hassasiyetteki ortamlara kaydederler. Frame ve vidicon kameraların en önemli özelliği; birbirini izleyen, üst üste bindirmeli ve stereoskopik görüşe olanak sağlayan görüntü pozlarını çekmesidir. Bu bindirmelerden istifade edilerek, hedeflerin 3 boyutlu görünmeleri ve incelenmeleri "stereoskop" aleti ile sağlanmaktadır.

Birçok elektronik tarayıcı sistem, dar anlık görüş sahasına sahip dedektör kullanarak, arazi üzerindeki 2 boyutlu nesneleri süpürme tarzı bir tarama ile görüntülemektedir. Alandan yayılan veya yansıyan elektromanyetik enerji fotonları tarayıcı sistemin dedektörü tarafından algılanır, elektrik sinyaline dönüştürülür ve takiben manyetik bir band üzerine kaydedilir. Tarayıcı sistemler, hem uçaklara hem de uydu platformlarında kullanılmakta ve aynı prensiplere göre çalışmaktadır. Tarayıcı sistemler, kullanımına bağlı olarak; "Across-track scanner", "Along-track scanner", "Circular scanner" ve "Side scanner" olarak adlandırılan 4 tipe ayrılmıştır.

Across-track tipi tarayıcılar, dünya yüzeyinin 2 boyutlu nesnelerini, sensör platformunun hareket istikametine dik gelen hatlar şeklinde tararlar. Sensörün bir tarafından diğer tarafına doğru olan her bir hat, sensörün içerdiği dönen bir ayna tarafından taranır. Along-track tarayıcılar, dünya yüzeyinin 2 boyutlu görüntülerini, sensör platformunun hareket istikametine paralel gelen hatlar şeklinde tararlar. Across–track tipi tarayıcılardaki döner ayna yerine, bunlarda bir mercek sistemi kullanılmaktadır. Tarama, odak düzlemine doğrusal dizinler şeklinde yerleştirilmiş dedektörler tarafından yapılmaktadır. Böylece yeryüzündeki nesneler, uçuş istikameti

boyunca süpürülerek kaydedilmektedir. Circular tarayıcılar, dikey eksene yerleştirilmiş bir motor ve ayna vasıtasıyla, araziyi dairesel olarak süpürerek görüntülerler. Bu süpürmenin sadece ön kısmı kaydedilerek görüntüler oluşturulur. Bu tip tarayıcının avantajı, arazi ile arasındaki mesafenin sabit ve yerde çözümlenen hücrelerin aynı ebatta olmasıdır. Dezavantajı ise, görüntüleme teçhizatının doğrusal veriye göre dizayn edilmesi nedeniyle görüntü üretimi öncesindeki oldukça fazla olan tekrar formatlama işlemleridir. Bu açıklanan 3 tip tarayıcı pasif olarak çalışırken sides scanner aktif olarak çalışmaktadır. Hem uçaklarda hem de uydularda kullanılmaktadır. Genelde araziyi yandan görecek şekilde uçan platformlara takılırlar. Kendi kaynağından yer yüzeyine gönderdiği enerjinin, geriye dönen kısmının bir anten tarafından algılanması esasına, diğer bir deyişle radar prensibine göre çalışmaktadırlar.

3.1.6. Uzaktan Algılama Görüntüleri

Elektromanyetik enerji, fotografik veya elektronik olarak tespit edilmektedir. Uzaktan algılamada fotoğraf ve görüntü terimlerini birbirinden ayırt etmek önem taşımaktadır.

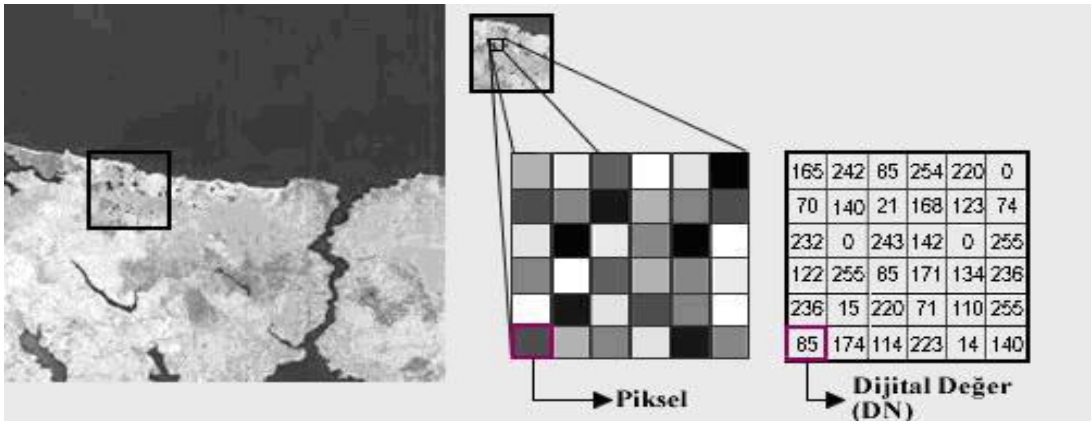
Fotoğraflar, 0,3-0,9 µm dalga uzunluklarında, görünen ve yakın kızılötesi bölgelerindeki elektromanyetik enerjinin bir film üzerine kaydedilmesi, takiben yapılan kimyasal işlemler sonucunda bir hassas ortama basılması ile elde edilmektedir. Görüntüler ise, algılayıcı teçhizat veya dalga uzunluğu ne olursa olsun, elektromanyetik enerjinin analog olarak kaydedilmesi, sayısal hale dönüştürülmesi sonucunda meydana gelmekte ve bilgisayar ortamında gösterilmektedir. Uzaktan algılama açısından görüntü, coğrafik bir sahayı temsil eden, sütun ve satırların grid tarzı düzenlenmesinden oluşan bir veridir.

Sensörler, hedeften yansıyan veya yayılan devamlı enerji verisini, analog sinyaller olarak kaydetmektedir. Bu devamlı nümerik tarzdaki veri, takiben birbirinden ayrı resimsel yapıdaki nümerik değerlere dönüşür. Nümerik değerler sayısal numaralar olup, piksel olarak depolanır. Fotoğraf ve görüntülerin özellikleri ve bunları etkileyen unsurlar; piksel, tarama genişliği, band, çözünürlük, parlaklık ve

ton, kontrastlık oranı, yersel çözümleme ve detay ayırt etme gücü ana başlıkları altında sıralanır.

3.1.6.1. Piksel

Resim elemanı olarak ifade edilen piksel, sayısal formatta sunulan ve ekrana getirilen görüntünün eşit ebat ve şekildeki en küçük kısmıdır. Diğer bir deyişle görüntü piksel gridlerinden oluşmuştur. Pikseller, her bir sahanın parlaklığını nümerik değer veya sayısal numara (Digital Number) olarak belirtmektedir. Her bir piksel için sensör tarafından ölçülen bir sayısal numara değeri bulunmaktadır. Veri, sensör seviyesinde veya masa tipi bir teçhizat tarafından taranarak piksellere bölünür ve her biri nispi parlaklığını temsil eden sayısal bir numaraya atanır. Bilgisayar farklı farklı parlaklık seviyesindeki her bir sayısal değeri resim olarak görüntüler. Sayısal değerlerin resimsel hale dönüşmesinde şüphesiz ki bazı detaylar kaybolmaktadır. Küçük ebatlardaki pikseller, detayların daha kolay görünmesine olanak sağlamaktadır.



Şekil 3. 6. Piksel.

3.1.6.2. Tarama Genişliği

Dünya üzerindeki yörüngelerinde uçan uydu sensörlerinin yer yüzeyinde gördüğü ve algıladığı sahanın tam genişliğini ifade eden bir terimdir. Diğer bir

deyişle sensörlerin kaydettiği sinyalleri temsil eden piksellerden oluşan bir satır matrisidir. Uyduların yörünge yükseklikleri farklı olduğu için yeryüzünde kapladığı genişlikler de farklıdır. Örneğin Landsat uydusunun tarama sahasının genişliği 185 km. iken Modis algılayıcısının ki ise 2330 km.dir.

3.1.6.3. Bandlar

Kanal olarakta isimlendirilen band, yansıyan ışığı veya yayılan ısıyı (mavi, yeşil, kırmızı, yakın kızılötesi, kızılötesi, termal) gösteren elektromanyetik tayfın özel bir kısmına ilişkin bir veri dosyası değerleridir. Piksellerin bir araya gelmesinden bandlar, bir veya daha fazla bandın bir araya gelmesinden görüntüler oluşmaktadır. Üç ana rengi kullanan sayısal bilgi bandları, birleştirilebilmekte ve görüntülenebilmektedir. Görünür bölge için her bir band bir ana renk tarafından temsil edilmektedir. Farklı amaçlar için farklı bandlar kullanılmaktadır.

3.1.6.4.Çözünürlük Kavramı

Çözünürlük; bilgisayar ekranında gösterilen piksellerin miktarını veya yeryüzündeki bir sahanın görüntü dosyası kapsamında temsil ettiği pikseli ifade etmektedir. Uzaktan algılanan görüntülerden çıkarılacak bilginin kalitesini belirten çözümleme; Yersel (Spatial), Tayfsal (Spectral), Radyometrik (Radiometric) ve Zamansal (Temporal) olarak adlandırılan birbirinden farklı özelliklere sahip 4 tipe ayrılmıştır.

Yersel Çözünürlük: Sensörün en küçük hedefi ayırt etme kabiliyetinin ölçüsünü veya her bir pikselin temsil ettiği yeryüzündeki bir sahayı ifade eden bir terimdir. Düşük yersel çözümleme değeri hassasiyetin daha iyi olduğunu belirtmektedir. Örneğin 10 metrelik yersel çözümleme değeri, 20 metrelik yersel çözümlemeden daha fazla detay vermektedir.

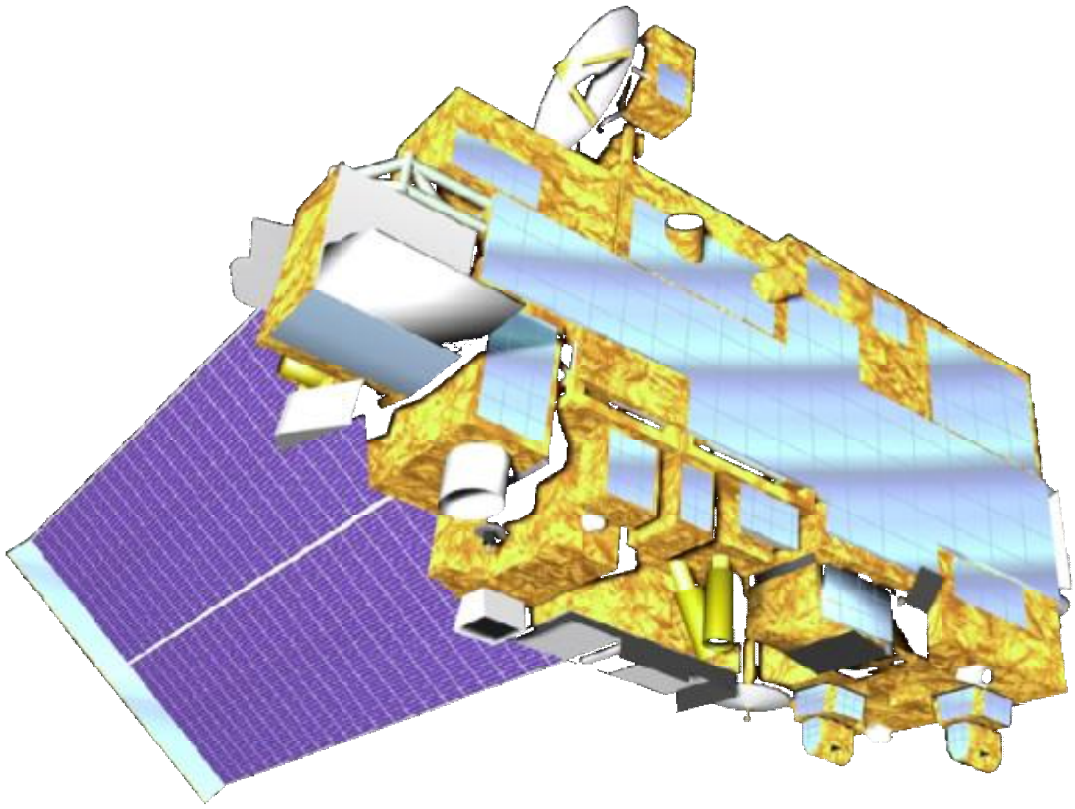
Tayfsal Çözünürlük: Tayfsal çözümleme, elektromanyetik tayfın hangi dalga boyu aralığında kayıt yapıldığını belirtir. Belli bir kanal veya bandda kaydedilen

enerjinin dalga uzunluklarının arası geniş ise tayfsal çözümleme düşük (kaba), dar ise tayfsal çözümleme yüksektir (hassas veya ince).

Radyometrik Çözünürlük: Radyometrik çözümleme, sensörün parlaklık farklılıklarına olan hassasiyetini belirtmektedir. Görüntü sistemlerinin radyometrik çözümlemesi, enerji kapsamındaki çok ince farklılıkları ayırt etme kabiliyeti olarak da tanımlanmaktadır. Yansıyan veya yayılan enerjideki farklılıkları ortaya çıkaran sensörlerin radyometrik çözümlemesi hassastır. Radyometrik çözümleme ile ilişkili olarak görüntü verisinin değerleri, sayısal numaralarla ifade edilmektedir. Bu numaralar ikili sayı sisteminde ve 2'nin üsleri "bit" (1 bit=2^1=2) tarzında düzenlenmiştir. Örneğin birçok sensör dolayısıyla görüntüler, 8 bit'lik (2^8=256) veriye sahiptir. Bu veri her piksel için 0–255 değerlerini içerir. 7 bitlik (2^7=128) verinin her pikseli ise, 0–127 değerlerini içermektedir. Bit değeri düşük ise radyometrik çözümleme de düşük olacaktır. Sensörler, elektromanyetik enerjiyi, sahip olduğu bit değerleri arasında ölçmektedir. Görüntü verisi genelde, gri tonlarda görüntülenmektedir. 0–255 değerleri arasındaki 8 bit'lik veride 0 değeri siyah, 255 değeri ise beyaz rengi temsil etmektedir.

Zamansal Çözünürlük: Zamansal çözümleme, özel bir sahaya yönelik olarak sensörün algıladığı görüntünün sıklığına işaret etmektedir. Değişikliklerin tespitinde önemli bir faktör olarak kabul edilen bu çözümleme tipi, görüntüleme faaliyetleri arasındaki zamanı belirtmektedir. Sensörler, belirgin bir zaman periyodu içinde, aynı hedef bölgesi üzerinde bulunacak şekildeki bir yörüngede uçmaktadır. Her uydunun aynı hedef üzerinde bulunacağı zaman periyodu farklıdır. Örneğin bu süre; Modis sensörü için 16 gündür. Zamansal çözümleme, uydu veya sensörün kapasitesine, tarama genişliğine ve yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir. Aynı bölgenin tekrar görüntülenmesi için geçen zaman süresinde, özelliklerin tayfsal durumu değişmekte ve bundan istifade ile meydana gelen değişimler belirlenmektedir. Örneğin ilkbahar ve sonbahardaki ağaçların durumu, sel, heyelan, yangın vb. doğal afetler, yerleşim sahalarındaki gelişmeler çeşitli zamanlarda çekilen görüntülerin kıyaslanması sonucunda tespit edilebilmektedir.

3.1.7.Terra Uydusu



Şekil 3. 7. Terra Uydusu.

1999 Aralık ayında fırlatılan Terra uydusunun görevi Yer'in nasıl değiştiği ve bu değişimin yerdeki yaşam için sonuçlarının ne olduğudur Bu sorulara cevap vermesi bakımından Terra NASA yer gözlem sisteminin en önemli projesidir. Bu algılayıcılar Yer'in atmosferini, okyanus, kara, kar-buz ve enerji bütçesini gözlemlerler. Bu gözlemler birlikte ele alındığında dünya sisteminin nasıl çalıştığını ve nasıl değiştiğinin eşsiz bir şekilde kavranmasını sağlarlar. Terra gözlemleri insanlığın gezegenimiz üzerindeki etkilerini ortaya koyar ve yangın, volkanlar gibi çeşitli doğal afetler hakkında çok önemli bilgi sağlar.

Yaklaşık olarak küçük bir okul otobüsü büyüklüğündeki Terra uydusu yer sistemi ölçümleri ile örtüşen beş adet algılayıcı taşır. Bu algılayıcıların farklı devletlere ait oluşu nedeniyle Terra uluslararası bir çalışmadır. Terra uydusu,

CERES, MISR ve MODIS Amerika Birleşik Devletlerine ait, ASTER Japonya'ya ait ve MOPITT Kanada'ya aittir.

- ASTER
- CERES
- MOPITT
- MODIS
- MISR

Terra, her 99 dakikada bir kuzeyden güneye, güneşle eş zamanlı kutupsal bir yörünge izler. Terra uydusu hakkında özet bilgiler;
Boyutlar: 6.8 m uzunluğunda ve çapraz 3.5 m
Ağırlık: 5.190 kg (fırlatılmadan önce yerdeki ağırlığı)
Yörünge;
Yükseklik: Yeryüzünden 705 km yukarda.
Eğim: 98.5 derece.
Peryod: 99 dk
Ekvatoral geçiş: 10.30 a.m.(Kuzey-güney)

3.1.7.1. ASTER Algılayıcısı

Aster elektromanyetik spektrumun 14 farklı dalga boyunda ve yüksek yersel çözünürlükte Yer'in görüntülerini elde eder. Bu görüntüler yer yüzey sıcaklığı, yayıcılık, yansıma ve yükseklik gibi çeşitli konularda bilgi çıkarma amaçlı kullanılır. Aster, Terra uydusundaki tek yüksek çözünürlüklü sensör olduğu için uydudaki diğer sensörlere değişim tespiti, kalibrasyon/geçerlilik ve yeryüzü çalışmalarında yakınlaştırıcı lens görevi yapar. Terra uydusunda dört sensör sürekli veri toplarken Aster yörüngesindeki bir turunda ortalama 8 dakikalık veri kaydeder. Aster sensörü Japon Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığı tarafından yapılmıştır. Amerikalı ve Japon bir bilim ekibi sensörün dizayn, kalibrasyon ve veri sağlamasından sorumludur.

3.1.7.2. CERES Algılayıcısı

İlk CERES sensörü Kasım 1997 de TRMM uydusu ile birlikte fırlatıldı; ikinci ve üçüncü CERES Aralık 1999 da Terra uydusuyla dördüncü ve beşincide Aqua uydusuyla fırlatıldı. Hem terra hem de Aqua uydusunda ikişer tane aynı CERES sensörleri vardır. CERES sensörü üç farklı kanalda (0,3µm-5 µm, 8 µm -12 µm ve 0,3 µm-100µm) algılama yapar. Sensor yerin enerji bütçesinin ölçülmesine ve yüzeyden atmosferin üst kısmına kadar bulutların enerji akısındaki rolünü belirleyen bulut özelliklerini tahmin etmeye olanak sağlar.

Çizelge 3. 1. CERES Algılayıcısının bazı özellikleri.

Sorumlu merkez	NASA Langley Araştırma Merkezi
Her bir radyometrede üç kanal	Toplam ışınım (0.3-100 µm); Kısa dalga (0.3-5 µm); Window (8-12 µm)
Tarama genişliği	Limb to limb
Uzaysal çözünürlük	20 km (Nadirde)
Kütle	Her tarayıcı için 50 kg
Güç	Her tarayıcı için 47 W (ortalama),her iki tarayıcı için 104 W (maksimum, çift eksenli mod)
Veri hızı	10 kbps(her tarayıcı için)
Görüş alanı	±78°cross-track, 360° azimut
Ebat	60 x 60 x 57.6 cm

İki sensörden biri cross-track tarama modda ve diğeri iki eksenli (biaxial) tarama modunda kayıt yapar. Cross-track tarama modu aslen yer enerji bütçesi deneme ölçümlerini ve tropikal yağış ölçme görevini yapar. Biaxial tarama modu ise yerin enerji dengesini türetmek için kullanılan açısal modellerin doğruluğunu geliştiren yeni açısal değişim bilgisi sağlar.

3.1.7.3. MOPITT Algılayıcısı

MOPITT atmosferin alt tabakası hakkındaki bilgimizi artırmak için ve atmosferin alt tabakasının, yer ve okyanus biyosferini nasıl etkilediğini gözlemlemek için tasarlanmış bir algılayıcıdır. MOPITT özel olarak atmosferdeki karbon monoksitin dağılımına, taşınmasına, kaynaklarına ve miktarına odaklanır. Fabrikalardan, arabalardan ve orman yangınlarından salınan karbon monoksit, atmosferin kendi kendini zararlı kirleticilerden temizlemesi becerisini engeller. MOPITT gaz korelasyon spektroskopisi kullanılan ilk uydu algılayıcısıdır. Sensör üç spektral bantta yerden yayılan ve yansıtılan radyansı ölçer. MOPITT' in yersel çözünürlüğü nadirde 22km'dir ve yerdeki gördüğü alan 640 km genişliğindedir. Diğer taraftan, atmosferin dik bir sütunundan aşağı katmanlara 5 km içindeki karbon monoksit yoğunluğunu (konsantrasyonunu) ölçebilir.

3.1.7.4. MODIS Algılayıcısı

MODIS 2330 km genişliğindeki bir şeridi tarayarak 36 ayrı spektral bandda 1-2 günde bir dünyadaki her bir noktayı görür. Bu yüzden MODIS, diğer herhangi bir Terrasen söründen farklı olarak yeryüzünün yaşam belirtilerini geniş bir yelpazede izler. Mesela, sensör hemen hemen her gün gezegenin yüzeyinin bulutlarla kapalılık yüzdesini ölçer. Bu geniş uzaysal kapsamayı, bulutların ve aerosollerin yeryüzünün enerji bütçesindeki etkisini belirlemede bilim adamalarına yardım etmek için MISR ve CERES ile birlikte MODIS kullanılır.

MODIS bulutla kaplı alanların sıklık ve dağılımını kaydetmeye ek olarak bulut taneciklerinin sıvı ve buz haldeki dağılımı ve ölçüsü gibi bulutların özelliklerini de belirler. Ayrıca MODIS aerosolların (atmosferdeki ince sıvı ve katı parçacıklar) özelliklerini belirler. Aerosoller atmosfere kirlilik ve biyokütle yanması gibi doğal olmayan yollardan ve toz fırtınaları, volkanik patlamalar ve orman yangınları gibi doğal yollardan girer. MODIS bilim adamlarının bir atmosfer sütunundaki su buharı miktarını ve sıcaklık ile su buharının düşey dağılımını belirlemesine yardım eder ve ölçümler yeryüzünün iklim sistemini anlamak için önemlidir.

MODIS, global karbon döngüsü çalışmalarına yeni anlayışlar getiren biyosferdeki büyük ölçekli değişiklikleri görüntülemek için idealdir. MODIS, sera gazının bitki verimliliğinde ne kadarının soğurulduğuna ve kullanıldığına dair daha iyi tahmin sağlamak için kara ve deniz bitkilerinin (pitoplankton) foto sentetik aktivitesini ölçer. Sensörlerin yüzey sıcaklık ölçümleriyle ilgili, MODIS'in biyosfer ölçümleri bilim adamlarının iklim değişikliklerine karşılık olarak karbondioksit kaynak ve yuvalarını izlemesine yardım eder.

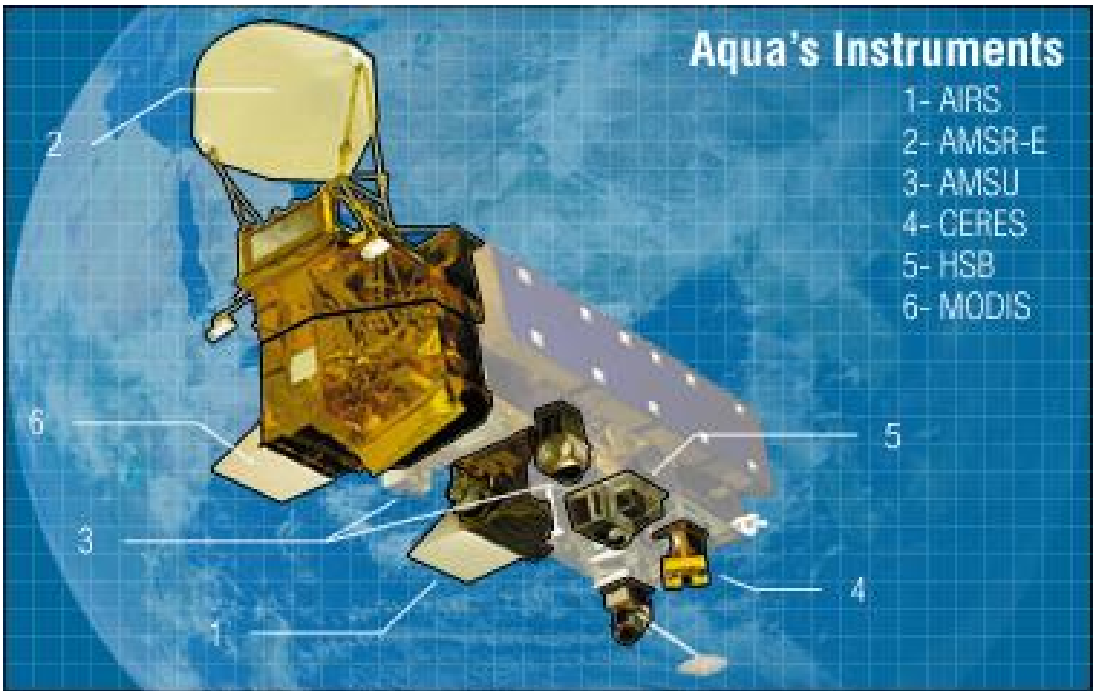
Sensör, Landsat ile başlamış mirasa dayanarak ve onu yayarak bütün yerküre üzerinde hemen hemen her gün kara yüzeyindeki değişimleri görüntüler. MODIS kış fırtınaları ve çok düşük sıcaklıklarla gelmiş kar ve buzun alansal boyutunu haritalar. Sensör, kış yerini bahara bıraktığında ve bunun üzerine bitki örtüsü çiçek açtığı için kıtaları boydan boya tarayan ''yeşil dalga'' yı gözlemler. O, nerde ve ne zaman volkanik patlamalar, seller, çeşitli fırtınalar, kuraklıklar ve orman yangınları gibi felaketler olsa görür ve insanların emniyette olmasına yardım eder. MODIS bandları yangınlara özellikle duyarlıdır, Onlar, için için yanmadan kaynaklanan alevlenmeyi fark edebilir ve atmosfere yayılan aerosol ve gas alevleri miktarının daha iyi tahmin etmeyi sağlayabilirler. MODIS meşhur El Nino-La Nina gibi iklimsel olayları gelişinden önce işaret edebilen Pasifik pitoplankton popülasyonundaki değişimleri görür. Dolayısıyla MODIS deniz yüzey sıcaklığı ve okyanus renk ölçümlerini birleştirerek El Nino ve La Nina'nın mikroskobik deniz bitkisi üzerindeki etkilerini gözlemlemeye olanak sağlar. Ayrıca MODIS klorofil floresansını ölçmek için eşsiz bir kanala sahiptir. Işıkla bombardıman edilen bütün bitkiler parlamaya ya da floresan ışığı yaymaya başlar, fakat bu ışık gözlerimizin göremediği dalga boylarındadır. Çoğu bitki fotosentez için kullandıkları daha az enerjili floresan ışığı yayar. Böylece MODIS sadece pitoplankton dağılımını haritalamakla kalmaz birde onların sağlını kontrol etmemize yardım eder.

3.1.7.5. MISR Algılayıcısı

Yer'in iklimini anlamak ve nasıl değiştiğini belirlemek için doğal şartlarda farklı yönlerde saçılan güneş ışığı miktarını bilmeye ihtiyaç duyarız. MISR bu

ihtiyaca cevap vermesi için tasarlanmış yeni bir sensördür. Yer'i dokuz farklı açıdan keskin kameralarla görür. Bir kamera nadirde ve diğerleri ileriye ve geriye doğru yeryüzünü görecek açılardadır. Senör dokuz kamerayla dört farklı dalga boyunda (mavi, yeşil, kırmızı ve kızılötesi) yerin yüzeyini başarılı bir şekilde görüntüler. Yer'in çevresindeki güneş ışığının akıbetini anlamamızı geliştirmesine ek olarak, MISR verisi farklı bulut tiplerini, aerosol parçacıklarını ve yüzeyleri ayırt edebilir. Özellikle, MISR aylık, mevsimsel ve uzun dönemli gözlem yapmak için tasarlanmıştır.

3.1.8. Aqua Uydusu



Şekil 3. 8. Aqua Uydusu ve taşıdığı algılayıcılar.

Aqua yakın kutupsal bir yörüngede 6 tane gelişmiş algılayıcı taşır. Bunların her biri benzersiz özellik ve yeteneklere sahiptir ve hepsi de yeryüzü gözlemleri için güçlü bir veri seti oluşturmak için hizmet eder. Aqua uydusunun bazı özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

- AIRS

- AMSU-A
- HSB
- AMSR-E
- MODIS
- CERES

Çizelge 3. 2. Aqua Uydusunun bazı özellikleri.

Yörünge özellikleri	
Güneşle eşzamanlı yakın kutupsal yörünge	
Ekvatoral Geçiş	1.30 p.m.
Eğim	98 derece
Yükseklik	705 km
Periyod	99 dk.
Fırlatma İstatistikleri	
Araç	İki kademeli Delta II 7920-10L
Konum	Vandenberg Hava Üssü, California
Fırlatma tarihi	4 Mayıs 2002
Diğer İstatistikler	
Ağırlık	2,934 kg (fırlatma anında)
Güç	4,860 watts (end of life)
Ebat (Kapalı)	2.7 m x 2.5 m x 6.5 m
Ebat(Açık)	4.8 m x 16.7 mx 8 m
Görev süresi	6 yıl

3.1.8.1. AIRS Algılayıcısı

AIRS'in atmosfer içindeki yüksek doğruluktaki sıcaklık profillerinin yanı sıra yer ile atmosfer ürünlerinin çeşitliliğini elde etmesi amaçlanır. AIRS, sıcaklık ve atmosferin her yerindeki nemlilik profili ölçümünde doğruluk bakımından AIRS/AMSU-A/HSB üçlüsü içinde öne çıkan algılayıcı olması planlanmıştır. Bu algılayıcı 0.4 ile 1.0 μm ve 3.7 ile 15.4 μm de kayıt yapabilmektedir. Sensörün bazı özellikleri aşağıda tablo halinde verilmiştir.

Çizelge 3. 3. AIRS Algılayıcısının bazı özellikleri.

Sorumlu merkez	Jet Propulsion Laboratory
Taranan alanın genişliği	1650 km
Uzaysal çözünürlük	13.5 km (Nadirde)
Kütle	156 kg
Güç	256 watt
Veri hızı	1.44 Mbps
Görüş alanı (FOV)	±49.5°
Ebat	139.7 x 77.5 x 76.2 cm (Toplanmış halde), 139.7 x 151.2 x 76.2 cm (Açılmış halde)

AIRS Aqua üzerindeki ilk AIRS sensörü ve uzaya gönderilmiş daha önceki alıcılar içinde büyük bir öncüdür. AIRS, hava tahminlerini geliştirmek ve iklim süreçlerini anlamak için atmosferik sıcaklıklar, nemlilikler ve birçok diğer atmosferik olayı ölçer.

3.1.8.2. AMSU-A Algılayıcısı

AMSU-A öncelikle üst atmosferdeki (özellikle stratosfer) sıcaklık profillerini ve troposferik sıcaklık gözlemleri için bulutların ayrımını sağlamak için dizayn edilmiştir. İlk AMSU algılayıcısı NOAA 15 uydusu ile Mayıs 1998 de fırlatılmıştır. EOS AMSU-A, AIRS ve HSB'yi de içeren yakın bağlantılı sensör üçlüsünün bir parçasıdır. 15 kanallı mikrodalga alıcısı yer yüzeyinden 40 km ye kadar atmosferik sıcaklık ölçümlerini sağlar. Aqua da olduğu gibi NOAA K/L/M uydularında da bu sensör bulunmaktadır. Aqua'daki, AMSU sensörü bütünsel olarak AIRS sensörüyle birliktedir. Sensörün bazı özellikleri aşağıda tablo halinde verilmiştir.

Çizelge 3. 4. AMSU-A Algılayıcısının bazı özellikleri.

Tarama genişliği	1650 km
Uzaysal çözünürlük	40 km (Nadirde)
Kütle	100 kg
Güç	125 watt
Veri hızı	3.2 kbps
Görüş alanı (FOV)	±49.5°
Ebat	65.5 x 29.9 x 59.2 cm(toplu halde) 54.6 x 64.9 x 69.7 cm (Açılmış halde)

3.1.8.3. HSB Algılayıcısı

Brezilya tarafından desteklenen 4 kanallı mikrodalga sondası HSB atmosferdeki nemlilik profillerini elde etmeye yöneliktir. HSB yoğun bulutluluk ve sis şartları altında bile nemlilik ölçümlerine izin veren AIRS/AMSU-A/HSB üçlüsündeki sensörlerdendir. Algılayıcının bazı özellikleri tabloda verilmiştir.

Çizelge 3. 5. HSB Algılayıcısının bazı özellikleri.

Tarama genişliği	1650 km
Uzaysal çözünürlük	13.5 km (Nadirde)
Kütle	66 kg
Güç	85 watt (ortalama), 154 watt (maksimum)
Veri hızı	4.2 kbps
Görüş alanı (FOV)	±49.5° cross track (nadirde)
Ebat	73 x 69 x 47 cm

HSB şubat 2003’ e kadar yüksek kaliteli veri sağlamıştır. Aqua’daki bu sensör kapalı hava şartlarında nemliliği bulmak için önemlidir Bu algılayıcıyla atmosferik su buharı profili ölçümlerini de belirlemek mümkündür.

3.1.8.4. AMSR-E Algılayıcısı

AMSR-E 12 kanal ve 6 farklı frekansta algılama yapan pasif bir mikrodalga radyometresidir. Bu sensör 6.925, 10.65, 18.7, 23.8, 36.5 ve 89.0 GHz de parlaklık sıcaklıklarını ölçer.Dikey ve yatay olarak polarize olmuş ölçümler bütün kanallarda alınır.Yeryüzü tarafından yayılan mikrodalga radyasyonu, sabit bir 55 derecelik yeryüzü geliş açısını koruyarak ve ölçümler için radyasyonu radyometrelere taşıyan 6 adet anten besleme ucu düzeni ile bir tarama genişliği sağlayan hayali bir konik yüzey boyunca yeryüzünü boydan boya tarayan bir ötelenmiş parabolik yansıtıcı aracılığıyla toplanır.Kalibrasyon, kozmik arka plan radyasyonu ve yeni hedefe kenetlenmiş gözlemlerle yapılır. Bu algılayıcı ile yağış, bulut, su buharı, deniz yüzey rüzgarları, deniz yüzey sıcaklığı, buz, kar ve toprak nemi ölçülebilir.

Çizelge 3. 6. AMSR-E Algılayıcısının bazı özellikleri.

Sorumlu kuruluş	NASDA
Tarama genişliği	1445 km
Uzaysal çözünürlük	6 x 4 km (89.0 GHz), 14 x 8 km (36.5 GHz), 32 x 18 km (23.8 GHz), 27 x 16 km (18.7 GHz), 51 x 29 km (10.65 GHz), 75 x 43 km (6.925 GHz)
Örneklendirme aralığı (Sampling interval)	6-36 GHz kanallar için 10 km, 89 GHz kanal için 5 km
Kütle	324±15 kg
Güç	350±35 watt
Veri hızı	87.4 kbpsortalama, 125 kbps en yüksek
Ebat	139.7 x 77.5 x 76.2 cm (kapalı), 139.7 x 151.2 x 76.2 cm (açık)

3.1.9. MODIS Ürünleri

MODIS kutupsal yörüngeye sahip bir algılayıcı olduğu için periyodu boyunca dünyanın tamamını kapsayan veri sağlar. Alınan verilerden çeşitli amaçlar için değişik algoritmalar uygulanarak yeni ürünler oluşturulmaktadır. Bu ürünler Kalibrasyon, Atmosfer, Yer ve Okyanus olmak üzere dört ana başlık altında toplanmıştır. Bu ürünler sistematik bir şekilde adlandırılmaktadır. Terra uydusundaki MODIS' den alınan görüntülerden oluşturulan ürünler MOD koduyla başlarken, Aqua ürünleri MYD kısaltmasıyla başlar. Bu isim farklılığı dışında her iki uydudan alınan görüntülerden oluşturulan ürünler aynı özelliktedir.

MODIS' in ham verisi MOD00F kısaltmasıyla başlamakta ve hemen devamında uydudan alınma zamanı ile son kullanıldığı tarih yer alacak şekilde adlandırılmıştır. Bu ham veri normalde dağıtılmamaktadır. Kalibrasyon ürünleri MOD01 Level 1A Radiance Counts, MOD02 Level 1B Calibrated Geolocated Radiances ve MOD03 Geolocation Data Set şeklinde adlandırılmıştır. Ham veriden oluşturulan ilk ürün MOD01 Level-1A Radiance Counts ürünüdür. Bu veri seti sensör mühendisliği ve uydu yardımcı verisi ile birlikte MODIS'in 36 kanalı için önemli sayılar içerir. Seviye-1A verisi, konumlandırma kalibrasyon ve görüntü işleme için girdi veri olarak kullanılır. Kalite göstergeleri eksik veya bozuk piksel ve enstrüman modlarını göstermek için veri olarak eklenmiştir. TIR için radyans ölçümleri gündüz ve gece sırasında ölçülür iken görünür, SWIR ve NIR ölçümleri, sadece gündüz yapılır. MOD01'den üretilin ürünler MOD03-Geolocation Data Set ve MOD02-Level-1B Calibrated Geolocation Data Set ürünleridir. MOD03 konumlandırma ürünü jeodezik koordinatlar, yükseklik, güneş ve uydu zenit ve azimut açılarını içermektedir. MOD03 verisi Seviye 1B ve Seviye2 veri setleriyle birlikte kullanılarak daha ileri seviye ürünlerin işlenmesini mümkün kılmayı sağlar. Bu konumlandırma alanları uydu yükseklik ve yörünge, sensör ölçümü ve bir sayısal yükseklik modeli kullanılarak belirlenmiştir. MOD02 Seviye 1B ürünü MODIS Seviye 1A ürününden üretilen 36 band için kalibrasyon ve konumlandırmayı içerir. Ayrıca, yansıma MODIS'in 1-19 ve 26 bandlarından güneş irradyans bilgisi ise geriye kalan diğer bandlardan belirlenebilir. Radyans W /(m^2- µm-sr) birimindedir.

Kalite flagları, hata tahminleri ve kalibrasyon bilgisi bu veri setinde bulunmaktadır. 1 ve 2'nci kanallar 250m çözünürlükte, 3-7 arasındaki (3 ve 7 dahil) kanallar 500m çözünürlükte ve diğer kanallar 1km çözünürlüktedir.

MODIS' in algılama yaptığı dalga boyu aralıkları çizelge 3.7'de ve MODIS'in Atmosfer, yer ve okyanus uygulamalarına yönelik ürünlerinin kısa adı ve kullanım alanları çizelge 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3. 7. MODIS Bandlarının Dalga boyu aralığı.

Band	Band Genişliği (µm)	Band	Band Genişliği (µm)
1	0.620-0.670	20	3.660-3.840
2	0.841-0.876	21	3.929-3.989
3	0.459-0.479	22	3.929-3.989
4	0.545-0.565	23	4.020-4.080
5	1.230-1.250	24	4.433-4.498
6	1.628-1.652	25	4.482-4.549
7	2.105-2.155	26	1.360-1.390
8	0.405-0.420	27	6.535-6.895
9	0.438-0.448	28	7.175-7.475
10	0.483-0.493	29	8.400-8.700
11	0.526-0.536	30	9.580-9.880
12	0.546-0.556	31	10.780-11.280
13	0.662-0.672	32	11.770-12.270
14	0.673-0.683	33	13.185-13.485
15	0.743-0.753	34	13.485-13.785
16	0.882-0.877	35	13.785-14.085
17	0.890-0.920	36	14.085-14.385
18	0.931-0.941		
19	0.915-0.965		

Çizelge 3. 8. MODIS Ürünleri.

Atmosfer Ürünleri	
MOD04	Aerosol Ürünü
MOD05	Su Buharı Ürünü
MOD06	Bulut Ürünü
MOD07	Atmosferik Profil Ürünü
MOD08	AtmosferÜrünü
MOD35	Bulut Maskı Ürünü
MODATML2	Atmosfer Ürünü
Yer Ürünleri	
MOD09	Yüzey Yansıması Ürünü
MOD10	Kar Ürünü
MOD11	Yer Yüzey Sıcaklığı ve Yayınırlığı Ürünü
MOD12	Bitki Örtüsü Değişimi Ürünü
MOD13	Bitki İndeksi Ürünü
MOD14	Termal Anomali ve Yangın Ürünü
MOD15	Yaprak Alanı İndeks Ürünü
MOD16	Terleme Buharlaşma Ürünü
MOD17	Fotosentez Ürünü
MOD29	Deniz Buz Ürünü
MOD43	Yüzey Albedo Ürünü
MOD44	Bitki Alanları Ürünü
MOD45	Yanmış Alan Ürünü
Okyanus Ürünleri	
MOD18	Su Yüzeyi Radyans Ürünü
MOD19	Pigment Konsantrasyon Ürünü
MOD20	Klorofil Ürünü
MOD21	Klorofil-Pigment Konsantrasyon Ürünü
MOD22	Foto Sentetik Radyasyon Ürünü
MOD23	Katı Madde Konsantrasyon Ürünü
MOD24	Organik Madde Konsantrasyon Ürünü
MOD25	Kokolit Konsantrasyon Ürünü
MOD26	Okyanus Su Azalma Katsayısı Ürünü
MOD27	Okyanus Başlıca Verimlilik Ürünü
MOD28	Deniz Yüzey Sıcaklığı
MOD31	Fikoeritrin Konsantrasyon Ürünü
MOD32	İşleme Çerçevesi ve Eşleştirme Veri Tabanı Ürünü
MOD36	Soğurma Katsayıları Ürünü
MOD37	Okyanus Aerosol Özellikleri Ürünü
MOD39	Temiz su Epsilon Ürünü

3.2. Metod

Güneşlenme süresini etkileyen faktörlerin en başında bulutlar gelmektedir. Eğer hava bulutlu ise güneşlenme süresi bulutun miktarına ve özelliğine bağlı olarak düşük değerde hatta sıfır bile olabilmektedir. Bu çalışmada, güneşlenme süresi ile bulutla kaplılık arasında ters ilişki olduğu fikri temel alınarak bulutların görünür bölgedeki ışığı yansıtmaları incelenmiştir.

Uydu verilerinden güneşlenme süresini hesaplamak için öncelikle bulutluluk indeksinin bilinmesi gerekmektedir. Bulutluluk indeksi;

$$n=(\rho- \rho_{min})/(\rho_{max}-\rho_{min})$$

Şeklinde verilir. Burada, n bulutluluk indeksi, ρ bir pikselin yansıtması, ρ_{min} görüntüler yığınındaki minimum değere sahip piksellerin yansıtması ve ρ_{max} ise görüntüler yığınındaki maksimum değere sahip piksellerin yansıtmasını vermektedir.

Çalışmada TERRA ve AQUA uydularındaki MODIS algılayıcısının görüntülerinden günlük bulutluluk indeksi her iki uydu için ayrı ayrı hesaplanmış ve sonraki aşamalarda kullanılmak üzere bunların ortalaması alınmıştır. Güneşlenme süresi ile bulutluluk indeksi arasındaki ilişkiyi veren denklem;

$$\frac{s}{S} = a + b * n$$

Şeklinde verilir. Burada, a ve b sabit katsayılar, s güneşlenme süresi ve S gün uzunluğu olup aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$S = 24 * \omega_s/ \pi$$

Burada ω_s saat açısıdır. Φ enlem açısı ve δ deklinasyon açısı olmak üzere;

$$\omega_s = \arccos(-\tan\Phi\tan\delta)$$

Eşitliği ile hesaplanır. Deklinasyon açısı ise;

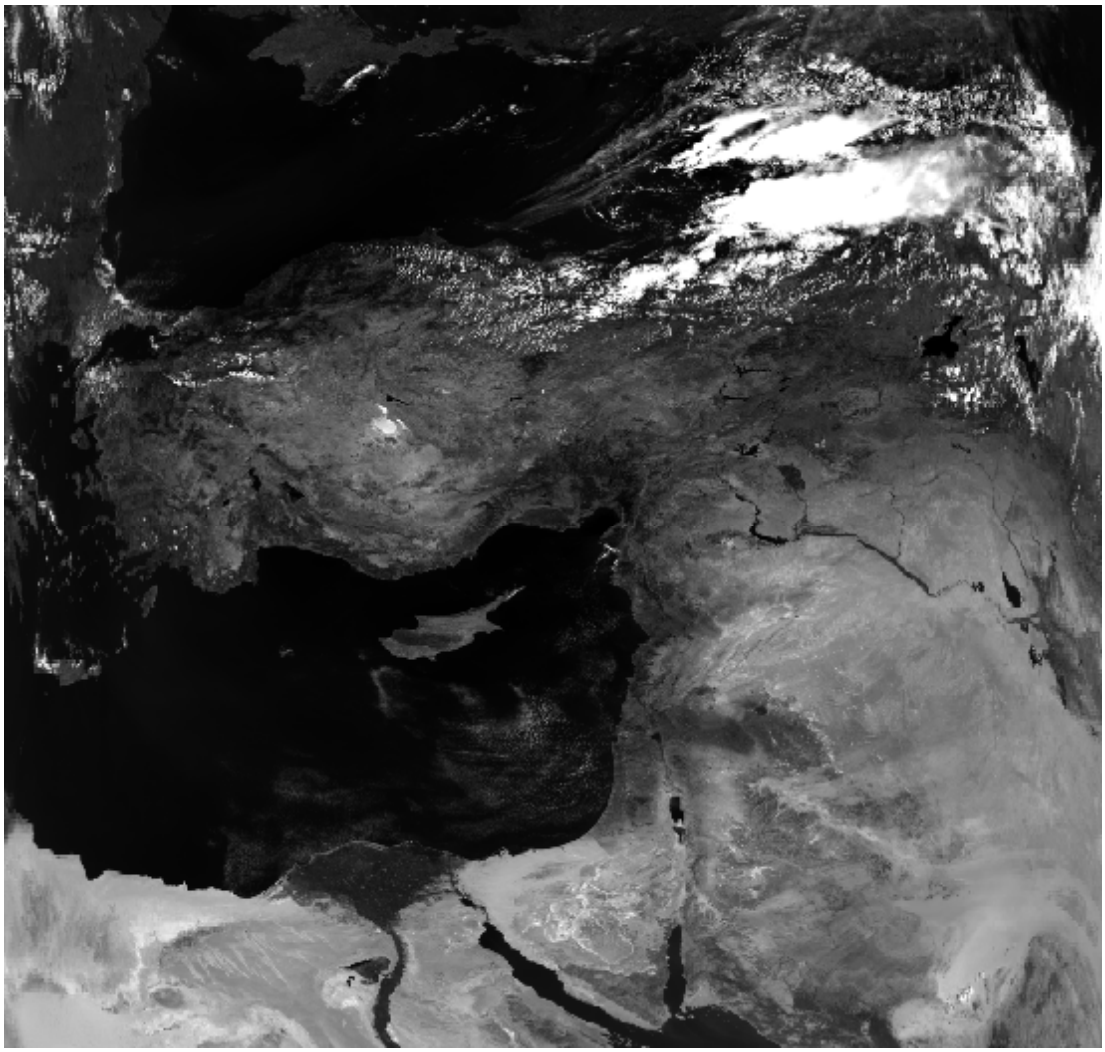
$$\delta=0.409*\sin(2 \pi J/365-1.39)$$

ifadesiyle hesaplanır ve birimi bu ifadede radyan cinsindendir. Deklinasyon açısı güneş ışınları ile ekvator düzlemi arasında kalan açıdır. Burada J ise Julien gün sayısıdır. Yılın birinci günü yani 1 Ocak J'nin 1 olduğu, 21 Ocak'ta J'nin 21 ve yılın son gününde 365 veya 366 olduğu anlaşılır.

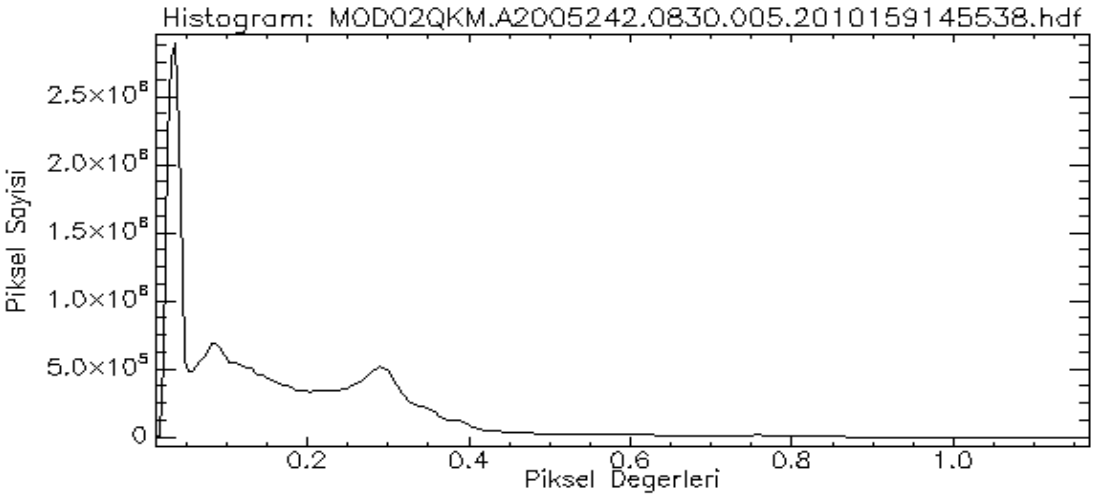
.

4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

TERRA uydusu yerel saat ile 10.30 civarında, AQUA ise yerel saat ile 13.30 civarında Türkiye'nin üzerinden geçerler. Bu uydulardaki MODIS algılayıcısı bu geçişler sırasında tarama yaparak Türkiye için her güne ait iki tane yansıma bantlarında görüntü sağlamaktadır. Şekil 4.1'de MODIS'in birinci kanalına ait koordinatsız Türkiye görüntüsü ve şekil 4.2'de ise onun histogramı görülmektedir. Bu görüntüde piksellerin değerleri yansıtma cinsindendir. Görüntüde minimum yansıtma değeri 0.13207,maksimum yansıtma 1.167965 ve piksellerin ortalama yansıtması 0.166525 değerindedir.



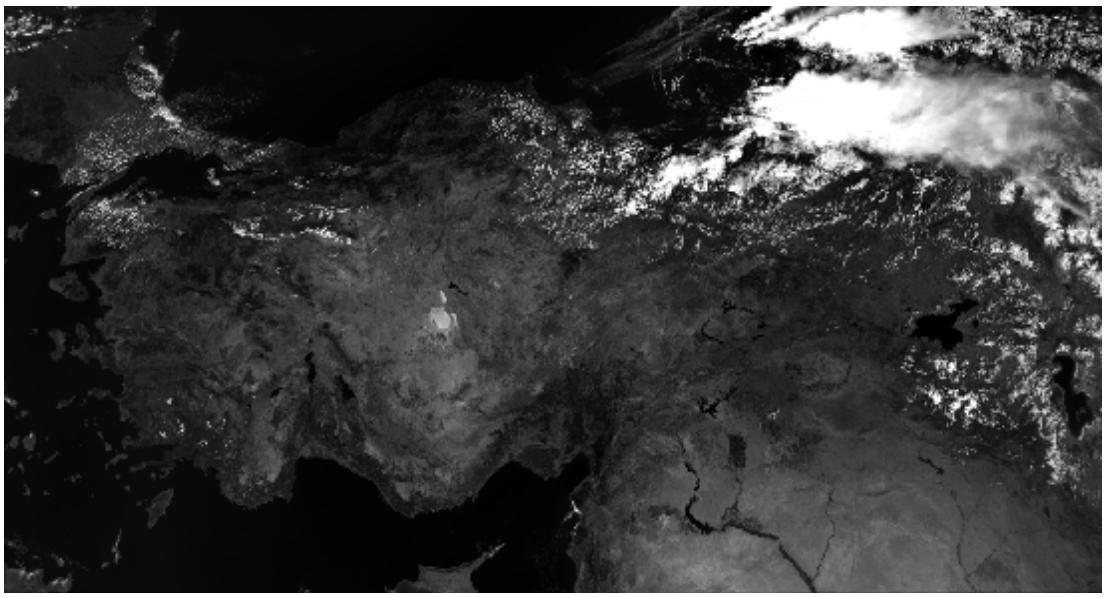
Şekil 4. 1. 30.08.2005 tarihli koordinatsız görüntü.



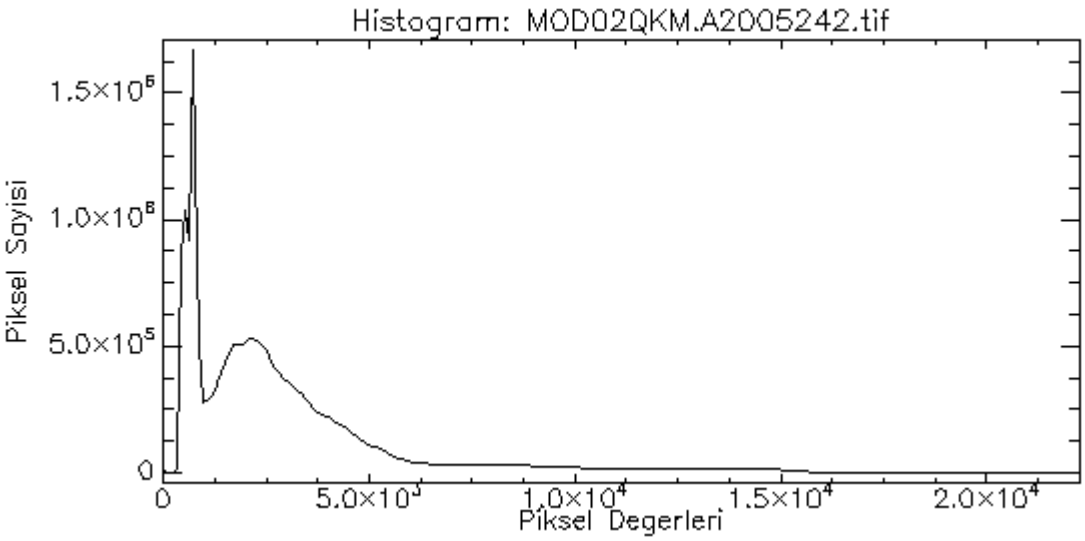
Şekil 4. 2. 30.08.2005 tarihli koordinatsız görüntünün histogramı.

İndirilen MODIS görüntüleri HEG programı kullanılarak Türkiye'nin tamamını içine alacak şekilde birleştirilmiş ve 25-46 doğu boylamları ile 35-43 kuzey enlemleri arasındaki bölge kesilerek koordinatlandırılması yapılmıştır. Koordinatlı görüntülerdeki piksellerden okunan bilgiler sayısal değerler (Digital Number)'dir.

Şekil 4.3'te koordinatlandırılmış görüntü ve şekil 4.4'te onun histogramı görülmektedir. Görüntüde minimum değer 0, maksimum değer 22286 ve piksellerin ortalaması 2924.827542 değerindedir.

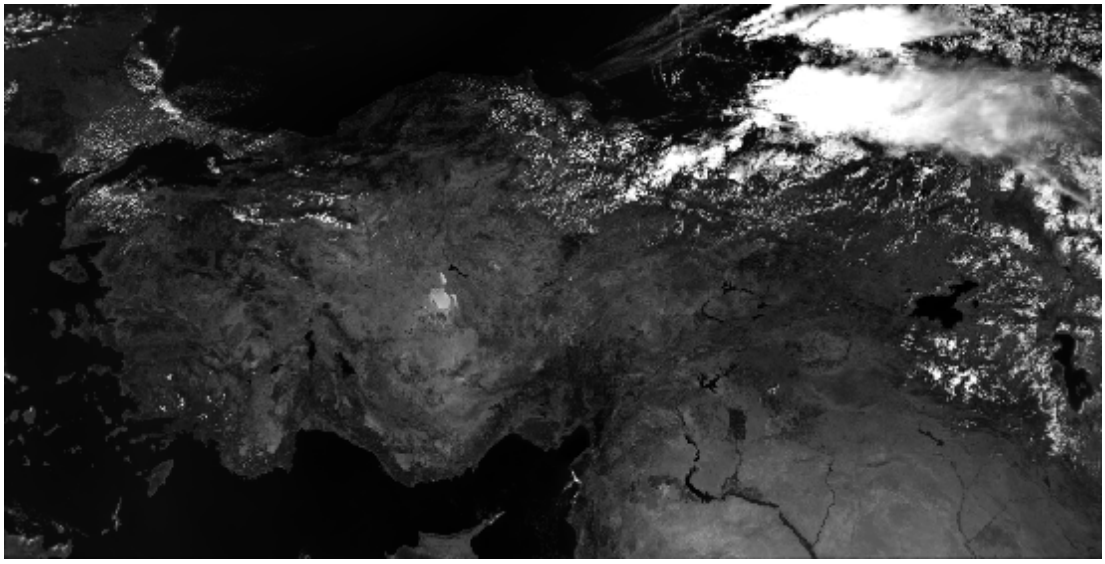


Şekil 4. 3. 30.08.2005 tarihli koordinatlandırılmış görüntü.

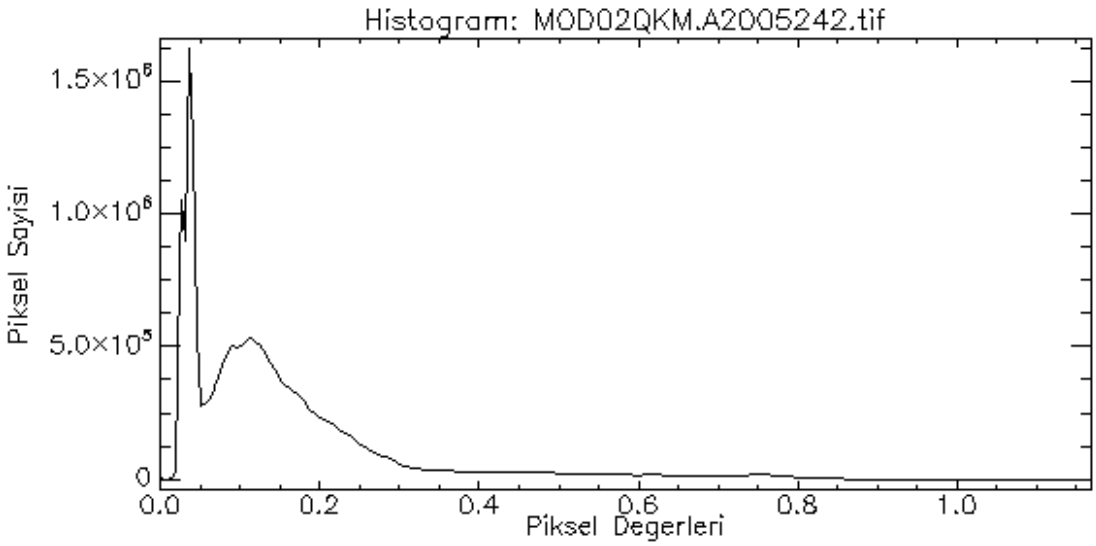


Şekil 4. 4. 30.08.2005 tarihli koordinatlandırılmış görüntünün histogramı.

Koordinatlandırılmış görüntüdeki piksellerin sayısal değerlerden yansıtma bilgisini elde etmek için tüm görüntüler yeniden ölçeklendirilmiş ve bu işlem her bir görüntüyü farklı sabit bir sayıyla çarpmaktan ibarettir. Şekil 4.3'teki görüntünün $5.2408*10^{-5}$katsayısıyla çarpılarak piksellerin değerini yansıtma cinsinden veren yeni görüntü şekil 4.5'te ve onun histogramı da şekil 4.6'da verilmiştir.

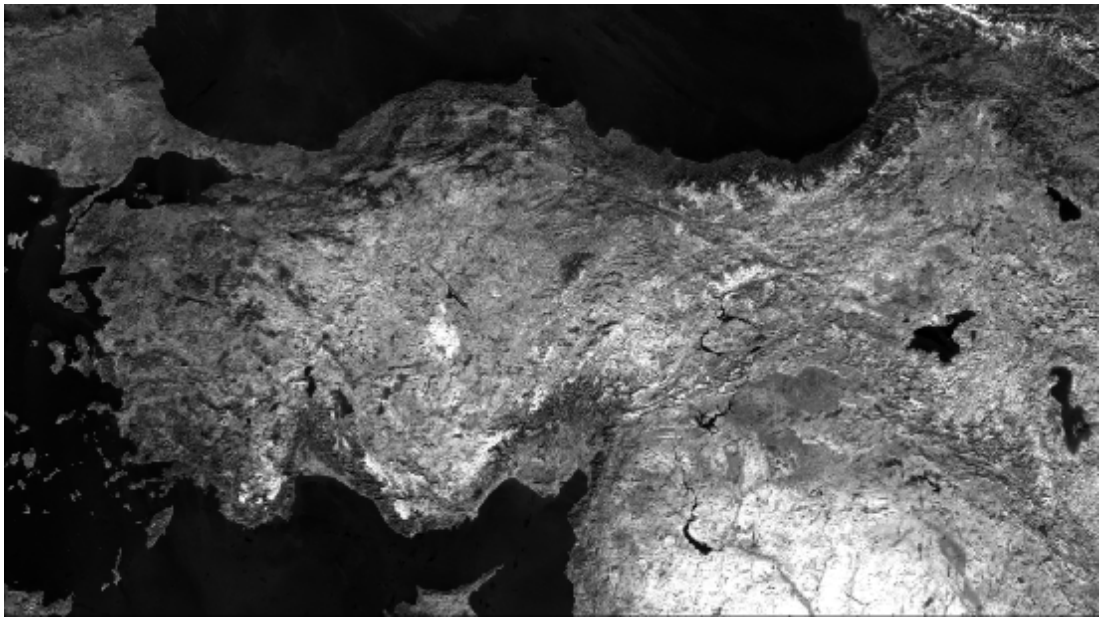


Şekil 4. 5. 30.08.2005 tarihli yeniden ölçeklendirilmiş görüntü.



Şekil 4. 6. 30.08.2005 tarihli yeniden ölçeklendirilmiş görüntünün histogramı.

İki yıllık tüm görüntülerin yeniden ölçeklendirilmesinden sonra bu görüntülerden aylık görüntü kümeleme yapılmıştır. Her 12 aylık dönem için görüntülerdeki minimum ve maksimum piksel değerlerinden oluşan yeni görüntüler oluşturulmuştur. Şekil 4.7 minimum değerli piksellerden ve şekil 4.8' de maksimum değerli piksellerden oluşturulan görüntüler ile şekil 4.9 ve şekil 4.10' da bu görüntülerin histogramları gösterilmektedir.

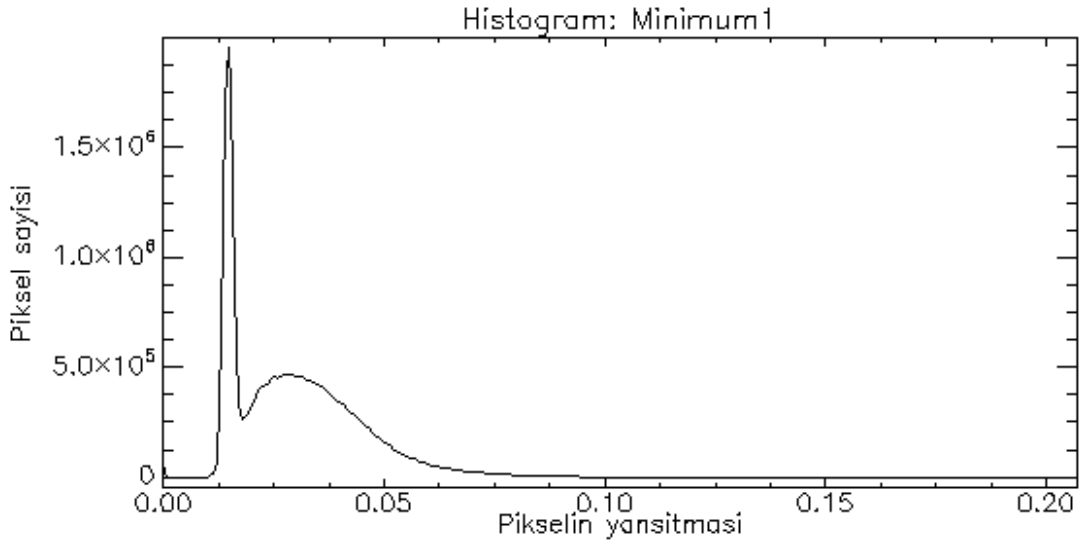


Şekil 4. 7. 2003 Kasım ayından, 2004 Kasım ayına kadar olan görüntülerden oluşturulan en küçük piksel değerli görüntü.

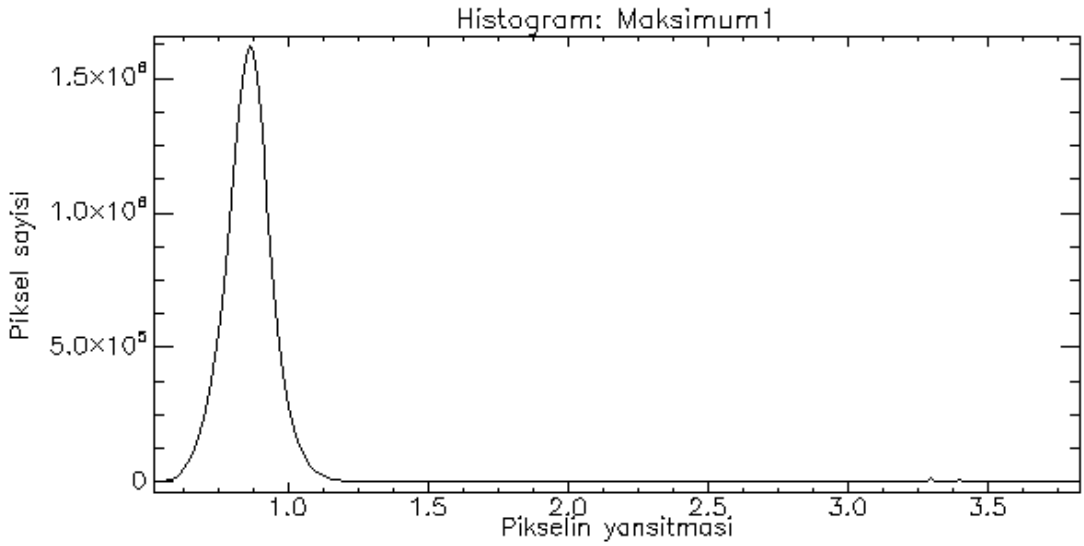


Şekil 4. 8. 2003 Kasım ayından, 2004 Kasım ayına kadar olan görüntülerden oluşturulan en büyük piksel değerli görüntü.

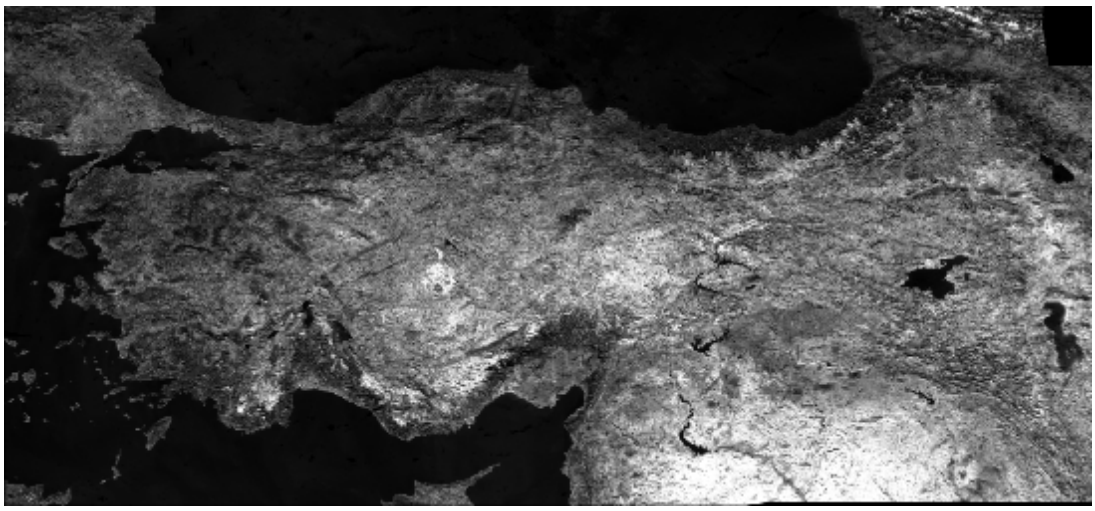
Bu görüntülerden birincisinde minimum değer 0, maksimum değer 0.206916 ve ortalama değer 0.029562 ikincisinde ise minimum değer 0.523707, maksimum değer 3.825053 ve ortalama değer 0.868414 ‘dür.



Şekil 4. 9. 2003 yılının Kasım ayından, 2004 Kasım ayına kadar olan görüntülerden oluşturulan en küçük piksel değerli görüntünün histogramı.



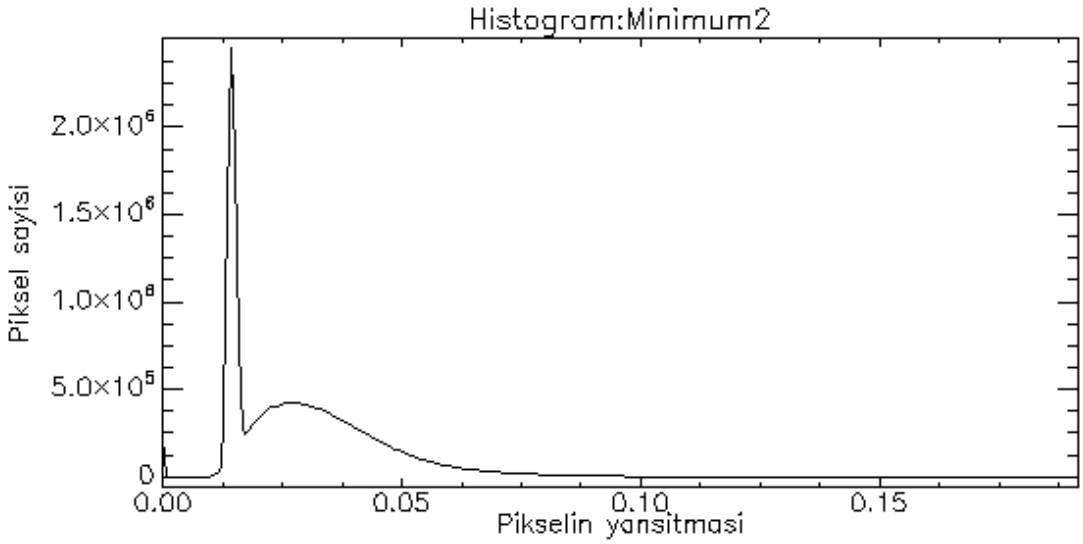
Şekil 4. 10. 2003 yılının Kasım ayından, 2004 Kasım ayına kadar olan görüntülerden en büyük piksel değerli görüntünün histogramı.



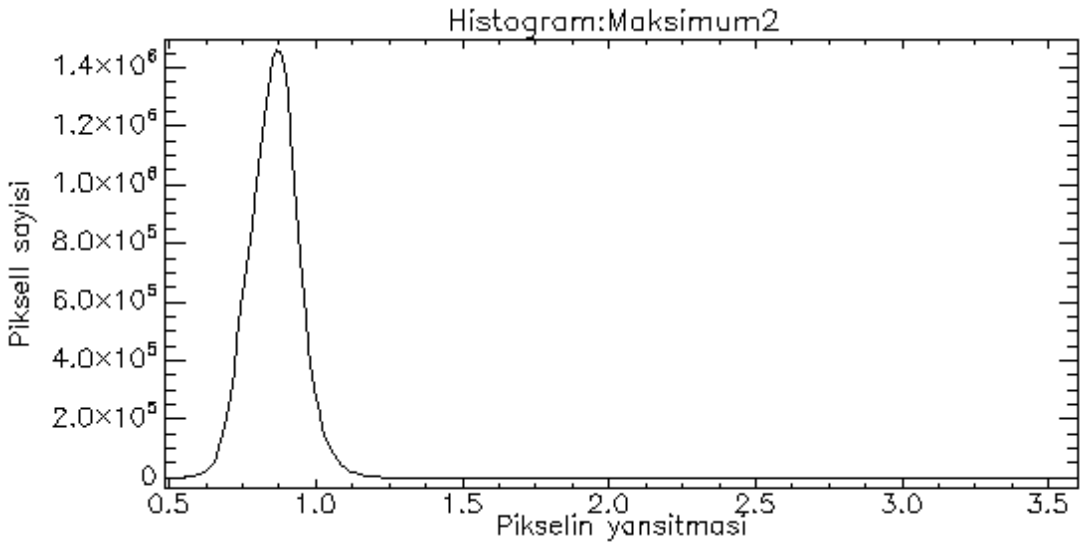
Şekil 4. 11. 2004 yılının Kasım ayından, 2005 Kasım ayına kadar olan görüntülerden oluşturulan en küçük piksel değerli görüntü.



Şekil 4. 12. 2004 yılının Kasım ayından, 2005 Kasım ayına kadar olan görüntülerden en büyük piksel değerli görüntü.

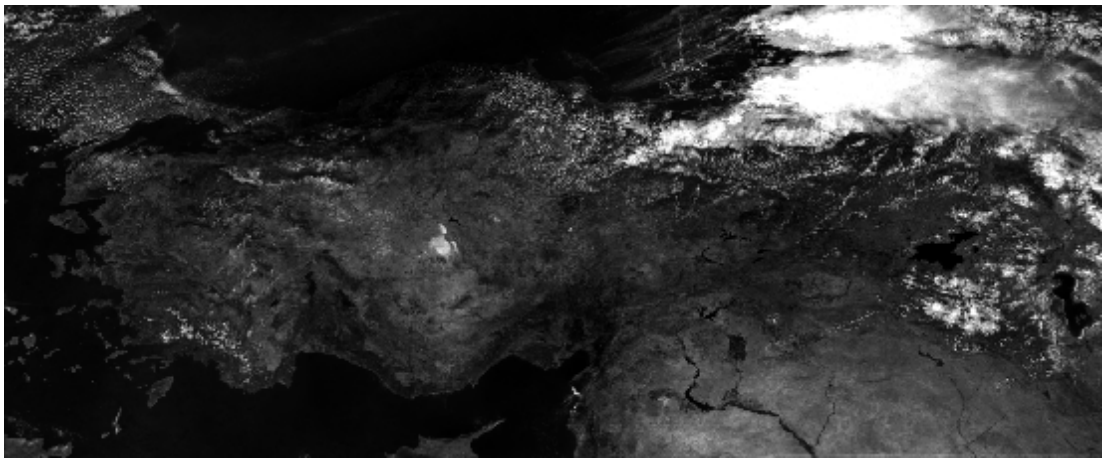


Şekil 4. 13. 2004 yılının Kasım ayından, 2005 Kasım ayına kadar olan görüntülerden en küçük piksel değerli görüntünün histogramı.

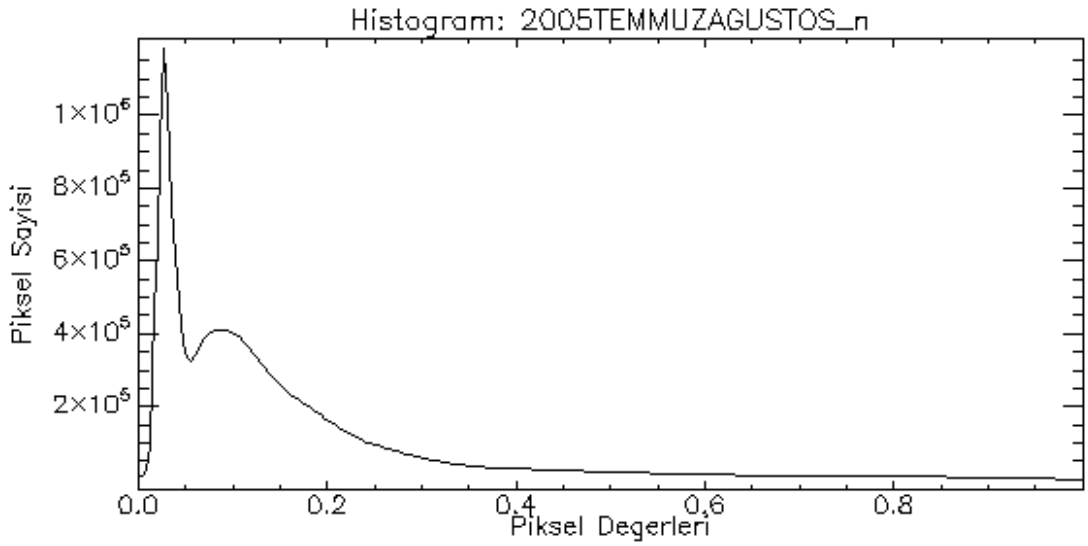


Şekil 4. 14. 2004 yılının Kasım ayından, 2005 Kasım ayına kadar olan görüntülerden en büyük piksel değerli görüntünün histogramı.

Önceki bölümde anlatılan metot kullanılarak iki yıllık dönemde her gün için biri Terra'dan diğeri Aqua'dan alınan görüntülerden iki tane günlük bulutluluk indeksi oluşturulmuştur. Daha sonra bu indekslerin ortalaması alınmıştır. Şekil 4.15 ortalama bulutluluk indeksine bir örnek olarak verilmiştir. Şekil 4.16 ise bu indeksin histogramını göstermektedir. Görüntüde minimum değer 0, maksimum değer 0.999988 ve ortalama değer 0.152284'dir.



Şekil 4. 15. 30.08.2005 tarihli görüntünün ortalama bulutluluk indeksi.



Şekil 4. 16. 30.08.2005 tarihli görüntünün ortalama bulutluluk indeksinin histogramı.

Bulutluluk indeksinin oluşturulmasından sonra DMİ'den alınan güneşlenme süresi verileri kullanılarak Türkiye'deki 10 şehir için güneşlenme süresi ile bulutluluk indeksi arasındaki ilişkiyi veren katsayılar belirlenmiştir. Bu katsayılardan bir kısmı bazı iller için aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4. 1. 2004 yılına ait Ankara ili için bulunan katsayılar.

Aylar	a	b	R^2
Ocak	0.596	-0.863	0.677
Şubat	0.695	-0.819	0.686
Mart	0.868	-0.951	0.845
Nisan	0.837	-0.968	0.868
Mayıs	0.848	-0.893	0.536
Haziran	0.882	-0.832	0.688
Temmuz	0.963	-0.776	0.706

Çizelge 4. 2. 2004 yılına ait İzmir ili için bulunan katsayılar.

Aylar	a	b	R^2
Ocak	0.684	-0.897	0.617
Şubat	0.790	-1.100	0.793
Mart	0.882	-1.107	0.643
Nisan	0.754	-0.893	0.571
Mayıs	0.882	-0.957	0.897
Haziran	0.889	-0.688	0.705
Temmuz	--	--	--

Çizelge 4. 3. 2004 yılına ait İstanbul ili için bulunan katsayılar.

Aylar	a	b	R^2
Ocak	0.461	-0.621	0.599
Şubat	0.709	-0.944	0.757
Mart	0.728	-0.848	0.665
Nisan	0.688	-0.864	0.687
Mayıs	0.808	-0.924	0.766
Haziran	0.826	-0.789	0.736
Temmuz	0.860	-0.452	0.604

Çizelge 4. 4. 2004 yılına ait Samsun ili için bulunan katsayılar.

Aylar	a	b	R^2
Ocak	0.699	-0.882	0.749
Şubat	0.578	-0.695	0.559
Mart	0.749	-0.946	0.798
Nisan	0.770	-0.901	0.731
Mayıs	0.690	-0.864	0.719
Haziran	0.760	-0.889	0.817
Temmuz	0.839	-0.870	0.888

Çizelge 4. 5. 2004 yılına ait Van ili için bulunan katsayılar.

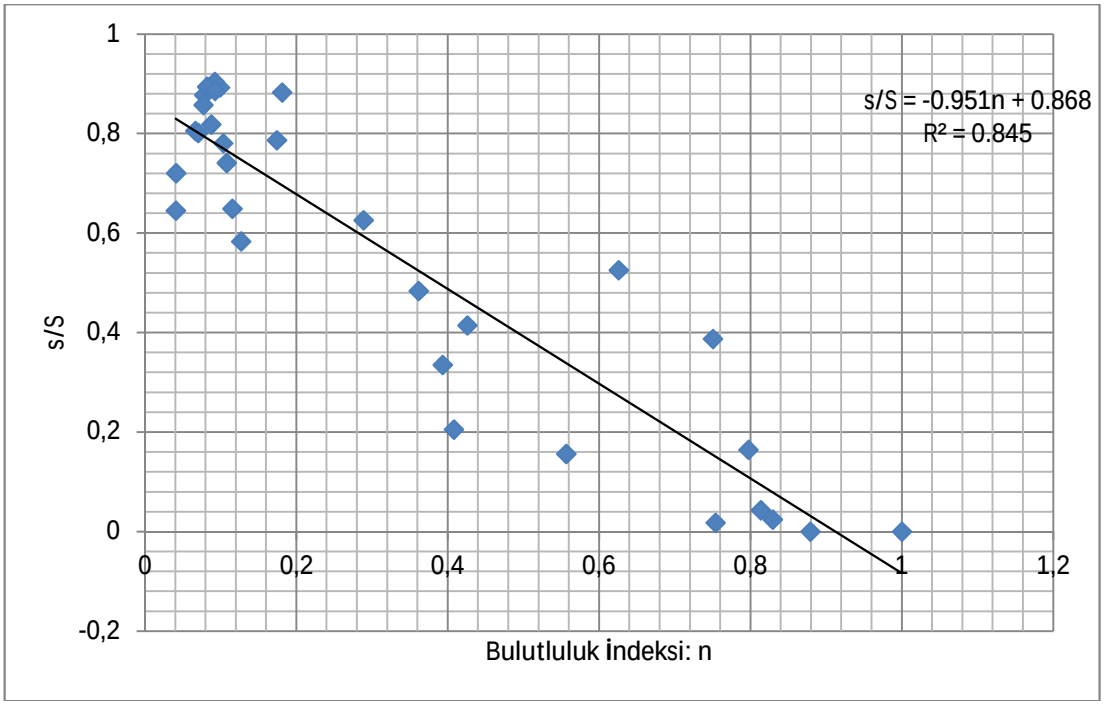
Aylar	a	b	R^2
Ocak	0.835	-0.815	0.541
Şubat	0.749	-0.743	0.532
Mart	0.923	-1.159	0.781
Nisan	0.865	-0.935	0.657
Mayıs	0.796	-0.728	0.595
Haziran	0.913	-0.423	0.614
Temmuz	0.981	-0.769	0.791

Çizelge 4. 6. 2004 yılına ait Şanlıurfa ili için bulunan katsayılar.

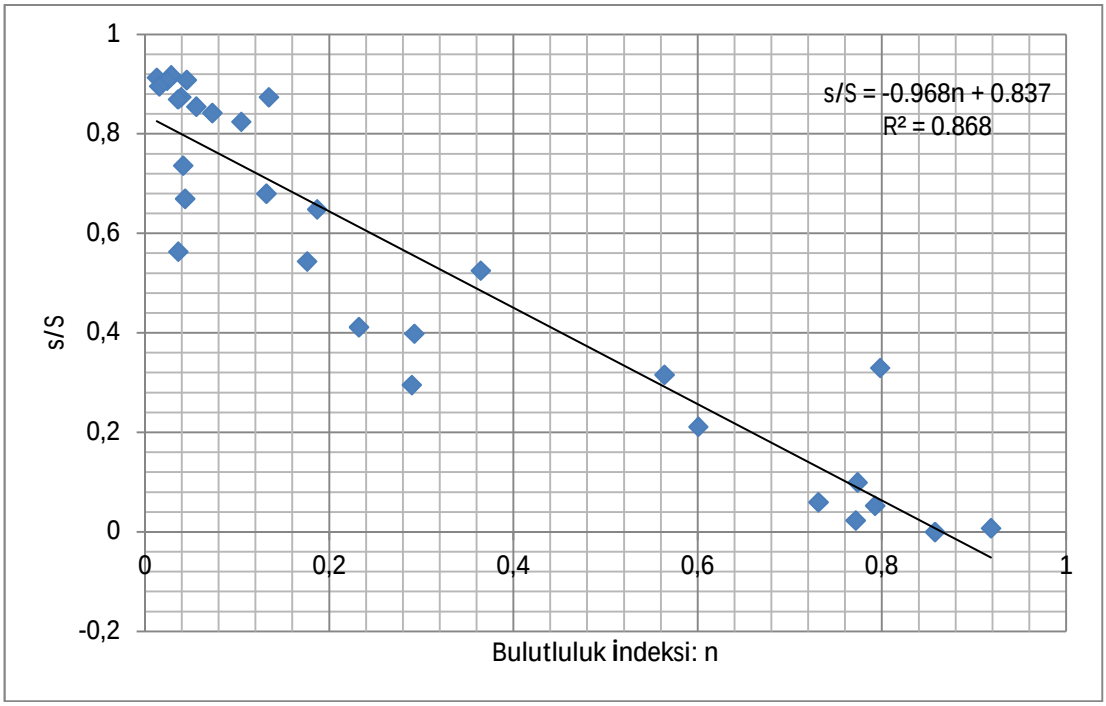
Aylar	a	b	R^2
Ocak	0.580	-0.752	0.637
Şubat	0.668	-0.785	0.717
Mart	0.817	-0.958	0.671
Nisan	0.774	-0.830	0.656
Mayıs	0.868	-0.741	0.657
Haziran	--	--	--
Temmuz	0.916	-0.288	0.653

Referans olarak belirlenen 10 istasyondan herhangi biri için bulunan a ve b katsayıları o istasyon çevresindeki güneşlenme süresini tahmin etmek için

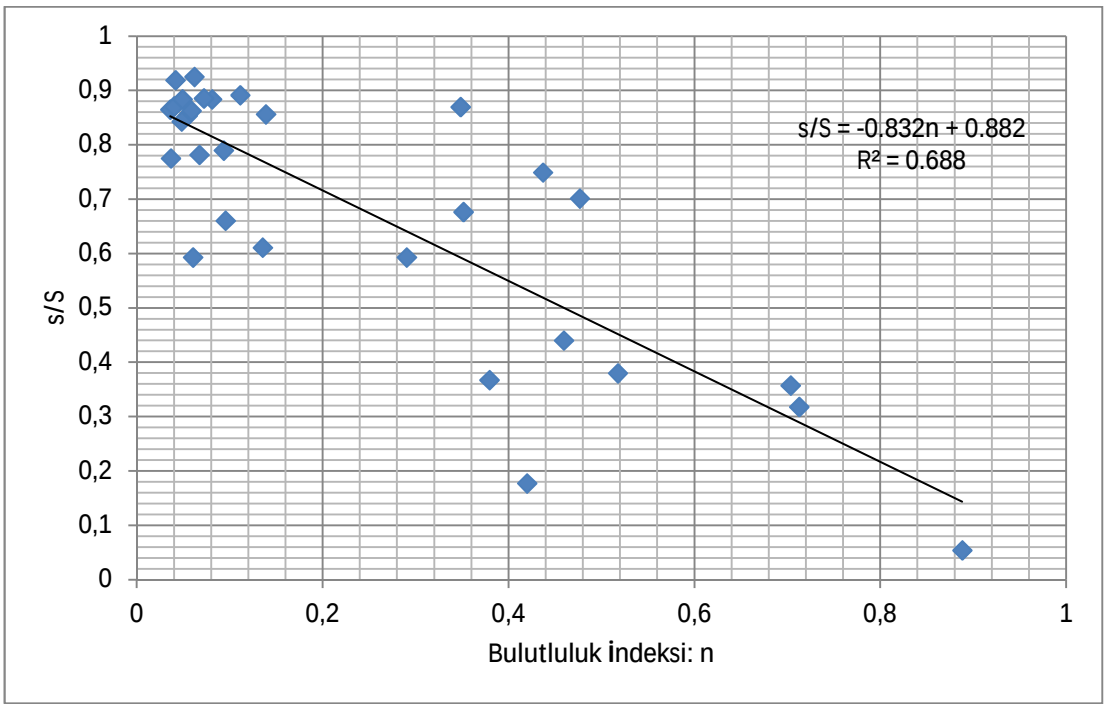
kullanılmıştır. Çizelgelere bakıldığında bazı aylarda bazı istasyonlar için ilişki katsayıları belirlenememiştir. Bunun bir nedeni hesaplanan bulutluluk indeksi ile yer ölçümü arasındaki uyumsuzluk ve bir diğer nedeni de bir ay boyunca ilgilenilen bölgenin bulutsuz olmasıdır. Ayrıca b katsayısı bulut miktarıyla ters orantılı değişmektedir. Bulutla kaplılığın yüksek olduğu kış aylarında b en küçük değerlerini almaktadır. Aşağıdaki grafikler Ankara ili için nispi güneşlenme süresi ile bulutluluk indeksi dağılımını göstermektedir.



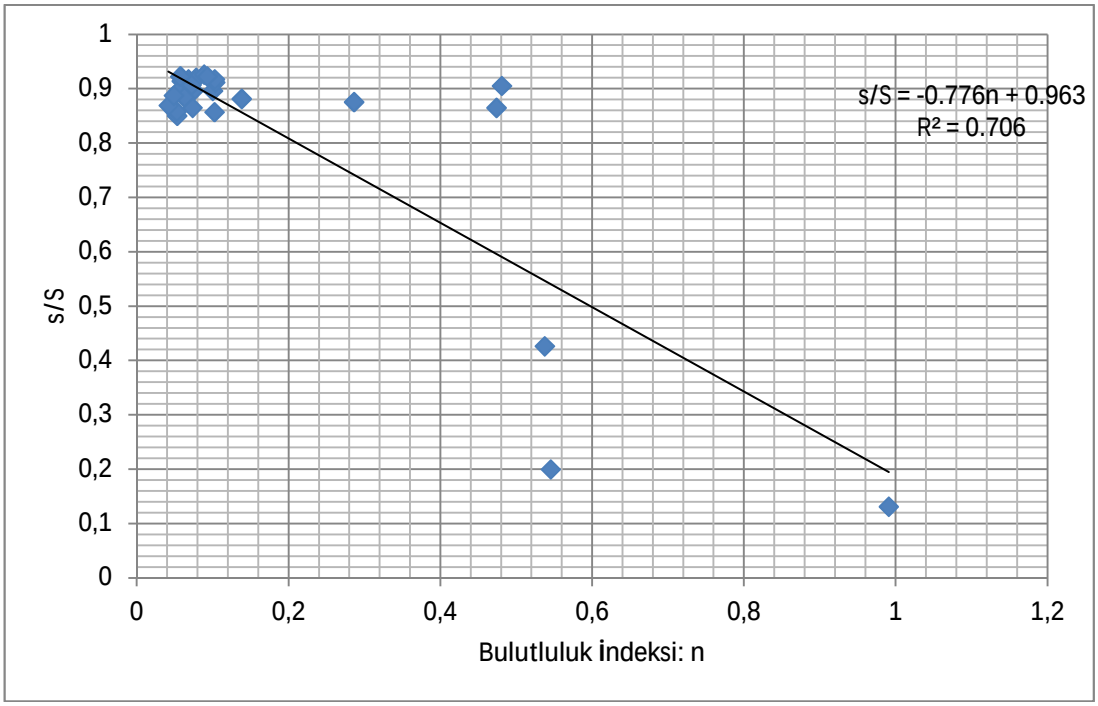
Şekil 4. 17. 2004 Mart Ayı.



Şekil 4. 18. 2004 Nisan Ayı.

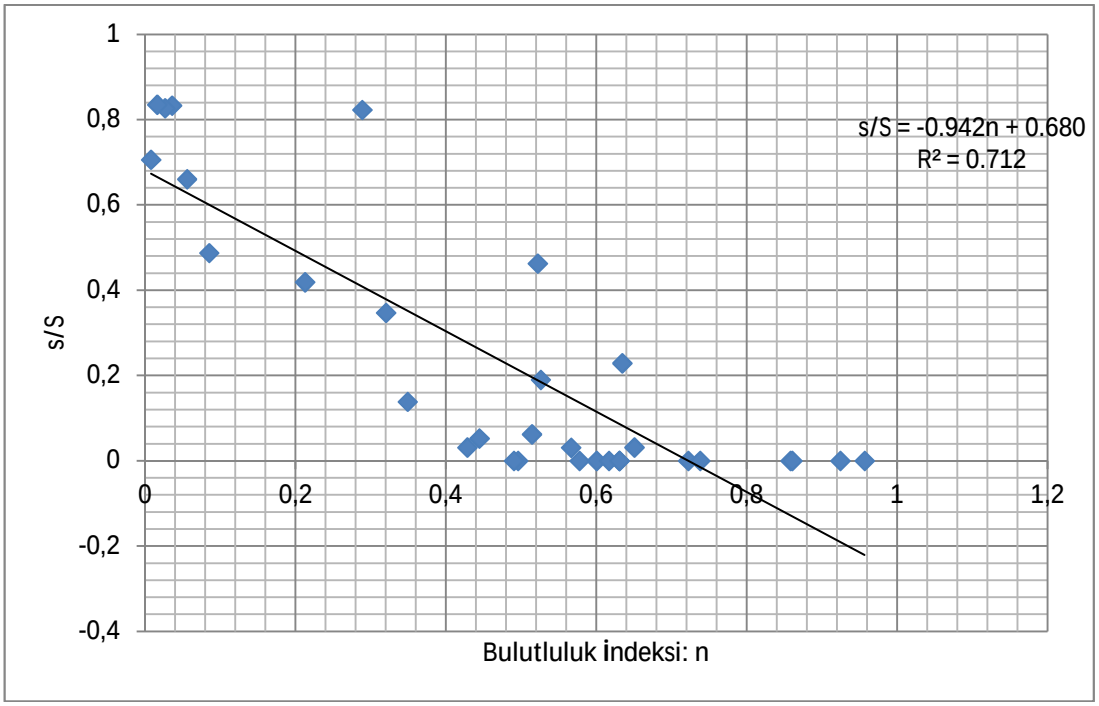


Şekil 4. 19. 2004 Haziran Ayı.

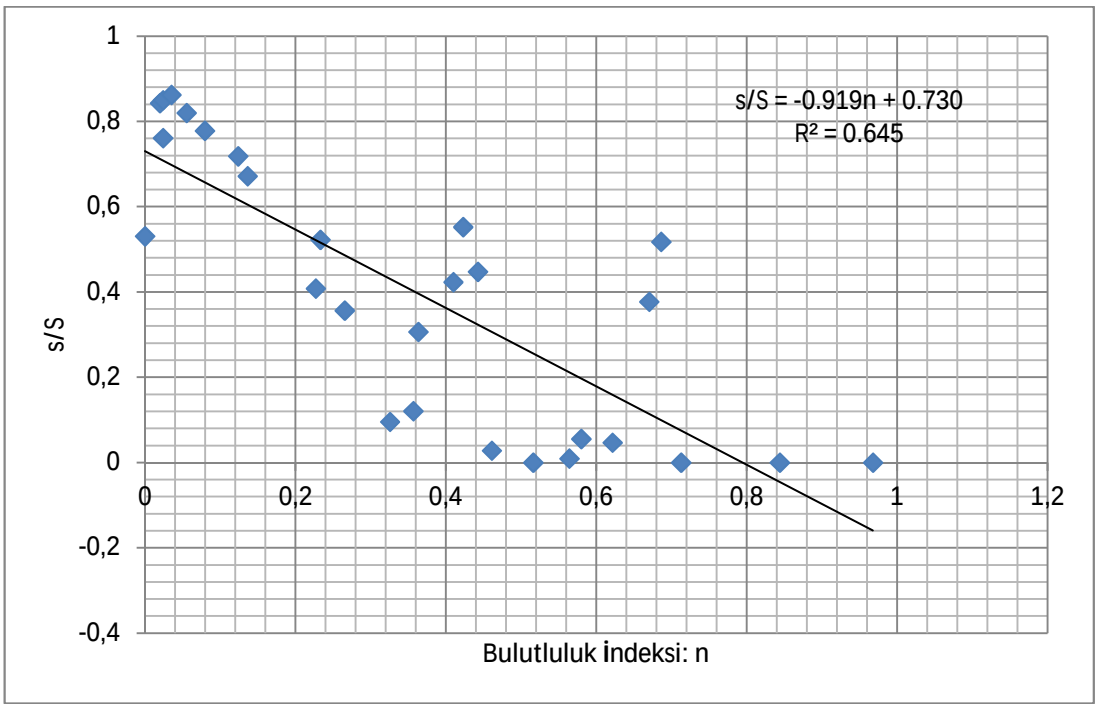


Şekil 4. 20. 2004 Temmuz Ayı.

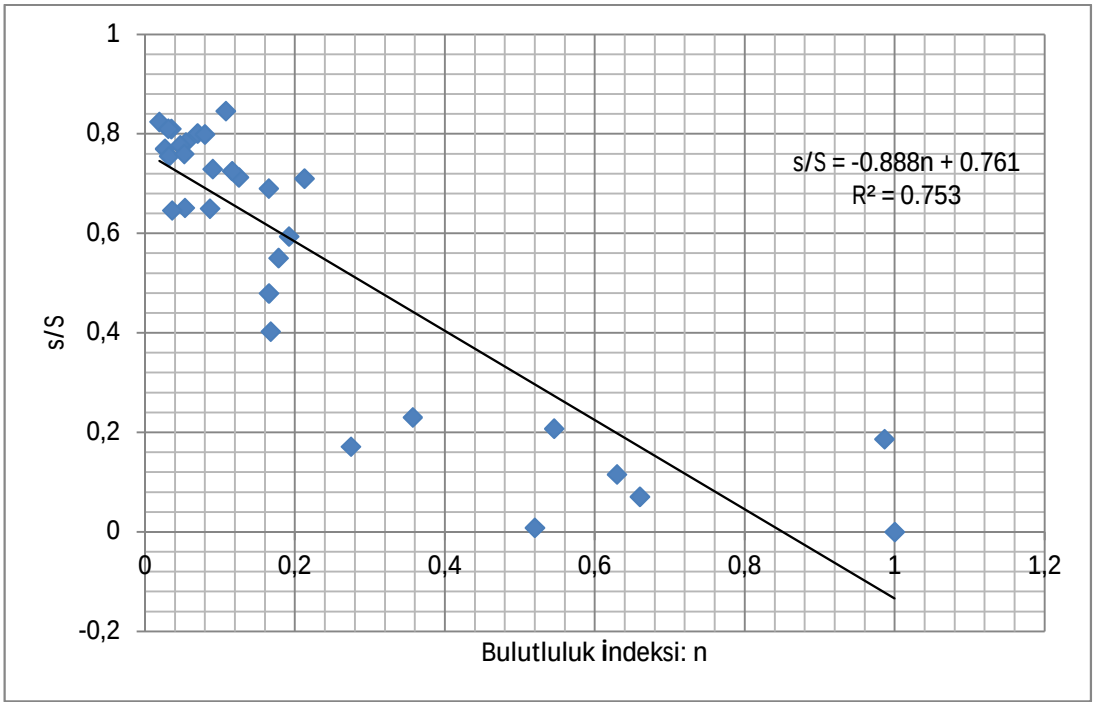
R^2 değerinin 0.50 üzerinde olması değişkenler arasında güçlü doğrusal ilişki olduğu anlamına gelmektedir. Buradaki grafiklere bakıldığında R^2 0.50'den çok yüksek değerler almaktadır ve hesaplanan bulutluluk indeksi ile yer istasyonundan ölçülen güneşlenme süresi arasındaki negatif doğrusal ilişkinin çok yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Aşağıdaki grafikler Adana ili için nispi güneşlenme süresi ile bulutluluk indeksi dağılımını göstermektedir.



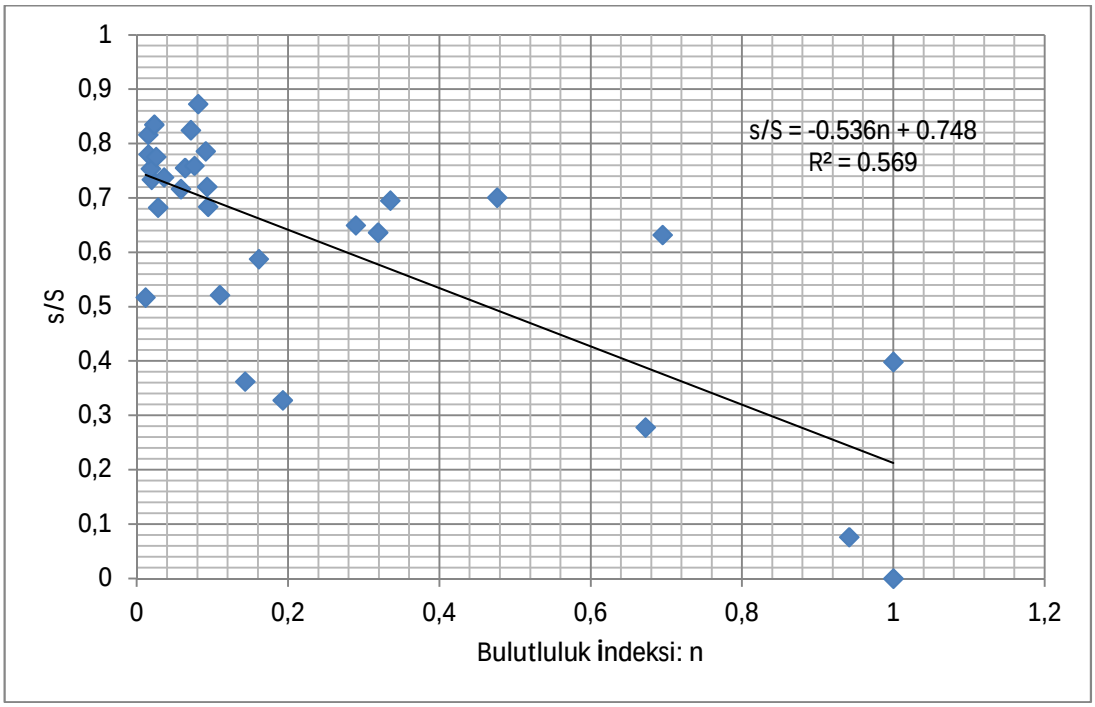
Şekil 4. 21. 2004 Ocak Ayı.



Şekil 4. 22. 2004 Şubat Ayı.



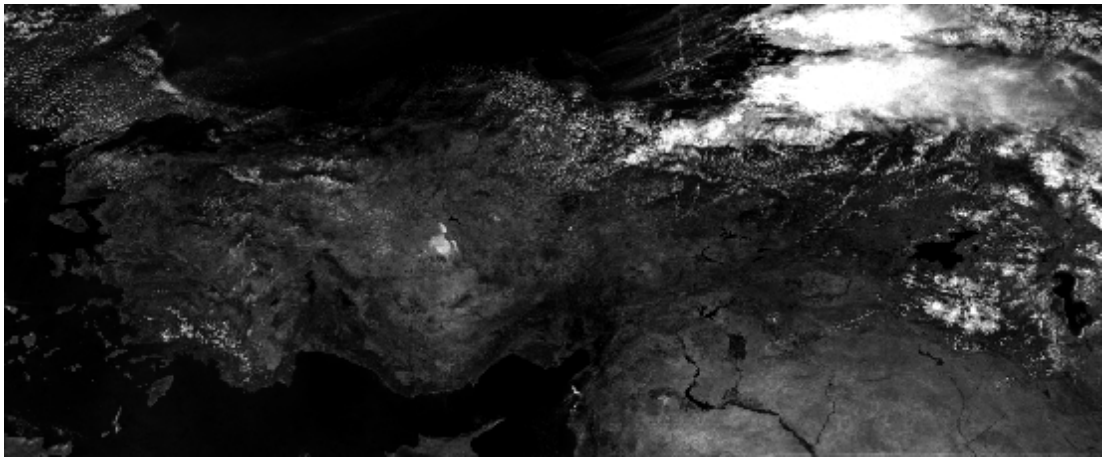
Şekil 4. 23. 2004 Mart Ayı.



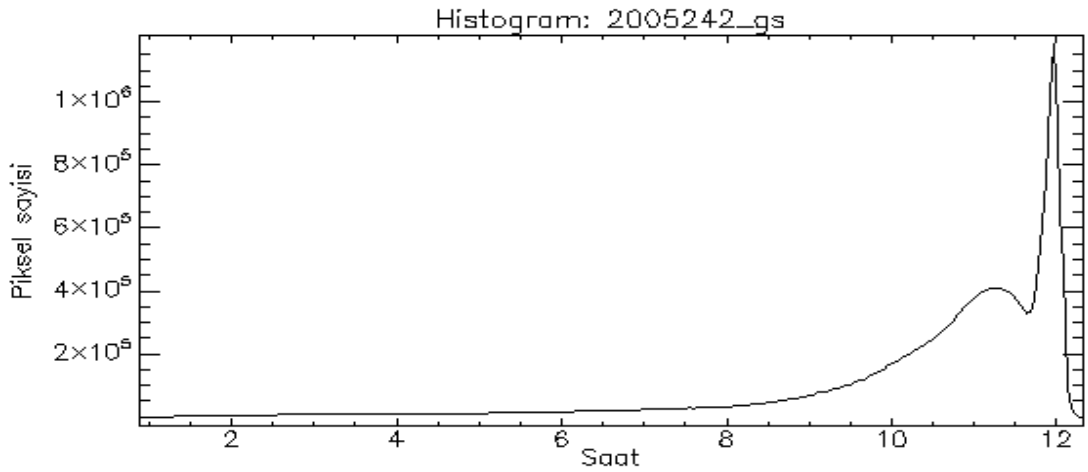
Şekil 4. 24. 2004 Nisan Ayı.

Grafiklere bakıldığında bulutluluk indeksi ile güneşlenme süresi arasındaki ilişki oldukça güçlüdür. Fakat bazı uydu değerleri ile yer değerleri arasında uyumsuzluk vardır. Bu kötü değerlerin olmaması veya giderilebilmesi halinde ilişkiyi veren katsayılar daha güçlü olacaktır ve buda yapılan tahminin doğruluğunu yükseltecektir.

Tüm Türkiye'nin güneşlenme süresini tahmin etmek için on ilin bulutluluk indeksleri ve nispi güneşlenme süresi verileri kullanılarak aylık katsayılar bulunmuştur. Bu katsayılar kullanılarak güneşlenme süresi günlük ve aylık ortalama olarak hesaplanmıştır. Oluşturulan günlük güneşlenme süresine örnek görüntü ve onun histogramı şekil 4.25 ve 4.26'de verilmiştir. Bu histogramda minimum değer 0.8840, maksimum değer 12.1554 ve ortalama değer 10.5756'dır.



Şekil 4. 25. 30.08.2005 tarihli güneşlenme süresini veren görüntü.



Şekil 4. 26. 30.08.2005 tarihli görüntünün histogramı

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada MODIS algılayıcısının MOD02QKM ve MYD02QKM ürünleri kullanılarak Türkiye için bulutluluk ile güneşlenme süresi arasındaki istatistiksel ilişki araştırılmıştır. DMİ' den alınan güneşlenme süresi verileri ile uydu görüntülerinden hesaplanan bulutluluk indeksleri karşılaştırılarak Türkiye' deki farklı bölgeleri temsil eden 10 istasyon (Adana, Ankara, Antalya, Erzurum, İstanbul, İzmir, Samsun, Sivas, Şanlıurfa ve Van illeri) için aradaki istatistiksel ilişkiyi veren katsayılar her istasyon için aylık olarak belirlenmiştir. Metot kısmında da bahsedildiği gibi güneşlenme süresi ile bulutluluk indeksi arasındaki bu ilişki doğrusaldır. Yapılan çalışmada da elde edilen verilir bu ilişkiyi desteklemiştir.

10 istasyon için bulunan katsayılardan herhangi bir İl'e ait katsayılar kullanılarak o il ve çevresi için günlük toplam ve aylık ortalama güneşlenme süresi tahmin edilmiştir. Bu katsayılardan b kış aylarında başka bir ifadeyle bulutluluğun fazla olduğu dönemlerde küçük değerler alırken, en büyük değerlerini ise bulutluluğun en az olduğu yaz aylarında almaktadır. Diğer katsayı a ise b gibi bulutsuz aylarda büyük, bulutlu aylarda küçük değerler almaktadır. Katsayıların bu şekilde değişmesi bulutluluk indeksi ile güneşlenme süresinin ters orantılı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu katsayılar kullanılarak 24 ay için Türkiye'nin güneşlenme süresi günlük toplam ve aylık ortalama olarak tahmin edilmiştir. 2004 Eylül ayı için yapılan tahmine ait değerler çizelge 5.1'te veriliştir. Çizelge 5.2'de ise 2006 yılında Kandırmaz'ın yaptığı çalışmanın sonuçlarından bazı değerler verilmiştir. Tablo incelendiğinde ve önceki çalışmaların sonuçları göz önüne alındığında bu değerler oldukça iyidir. Yapılan bütün tahminler aynı oranda başarı göstermemektedir. Örneğin kış aylarını temsil eden katsayılardan a ve b'nin çok küçük değerler alması yapılan tahminin hata miktarını artırmaktadır. Bunun nedeni etkisi küçük ölçüde olsa da bazı aylara ait yer verisinin eksik ve hatalı olması ile uydu görüntülerinin az olmasıdır. Bu iki unsur dışında, asıl önemli olan Türkiye'nin geniş bir alan kaplaması ve ikliminin çok değişken olmasıdır.

Kullanılan uydu günde iki kere algılama yaptığı için günün tamamı o iki görüntü üzerinden değerlendirilmiştir. Oysa bu iki görüntü günün belirli saatlerini

temsil etmektedir. Özellikle bahar aylarında bulut hareketleri çok kısa bir sürede çok hızlı değişim gösterdiği için görüntülerin az oluşu bu çalışma için büyük bir dezavantaj oluşturmuştur. Yer sabit yörüngeli uyduların bir bölgeye ait zamansal çözünürlüğü yüksek veri sağlamaları bu dezavantajı ortadan kaldıracaktır ve modelin başarısını artıracaktır.

Çizelge 5. 1. 2004 Eylül ortalama güneşlenme Süresi-Saat/Gün

	Afyon	Adana	Eskişehir	Kars	Kayseri	Konya	Malatya	Balıkesir
Yer Ölçümü	9.093	9.383	9.837	9.003	10.060	10.643	11.127	8.993
Tahmin	9.695	9.994	9.657	9.808	10.259	9.371	9.659	9.652
MBE	0.602	0.611	0.180	0.805	0.199	1.272	1.468	0.659
RMSE	1.442	0.899	1.106	1.983	0.804	1.500	1.576	1.547

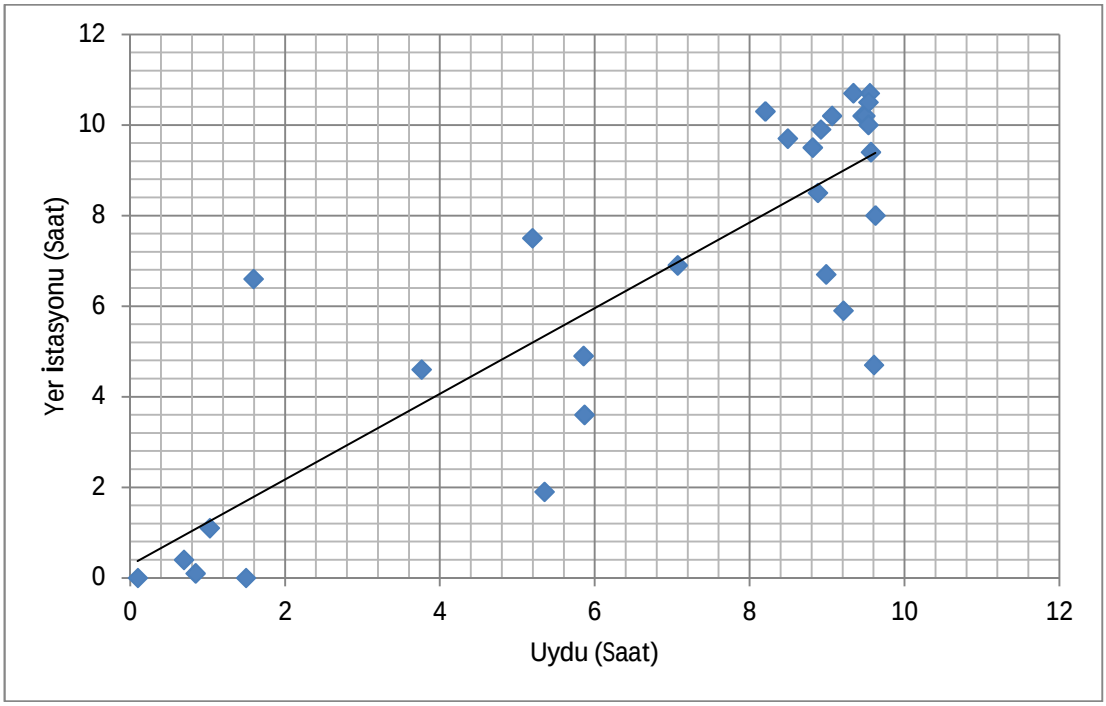
Çizelge 5. 2. 1997 Eylül ortalama güneşlenme Süresi-Saat/Gün (Kandırmaz, 2006)

	Afyon	Antalya	Eskişehir	Kars	Kayseri	Diyarbakır	Malatya	Balıkesir
Yer Ölçümü	10.47	10.14		7.01	8.57	10.15	10.01	
Tahmin	9.48	9.44		6.38	9.46	9.68	9.42	
MBE	0.99	0.70		0.63	0.89	0.47	0.59	
RMSE	1.33	1.44	0.4252	1.60	1.43	1.13	1.63	0.843

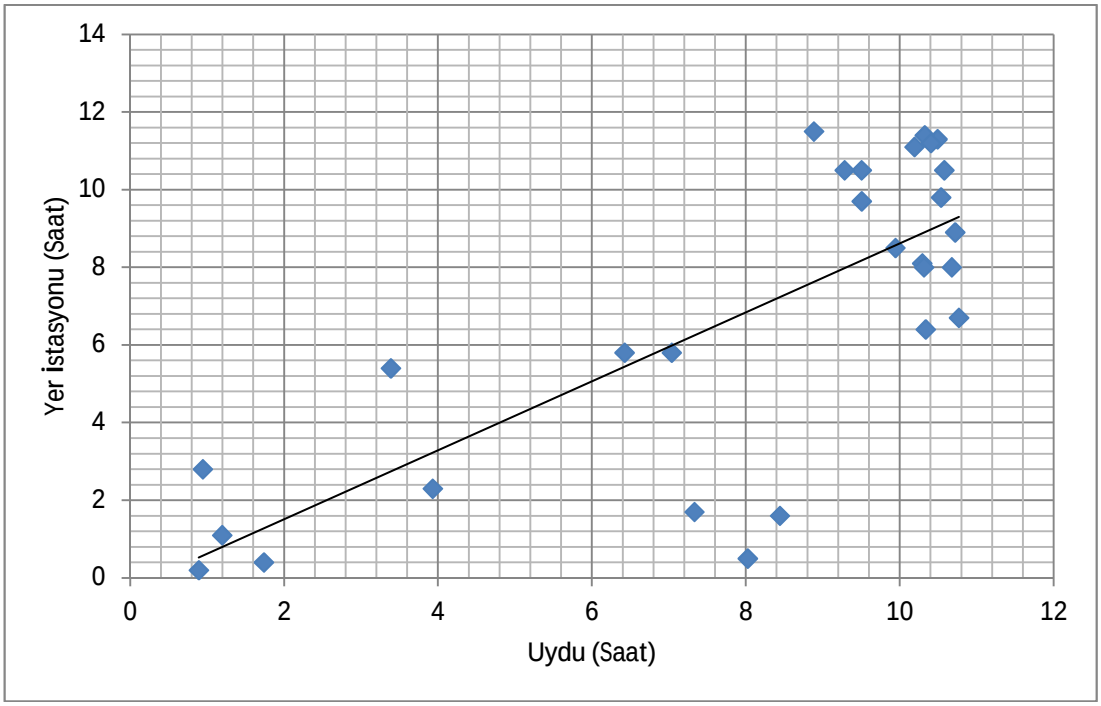
Yapılan tahminleri olumsuz etkileyen faktörlerden biriside bulut türleridir. Uydu görüntüleri bir pikseli yüksek oranda bulutlu gösterirken yer istasyonu da yüksek güneşlenme süresi ölçmektedir. Bunun tersi de olabilir yani uydu verisi pikseli bulutsuz gösterirken yer ölçümü düşük güneşlenme ölçebilir. Bunun nedeni yer ölçümlerinin noktasal yani istasyon bazlı ve uydunun yersel çözünürlüğünün düşük olmasıdır. Zaman zaman uydu verisinde ilgilenilen piksel ile yer istasyonunda ölçüm yapan aletin koordinatlarının bire bir çakışmaması bulutluluk indeksi değerlerinin ve yerde yapılan güneşlenme süresi ölçümlerinin birbirine zıt olmasına sebep olabilmektedir. Böyle bir hata olmaması için uydu görüntüsünden oluşturulan bulutluluk indekslerinde dokuz pikselin değerlerinin ortalaması alınmıştır.

Türkiye bulunduğu coğrafi konum nedeniyle iklimi bölgeden bölgeye çok değişkenlik göstermektedir. Uydunun kayıt yaptığı bir anda bulutlu ve açık hava birlikte var olmaktadır. Türkiye'de her hangi bir mevsimde homojen bir görüntü yakalamak mümkün değildir. Homojen olmayan böyle bir alan için genel bir katsayı oluşturmak doğru sonuç vermeyecektir.

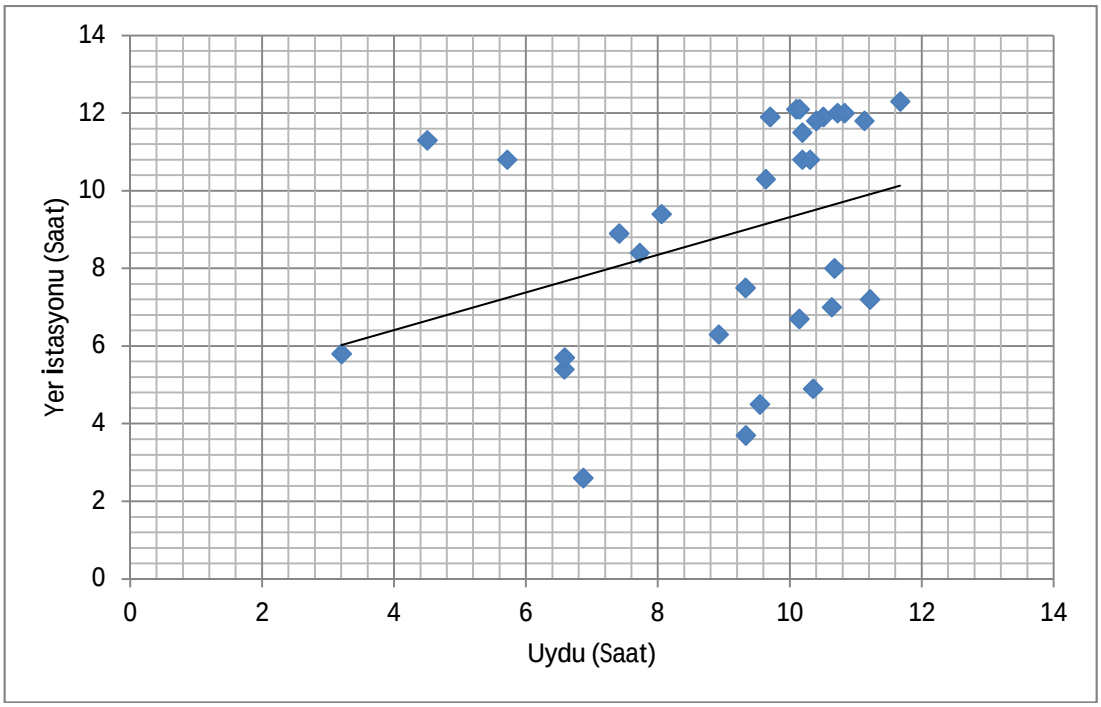
Aşağıdaki şekillerde Ankara ili için bulunan katsayılar kullanılarak Eskişehir için tahminde bulunulmuştur. Grafiklere bakıldığında genel olarak değerler iyidir fakat bazı günlere ait tahminlerde hata oranı yüksektir. Bunun nedeni ise bulutluluğun bölgesel olmasıdır yani Ankara bulutlu iken Eskişehir'de hava açıktır veya buna ters olarak Ankara açık iken Eskişehir kapalıdır. Yapılan tahminlerin doğruluğunu artırmak için her il için ayrı ayrı katsayılar oluşturulup ve o il için kullanılmalıdır. Hatta yüz ölçümü büyük şehirler birden fazla bölgelere ayrılıp daha küçük alanlar için tahmin yapmak daha başarılı sonuçlar verecektir.



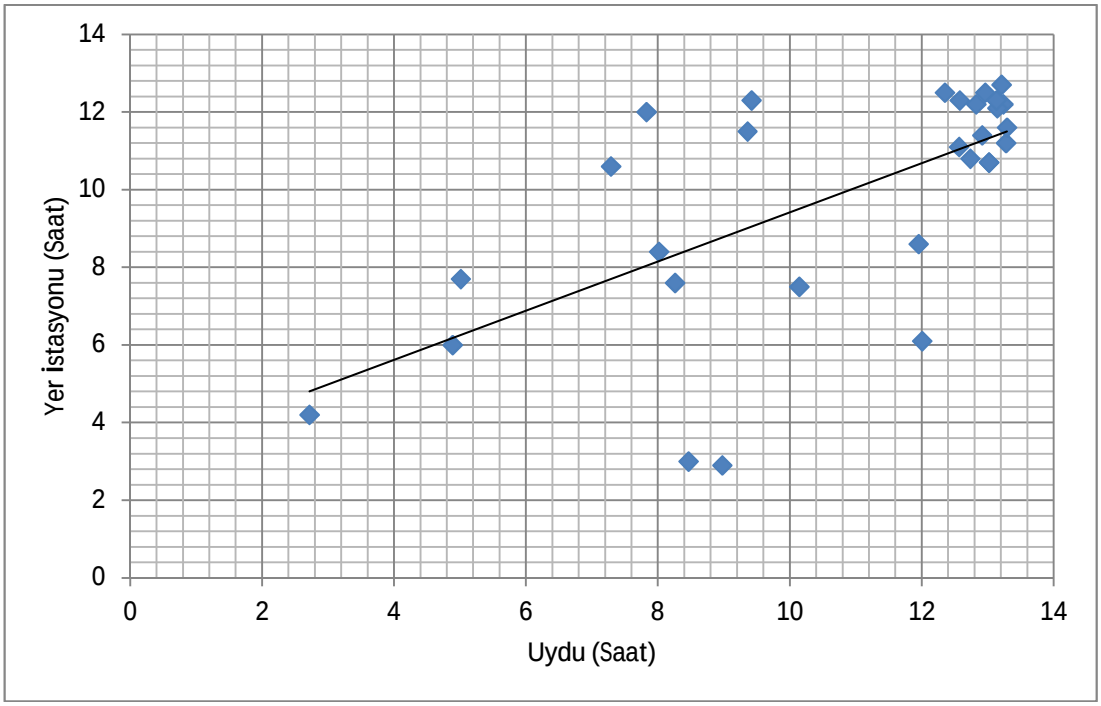
Şekil 5. 1. 2004 Mart.



Şekil 5. 2. 2004 Nisan.

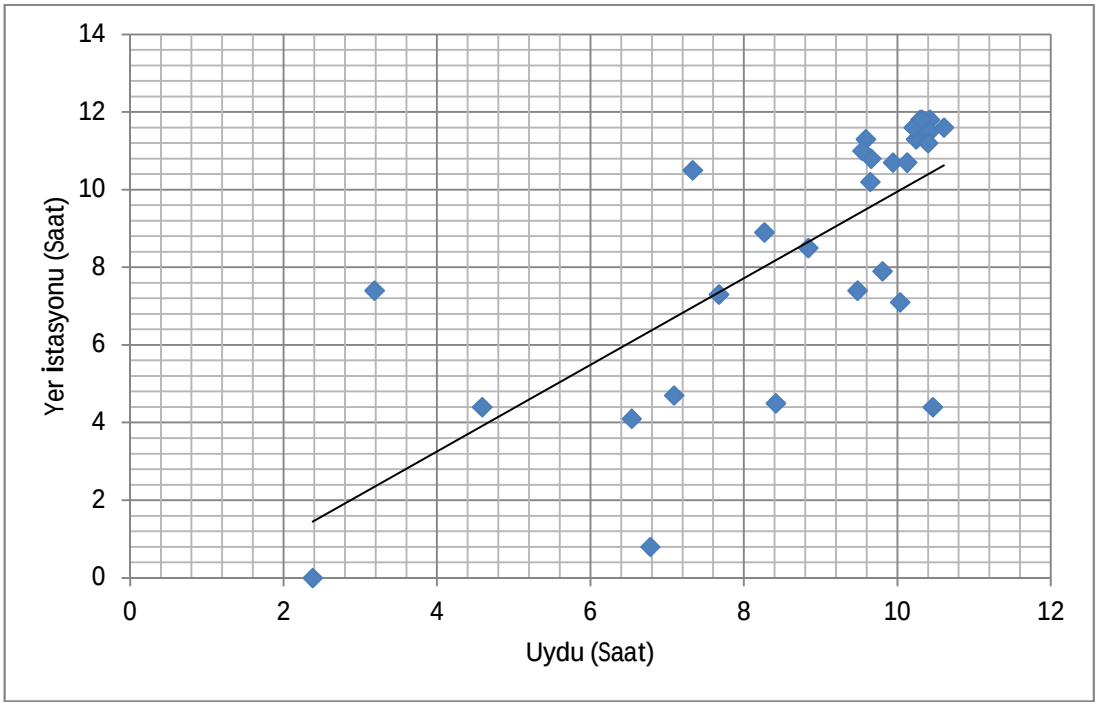


Şekil 5. 3. 2004 Mayıs.

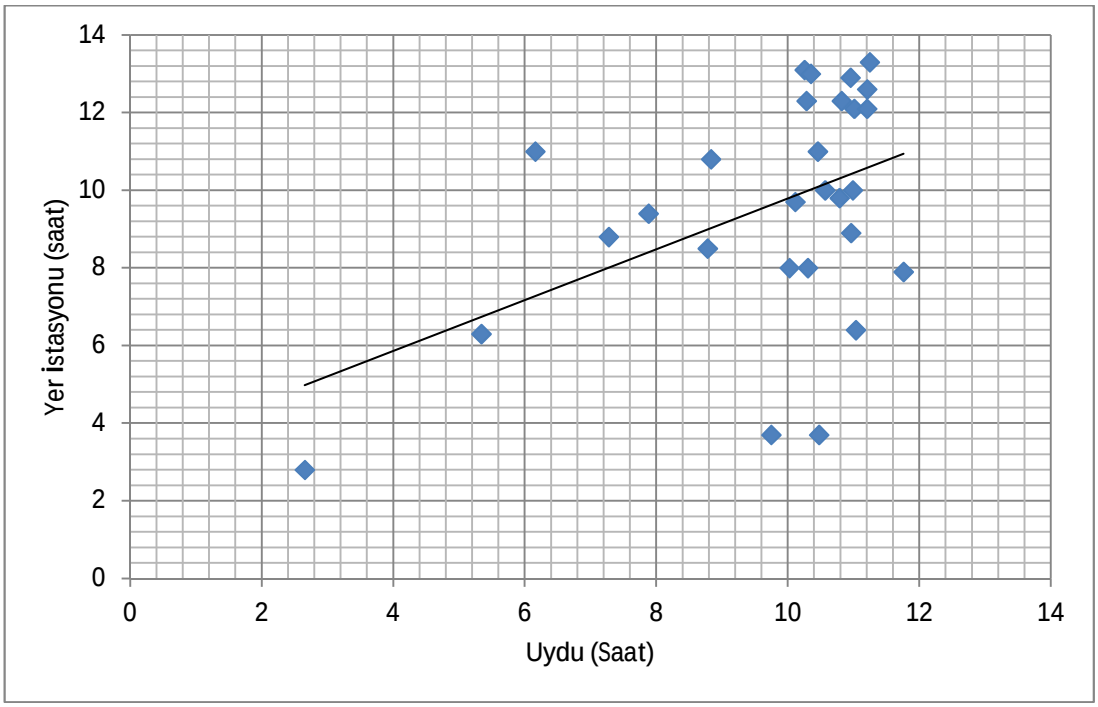


Şekil 5. 4. 2004 Haziran.

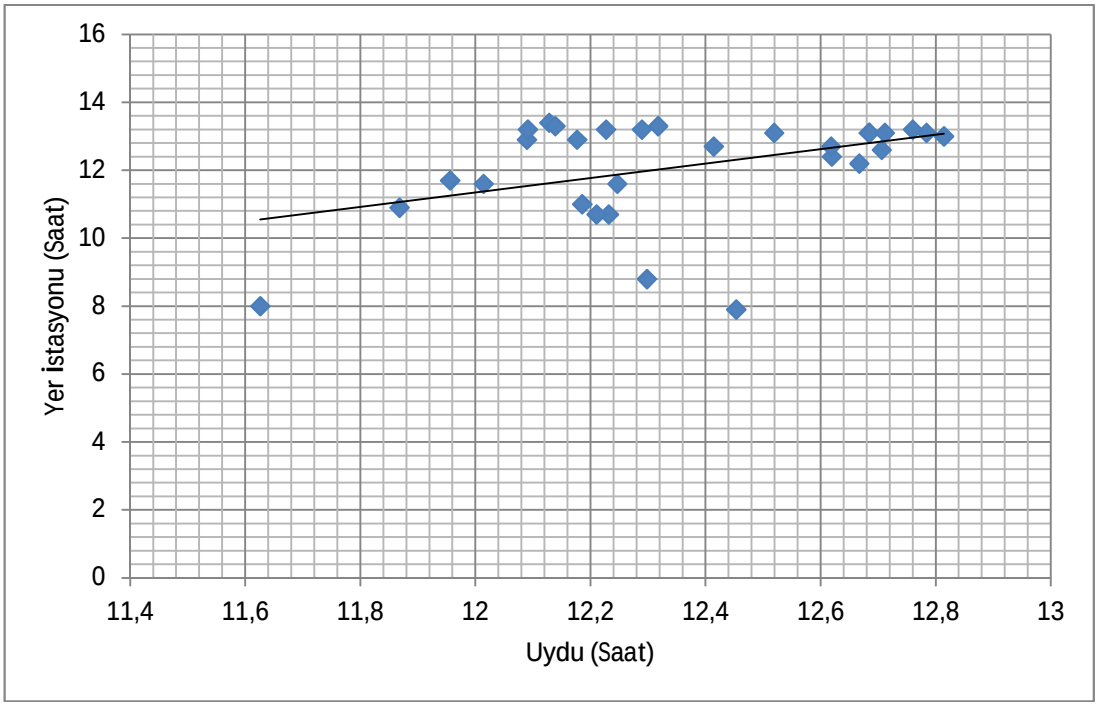
Aşağıdaki şekillerde Şanlıurfa istasyonu için bulunan katsayılar kullanılarak Malatya için yapılan tahminin yer istasyonu ölçümleriyle olan ilişkisi verilmiştir. Grafiklere bakıldığında bazı günler için kabul edilemeyecek tahmin değerleri vardır. bu referans olarak kullanılan Şanlıurfa'daki bulut oranıyla Malatya'daki bulutluluğun farklı olmasından kaynaklanmaktadır.



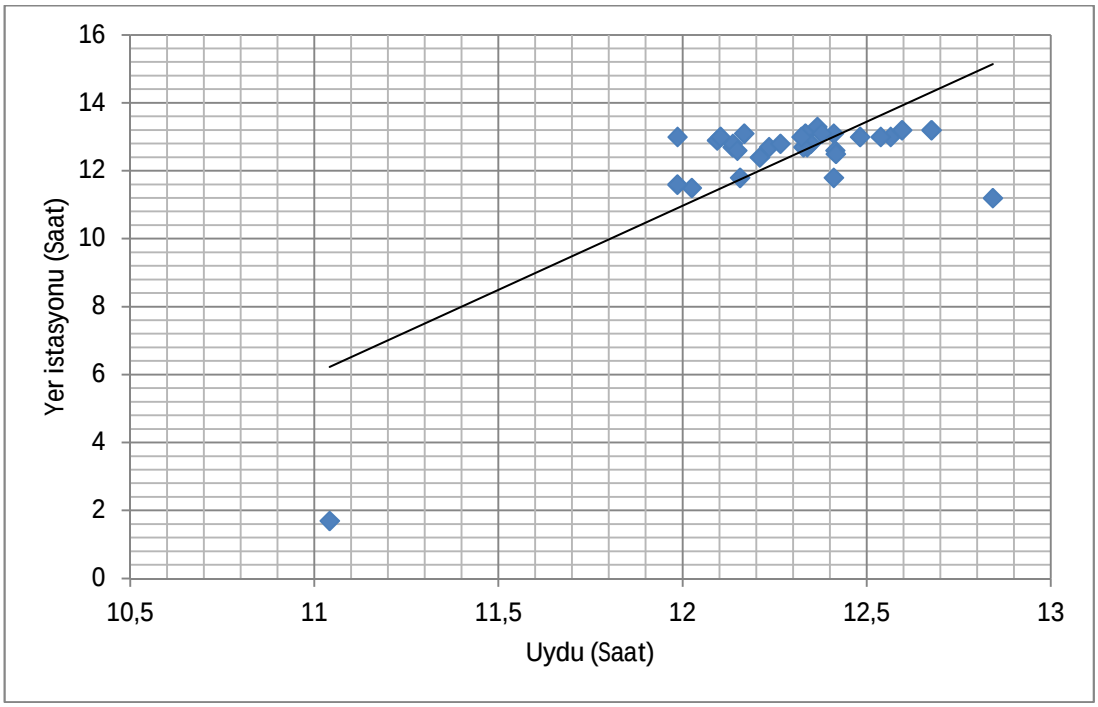
Şekil 5. 5. 2004 Nisan.



Şekil 5. 6. 2004 Mayıs.

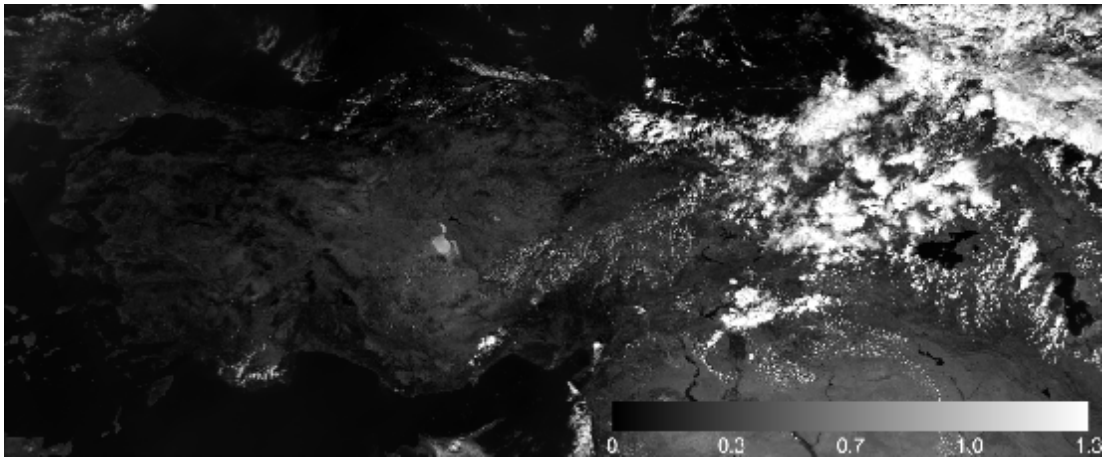


Şekil 5. 7. 2004 Haziran.

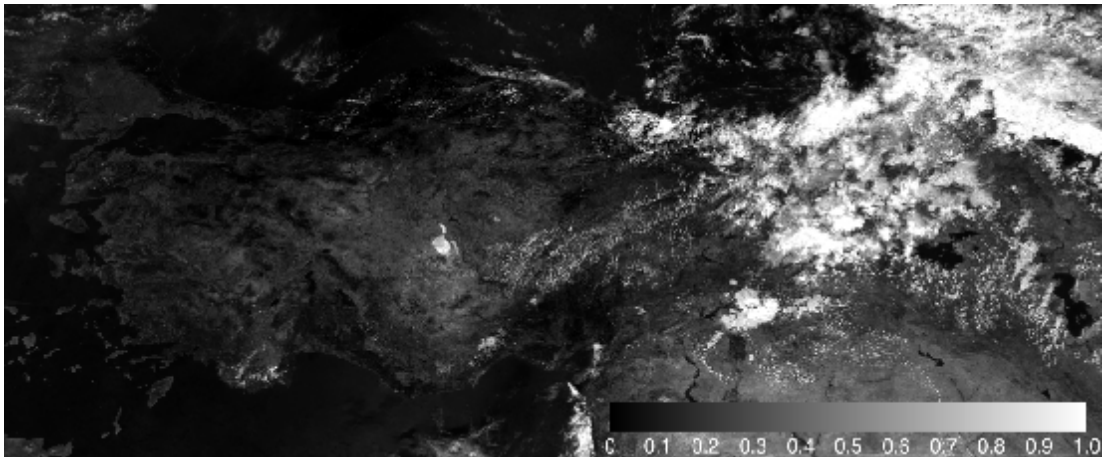


Şekil 5. 8. 2004 Temmuz.

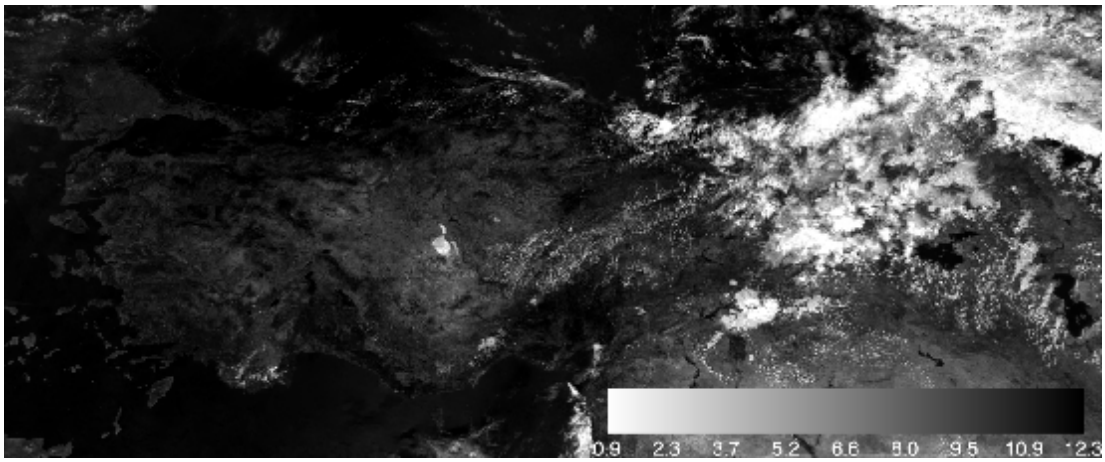
Aşağıdaki şekil 5.9'da MODIS'in Türkiye'yi kapsayan koordinatlandırılmış görüntüsü verilmiştir. Bu görüntüde piksellerin yansıtma değerleri 0 il 1.3 arasında değişmektedir. Bulutlu pikseller büyük yansıma değerini verirken su ve kara yüzeylerinin yansıtması düşük değerlidir. Şekil 5.10'da hesaplanan bulutluluk indeksi verilmiştir. Bulutluluk indeksinde pikseller 0 ile 1 arasında değer almaktadırlar. Sıfır bulut olmadığı ve 1 ise maksimum bulutlu olduğu anlamındadır. Görüntüde Türkiye'nin Kuzey-Doğusu bulutla kaplı olduğu için o bölgeye denk gelen piksellerin değerleri 1'e yakındır. Şekil 5.11'de günlük toplam güneşlenme süresini saat biriminde veren görüntü görülmektedir. Bu görüntüde ise bulutlu pikseller küçük değerler alırken bulut olmayan pikseller büyük değerler almaktadır. Bu görüntünün renklendirilmiş hali şekil 5.12'te verilmiştir. Bu renkli görüntüde koyu kırmızı maksimum değere ve mor renk minimum değere karşılık gelmektedir. Görüntüde güneşlenme süresinin en fazla olduğu yer hiç bulut olmayan su yüzeyleri ve daha sonra yine bulut olmayan kara yüzeyleri gelmektedir. Görüntüdeki mor ve mavi renkli pikseller bulutlu bölgelerdir ve güneşlenme süresinin en düşük olduğu yerdir.



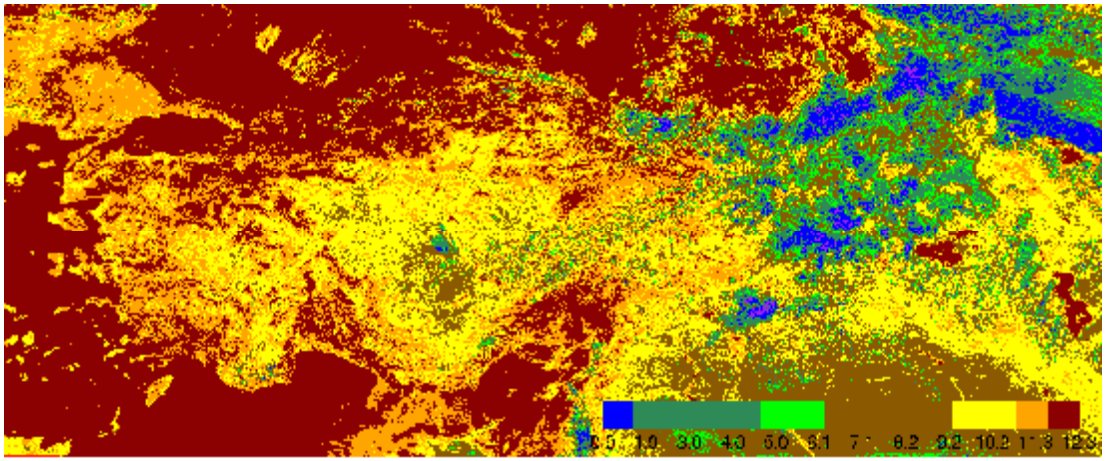
Şekil 5. 9. 03.08.2005 tarihli koordinatlandırılmış görüntü.



Şekil 5. 10. 03.08.2005 tarihli bulutluluk indeksi.



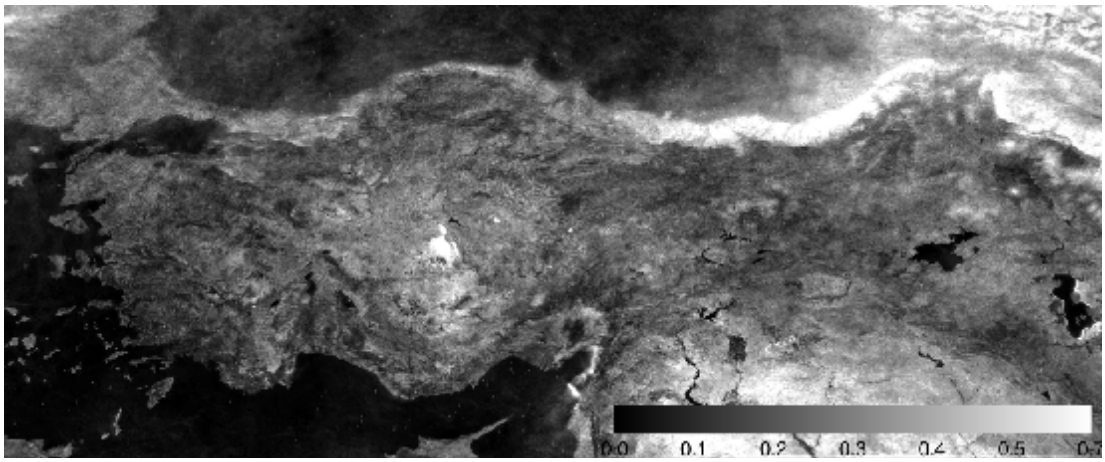
Şekil 5. 11. 03.08.2005 tarihli günlük güneşlenme süresi.



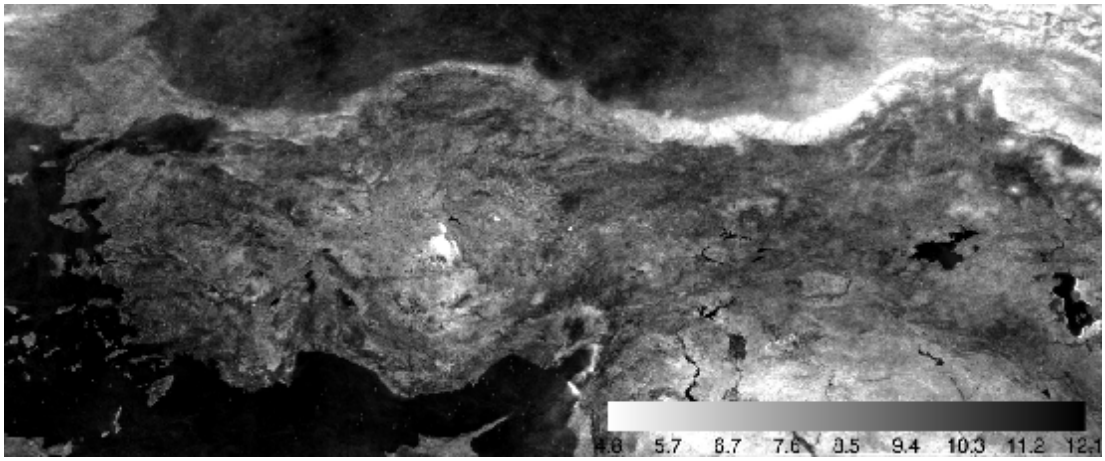
Şekil 5. 12. 03.08.2005 tarihli günlük güneşlenme süresi.

Şekil 5.13'te 2005 Ağustos ayına ait hesaplanan aylık ortalama bulutluluk indeksi verilmiştir. Bu indeksten hesaplanan aynı ayın ortalama güneşlenme süresi

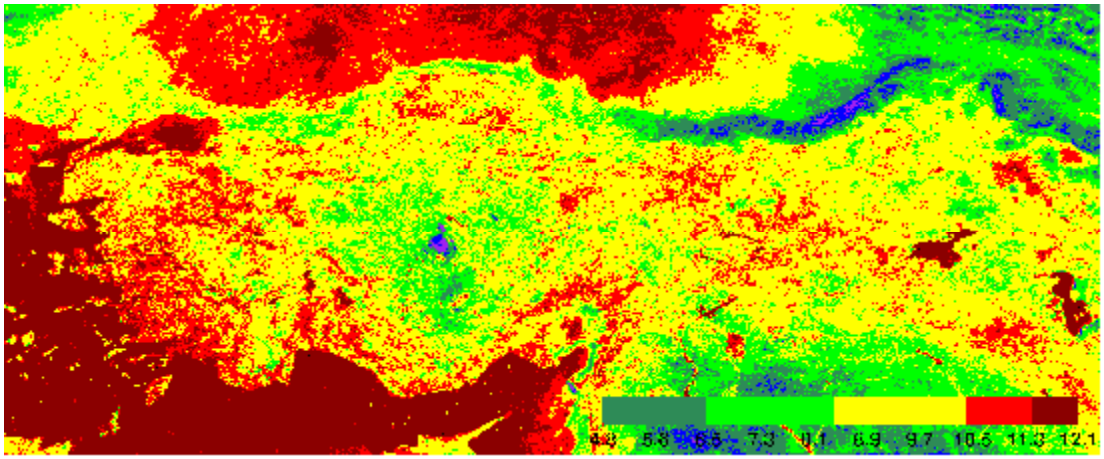
şekil 5.14'da verilmiştir. Şekil 5.15'de ortalama güneşlenme süresini veren görüntü renkli olarak verilmiştir. Bu renkli görüntüde mor ve mavi pikseller minimum güneşlenme süresini gösterirken koyu kırmızı maksimum değerleri göstermektedir.



Şekil 5. 13. 2005 Ağustos ayı ortalama bulutluluk indeksi.



Şekil 5. 14. 2005 Ağustos ayı ortalama güneşlenme süresi.



Şekil 5. 15. 2005 Ağustos ayı ortalama güneşlenme süresi.

Türkiye'nin güneşlenme süresini tahmin etmek amacıyla istasyonlar için oluşturulan aylık katsayılar istasyon ve çevresi için bulutla kaplılığın çok hızlı değişmediği dönemlerde iyi sonuçlar vermektedir. Fakat bulut miktarının artmasıyla ve bulutluluğun hızlı değişmesiyle yapılan tahminlerin doğruluğu da düşmektedir. Bu bilgi ışığında tahminlerde iyi bir sonuç almak için Türkiye bölgelere indirgenerek öyle ele alınmalıdır. Kullanılan uydu görüntülerinin sayısının artırılması da metodun sonuçlarının doğruluğunu artıracaktır.

KAYNAKLAR

KANDIRMAZ H. M. 1999. Düşük Maliyetli Bir Sistemle Yer Yüzeyi Güneş Radyasyonunun Uydu Görüntüsü Kullanarak Haritalanması. Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü-Doktora Tezi 81 Sayfa.

BARRET E.C. 1974 Climatology From Satellites,Methun and Co Lmd, London, 403

CANO D., MONGET J. M., ALBUISSON M., GUILLARD H., REGAS N., and WALD L. 1986. A Method For The Determination Of The Global Solar Radiation From Meteorological Satellite Data. Solar Energy 37:31-39

İNCE F. 1986. Sayısal Görüntü İşleme Metotları. Ç. Ü. Uzaktan Algılama Yaz Okulu Ders Notu. Ç. Ü. Adana.

MODIS Level 1B Product User's Guide 2006.Members of the MODIS Characterization Support Team For NASA/Goddard Space Flight Center

MODIS Level 1B Algorithm Theoretical Basis Document 2005.MODIS Characterization Support Team For NASA

İŞLEM GIS 2002. Uzaktan Algılama Dökümanı http://muh.aksaray.edu.tr/Bolumler/harita/personel_web/SE/dokumanlar/UA_Giris/UA_ek_dokuman.pdf (Erişim tarihi: 5 Ocak 2012)

http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataprod/index.php (Erişim tarihi: 10 Ocak 2012)

http://picasso.oce.orst.edu/ORSOO/MODIS/code/Table1Products.html (Erişim tarihi:10 Ocak 2012)

http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/ric/material/1_Lecture_Notes/CP7-Sunshine.pdf (Erişim tarihi: 15 Ocak 2012)

http://terra.nasa.gov/about/ (Erişim tarihi:10 Şubat 2012)

http://terra.nasa.gov/index.php?section=50(Erişim tarihi:10 Şubat 2012)

http://terra.nasa.gov/CERES/(Erişim tarihi:10 Şubat 2012)

http://terra.nasa.gov/MISR/(Erişim tarihi:10 Şubat 2012)

http://terra.nasa.gov/MODIS/(Erişim tarihi:10 Şubat 2012)

http://terra.nasa.gov/MOPITT/(Erişim tarihi:10 Şubat 2012)

http://terra.nasa.gov/RSpresentations/(Erişim tarihi:10 Şubat 2012)

http://aqua.nasa.gov/about/instruments.php(Erişim tarihi:12 Şubat 2012)

http://aqua.nasa.gov/about/instrument_airs.php(Erişim tarihi:12 Şubat 2012)

http://aqua.nasa.gov/about/instrument_amsu.php(Erişim tarihi:12 Şubat 2012)

http://aqua.nasa.gov/about/instrument_hsb.php(Erişim tarihi:12 Şubat 2012)

http://aqua.nasa.gov/about/instrument_amsr.php(Erişim tarihi:12 Şubat 2012)

http://aqua.nasa.gov/about/instrument_modis.php(Erişim tarihi:12 Şubat 2012)

http://aqua.nasa.gov/about/instrument_ceres.php(Erişim tarihi:12 Şubat 2012)

ÖZGEÇMİŞ

1983’te Kahramanmaraş’ta doğdu. İlk orta ve lise öğrenimini Kahramanmaraş’ta tamamladı. 2008 yılında Mersin Üniversitesi Fizik Bölümünden mezun oldu. 2009 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalında yüksek lisansa başladı.