

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erdem ERDİ

**GÜNEŞLENME SÜRESİNİN NWCSAF BULUT TİPİ ÜRÜNÜ
KULLANILARAK YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİN EDİLMESİ**

**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ANABİLİM
DALI**

ADANA, 2015

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÜNEŞLENME SÜRESİNİN NWCSAF BULUT TİPİ ÜRÜNÜ
KULLANILARAK YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİN EDİLMESİ**

Erdem ERDİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ANABİLİM
DALI**

Bu Tez 22/01/2015 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. H. Mustafa KANDIRMAZ
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
ÜYE

.....
Yrd. Doç. Dr. M. Zeki KURT
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalında
hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

**Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FYL-2014-3286**

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

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜNEŞLENME SÜRESİNİN NWCSAF BULUT TİPİ ÜRÜNÜ KULLANILARAK YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİN EDİLMESİ

Erdem ERDİ

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ ANABİLİM
DALI**

Danışman : Prof. Dr. H. Mustafa KANDIRMAZ
Yıl: 2015, Sayfa: 73
Jüri : Prof. Dr. H. Mustafa KANDIRMAZ
: Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
: Yrd. Doç. Dr. M. Zeki KURT

Güneşlenme süresi iklim, enerji, tarım ve sağlık gibi farklı alanların çalışmalarında yer alan çok önemli bir veridir. Bu yüzden zamansal ve alansal dağılımının bilinmesi ve belirlenmesi kritik önem taşır. Ülkemizde güneşlenme süresi ölçümleri meteorolojik istasyonlarda helyograflarla yapılmaktadır. Bu ölçümler noktasal olduğundan dolayı ölçüm yapılan noktalar arasında kalan alanlar için tahmin edilmesi gerekir. Güneşlenme süresini etkileyen en önemli faktörler, ilgilenilen alanın coğrafi konumu, üzerindeki bulutluluk oranı ve bulutun tipidir. Coğrafi konumu ilgilendiren hesaplamalar astronomik denklemler yardımıyla büyük bir doğrulukla hesaplanabilirken bulutluluk oranının ve bulut tipinin belirlenmesi ve etkilerinin anlaşılması daha zordur. Çünkü bulutluluk zamansal ve alansal olarak değişkenlik gösterir ve ayrıca farklı bulut tipleri de güneşlenme süresini farklı oranlarda etkiler. Bu çalışmada, Türkiye'nin tamamına ait aylık ortalama güneşlenme süresi; Meteosat uydularına ait verilerden üretilen NWCSAF "Bulut Tipi" ürünü (PGE02) ve yer gözlemi kayıtları kullanılarak yapay sinir ağı yöntemiyle tahmin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneşlenme Süresi, Bulut Tipi, Meteosat, Uydu, Türkiye.

ABSTRACT

MSc THESIS

ESTIMATION OF SUNSHINE DURATION WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS BY USING NWCSAF CLOUD TYPE PRODUCT

Erdem ERDİ

**ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF REMOTE SENSING AND GEOGRAPHICAL
INFORMATION SYSTEMS**

Supervisor : Prof. Dr. H. Mustafa KANDIRMAZ
Year: 2015, Pages: 73
Jury : Prof. Dr. H. Mustafa KANDIRMAZ
: Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
: Asst. Prof. Dr. M. Zeki KURT

Sunshine duration is a very important parameter in many different fields of applications such as climate, renewable energy, agriculture and health. In this respect the estimation and determination of the temporal and spatial variability of this parameter is critical. Sunshine duration have been measured by heliographs in Turkey. Since these measurements are point-wise, estimations need to be done for other locations where there is no measurement available. The geographical location, total cloudiness and type of the clouds are the most dominant factors affecting the sunshine duration for a given place. The geographical affects are possible to calculate by using the astronomical equations while the cloudiness and cloud type factors are harder to estimate and understand. This is mostly because of the temporal and spatial variations of the cloud parameters and their different effects on the sunshine duration. In this study, sunshine duration for all over the Turkey is estimated with artificial neural networks by using the meteorological station measurements and NWCSAF Cloud Type (PGE 02) product which produced by Meteosat satellite data.

Keywords: Sunshine duration, Cloud type, Meteosat, Satellite, Turkey.

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen ve yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile bana daima yol gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mustafa KANDIRMAZ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım ile ilgili olarak görüşlerinden faydalandığım Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Ana Bilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU'na katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımda bana sürekli destek olan doktora öğrencisi arkadaşım Kazım KABA'ya ayrıca teşekkür etmek isterim.

Ayrıca bu süreçte yanımda olan değerli büyüklerim ve mesai arkadaşlarım M. Fatih BÜYÜKKASAPBAŞI, M. Leman ÇUKURÇAYIR, Murat ARSLAN, Dr. Mehmet ZEYBEK, Doç. Dr. Ahmet Emre TEKELİ, Doç. Dr. İbrahim SÖNMEZ, Fatih DEMİR, Cemal OKTAR, Hacı Murat PULLA, Yasin BERBER, Selami YILDIRIM ve CELİL CEBECİ'ye teşekkür ederim.

Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Bölümüne, maddi destek veren Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No: FYL-2014-3286) teşekkürlerimi sunarım.

Pek kıymetli anneme, babama, eşime ve oğluma da sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. MATERYAL VE METOD	7
3.1. Materyal	7
3.1.1. Güneşlenme Süresi Yer Gözlemleri.....	8
3.1.1.1. Güneşlenme Süresinin Tanımı	8
3.1.1.2. Güneşlenme Süresinin Ölçülmesi	9
3.1.2. Meteorolojik Uydu Verileri.....	12
3.1.2.1. Meteosat Uyduları.....	13
3.1.2.2. Nowcasting SAF Bulut Tipi (CT) Ürünü.....	17
3.1.3. Sayısal Yükseklik Modeli (DEM).....	21
3.2. Metod	22
3.2.1. Yapay Sinir Ağları	22
3.2.2. Gün Uzunluğunun Tanımlanması	26
3.2.3. Hata Hesabının Tanımlanması	27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	29
4.1. Yer Kayıtlarının Çalışma İçin Hazırlanması ve Bulgular	29
4.2. Uydu Ürünlerinin Çalışma İçin Hazırlanması ve Bulgular.....	34
4.3. Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) Verilerinin Hazırlanması.....	38
4.4. Yapay Sinir Ağının Oluşturulması.....	38
4.5. Gün Uzunluğunun Hesaplanması.....	41
4.6. Bulut Parametreleri Kullanılmadan Yapılan Güneşlenme Süresi Tahmini	42

4.7. Bulut Parametreleri Kullanılarak Yapılan Güneşlenme Süresi Tahmini	47
4.8. Türkiye İçin Güneşlenme Süresi Haritalarının Üretilmesi ve Değerlendirilmesi.....	52
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	57
KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ	65
EKLER.....	66



ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. Meteosat ikinci nesil uyduları (EUMETSAT, 2014a)	15
Çizelge 3.2. SEVIRI kanal listesi (Schmetz ve ark., 2002)	15
Çizelge 3.3. NWCSAF ve CMSAF bulut tipi sınıfları (NWCSAF, 2013)	20
Çizelge 4.1. Eğitim için kullanılan büyük klima istasyonlarına ait bilgiler.....	30
Çizelge 4.2. Test için kullanılan büyük klima istasyonlarına ait bilgiler.....	32
Çizelge 4.3. Çalışmada kullanılan istasyonların rakımlarına göre dağılımları	32
Çizelge 4.4. Çalışmada kullanılan istasyonların coğrafi bölgelere göre dağılımları .	32
Çizelge 4.5. CMSAF CFC bulut ürünü versiyon tablosu (CMSAF, 2014)	35
Çizelge 4.6. CMSAF CTY bulut ürünü versiyon tablosu (CMSAF, 2014).....	35



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1.	Klimatoloji rasat parkı (DMİ 2005)	9
Şekil 3.2.	Campbell-Stokes helyografi (DMİ, 2005)	10
Şekil 3.3.	Mevsimlik helyograf diyagramları (DMİ, 2005)	11
Şekil 3.4.	Kullanılmış örnek bir helyogram (DMİ, 2005).....	12
Şekil 3.5.	Sabit ve kutupsal yörüngeler (UCAR, 2014)	13
Şekil 3.6.	SEVIRI kanalları tam disk görüntüleri (EUMETSAT, 2014b)	16
Şekil 3.7.	Yansıma (reflectance) değerlerini gösteren Türkiye 11/01/2015 11:00 UTC Meteosat VIS0.6 Kanal görüntüsü	16
Şekil 3.8.	Parlama sıcaklığı (brightness temperetaure) değerlerini gösteren Türkiye 11/01/2015 11:00 UTC Meteosat IR10.8 Kanal görüntüsü.....	17
Şekil 3.9.	NWCSAF MSG Yazılımının ürettiği 18 Aralık 2014 Saat 13:45 GMT'ye ait ürünler (EUMETSAT, 2014c)	19
Şekil 3.10.	SAFNWC/MSG ürün üretim zinciri (NWCSAF, 2005)	19
Şekil 3.11.	2013 Yılı Mart ayı 01:00 GMT aylık ortalama CMSAF CTY ürünü (CMSAF, 2014).....	21
Şekil 3.12.	Logaritmik sigmoid ve lineer aktivasyon fonksiyonları	25
Şekil 4.1.	Yer gözlemleri kullanılan istasyonların coğrafi dağılımları. Sarı renkli kare şekilli istasyonlar eğitim, kırmızı renkli üçgen renkli istasyonlar ise test amaçlı kullanılanları göstermektedir.....	30
Şekil 4.2.	Bazı istasyonlara ait aylık toplam güneşlenme süreleri.	33
Şekil 4.3.	Çözümlemiş ve yeniden haritalanmış CFC Bulut Toplam Kapalılık ürünü 2011 yılı Eylül ayı 09:45 saatine ait toplam bulut kapalılığı oranı örnek görüntüsü	36
Şekil 4.4.	Çözümlemiş ve yeniden haritalanmış CTY Bulut Tipi ürünü 2011 yılı Eylül ayı 09:45 saatine ait örnek görüntüler. a) Parçalı Bulut Oranı, b) Yüksek Seviye Opak Bulut Oranı, c) Yüksek Seviye Yarı Geçirgen Bulut Oranı, d) Alçak Seviye Bulut Oranı, e) Orta Seviye Bulut Oranı.....	37
Şekil 4.5.	Çalışma alanı için oluşturulan sayısal arazi modeli görüntüsü	38

Şekil 4.6. Kullanılan yapay sinir ağı mimarisi	40
Şekil 4.7. Geliştirilen YSA modelinin eğitimi esnasında tekrarlama sayıları ve bunlara tekabül eden saat cinsinden RMSE değerlerini gösteren öğrenme eğrisi.	41
Şekil 4.8. 17033 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları.....	43
Şekil 4.9. 17072 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları.....	43
Şekil 4.10. 17084 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları.....	43
Şekil 4.11. 17094 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları.....	44
Şekil 4.12. 17097 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları.....	44
Şekil 4.13. 17129 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları.....	44
Şekil 4.14. 17160 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları.....	45
Şekil 4.15. 17204 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları.....	45
Şekil 4.16. 17221 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları.....	45
Şekil 4.17. 17237 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları.....	46
Şekil 4.18. 17265 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları.....	46
Şekil 4.19. 17340 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları.....	46
Şekil 4.20. 17033 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları.....	48
Şekil 4.21. 17072 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları.....	48
Şekil 4.22. 17084 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları.....	48
Şekil 4.23. 17094 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları.....	49
Şekil 4.24. 17097 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları.....	49
Şekil 4.25. 17129 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları.....	49
Şekil 4.26. 17160 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları.....	50
Şekil 4.27. 17204 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları.....	50
Şekil 4.28. 17221 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları.....	50
Şekil 4.29. 17237 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları.....	51
Şekil 4.30. 17265 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları.....	51
Şekil 4.31. 17340 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları.....	51
Şekil 4.32. Ocak 2014, Şubat 2014 ve Mart 2014 aylarına ait üretilen aylık ortalama güneşlenme süresi haritaları	53

Şekil 4.33. Nisan 2014, Mayıs 2014 ve Haziran 2014 aylarına ait üretilen aylık ortalama güneşlenme süresi haritaları.....	54
Şekil 4.34. Temmuz 2014, Ağustos 2014 ve Eylül 2014 aylarına ait üretilen aylık ortalama güneşlenme süresi haritaları.....	55
Şekil 4.35. Ekim 2014, Kasım 2014 ve Aralık 2014 aylarına ait üretilen aylık ortalama güneşlenme süresi haritaları.....	56
Şekil 5.1. 12 Adet test istasyonuna ait Model 1 ve Model 2 için RMSE değerlerinin kıyaslanması.....	59
Şekil 5.2. 12 Adet test istasyonuna ait Model 1 ve Model 2 için MAE değerlerinin kıyaslanması.....	59



SİMGELER VE KISALTMALAR

CMSAF	: Climate Monitoring Satellite Application Facility
CTY	: Cloud Type
DEM	: Digital Elevation Model
EUMETSAT	: European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites
H-SAF	: Satellite Application Facility on Support to Hydrology
LandSAF	: Land Surface Analysis Satellite Application Facility
METEOSAT	: Meteorological Satellite
MSG	: Meteosat Second Generation
NWCSAF	: Satellite Application Facility on Support to Nowcasting and Very Short-Range Forecasting
NWPSAF	: Numerical Weather Prediction Satellite Application Facility
O3MSAF	: Ozone Satellite Application Facility
OSISAF	: Ocean and Sea Ice Satellite Application Facility
ROMSAF	: Radio Occultation Meteorology Satellite Application Facility
RMSE	: Root Mean Square Error
MAE	: Mean Absolute Error
SEVIRI	: Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
YSA	: Yapay Sinir Ağları



1. GİRİŞ

Dünya yüzeyine ulaşan solar radyasyonun değişkenliği ve trendi hakkında bilgi sahibi olmak, fiziksel ve biyolojik sistemler üzerindeki etkileri ve ekonomik ve sosyal etkilerinin yanında, küreselden mikro ölçeğe kadar değişen ölçeklerdeki enerji dengesinin önemli bir unsuru olması sebebiyle büyük öneme sahiptir (Sanchez-Lorenzo, 2008). Dünya yüzeyine ulaşan solar radyasyonun miktarını etkileyen en önemli etkenlerden biri ise güneşlenme süresidir. Güneşlenme süresinin doğru olarak hesaplanabilmesi, güneş enerjisi hesaplamalarında büyük önem arz etmektedir.

Güneşlenme süresi her ne kadar güneş enerjisi çalışmaları için önemli bir parametre olsa da aslında kullanımı bununla sınırlı değildir. Güneşlenme süresi tek başına bir parametre olarak da iklim, tarım, sağlık ve turizm gibi konularda ihtiyaç duyulan bir parametredir.

Güneşlenme süresi ölçümleri meteorolojik istasyonlarda helyograflarla yapılmaktadır. Bu ölçümler noktasaldır ve ölçüm yapılan bölgeler arasında kalan alanlar için güneşlenme süresinin tahmin edilmesi gerekir. Extrapolasyon 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 (Kandırılmaz,2006; Good, 2010).

Giderek gelişen uydu ve algılayıcı teknolojileri sayesinde meteorolojik uyduların çeşitli amaçlarla kullanımı tüm dünyada giderek artmaktadır. Meteorolojik uydular, hem çok geniş alanlardan sağladıkları veriler, hem de sağladıkları verilerin sürekliliği anlamında oldukça kullanışlıdır. Temel olarak sabit yörüngeli ve kutupsal yörüngeli olarak ikiye ayrılan bu uydulardaki algılayıcıların sayısı, çeşitliliği ve veri hassasiyeti sürekli olarak gelişme göstermektedir.

Enlem ve yılın zamanı gibi düzenli parametreler dışında, güneşlenme süresini en çok etkileyen ve en büyük düzensizliği gösteren parametre bulutluluktur. Bu çalışmada, güneşlenme süresi; yer sabit yörüngeli Meteosat uydusu verilerinden üretilen NWC SAF "Bulut Tipi" ürününün (PGE02) aylık ortalama değerlerini içeren

CMSAF CFC ve CTY ürünleri ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü yer gözlemlerine ait veriler kullanılarak, geliştirilen yapay sinir ağı modeli yardımıyla tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Çalışma kapsamında güneşlenme süresinin zamansal değişimi incelenmiştir. Modelin güneşlenme süresi tahminlerinin tutarlılığı mekansal ve zamansal olarak araştırılmış modelin performansı değerlendirilmiştir. Uydu bazlı bulut tipi ürünün güneşlenme süresi tahminine katkısını ortaya koyabilmek için uydu verisi kullanmayan bir YSA modeli de çalıştırılmış ve sonuçlar bulut tipi kullanılan modelin sonuçları ile kıyaslanmıştır.

Geliştirilen YSA modeli kullanılarak, 2014 yılının tamamı için tüm Türkiye'yi kapsayan aylık ortalama güneşlenme süresi tahmini haritası üretilmiştir. Üretilen bu haritalar aylık olarak incelenmiştir. Bu incelenme sonucunda, geliştirilen modelin kullanılabilir olup olmadığına dair bir kanaate ulaşılmaya çalışılmıştır.

Ayrıca güneşlenme süresinin yer gözlem istasyonlarında ölçümüne dair bazı hususlar ele alınmış ve bunların çalışmaya etkisi incelenmeye çalışılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Güneşlenme süresi birçok farklı çalışmada temel veri olarak büyük öneme sahiptir. Güneş enerjisi hesaplamalarında en yaygın kullanılan veri güneşlenme süresidir. Bazı çalışmalarda güneş enerjisi bilgisine ihtiyaç duyulurken, tarımsal çalışmalar gibi başka bir takım çalışmalarda doğrudan güneşlenme süresi bilgisine ihtiyaç vardır. Güneşlenme süresinin yer istasyonlarında noktasal ölçümü yapılmaktadır. İstasyon olmayan bölgelerin güneşlenme süresi ise tahmin yoluyla belirlenmektedir. Tahminlerin hata oranı ise oldukça yüksek oranlara ulaşabilmektedir. Son yıllarda araştırmacılar güneşlenme süresini belirlemek için yeni arayışlar içinde bulunmuşlardır. Bir takım çalışmalar yer istasyonlarınca yapılan ölçümlere dayanırken bazıları da uydu verileri kullanarak güneşlenme süresini tahmin etmeye çalışmışlardır. Ayrıca yer ve uydu verilerini birlikte kullanan modeller de geliştirilmiştir. Bu konuda yapılan çalışmalar da klasik yöntemlerin yanı sıra yapay sinir ağları ve destek vektör makinaları gibi makine eğitilmesine dayanan yöntemlerde güneşlenme süresini tahmin etmek amacıyla kullanılan metotlar arasında bulunmaktadır.

Olseth ve Skartveit 2001’de bazı Avrupa şehirleri (7 Norveç ve Avrupa’nın farklı 5 şehrindeki yer istasyonları) için yer verileri ile uydu tabanlı üretilen verileri kıyaslamışlardır. Yer seviyesindeki saatlik global irradyans, yer sabit yörüngeli Meteosat uydusunun görünür kanal verisinden Heliosat yöntemiyle tahmin edilmiştir. Yine aynı çalışmada aylık nispi güneşlenme süresi de Heliosat metodundan hesaplanan bulutluluk ile tahmin edilmiştir.

Zeng ve Arkadaşları 2006’da Çin için sayısal yükseklik modelini kullanarak aylık güneşlenme süresini hesaplamışlardır. Özellikle kış mevsiminde arazi yapısının güneşlenme süresini güçlü bir şekilde etkilediğini belirtmişlerdir. Sayısal yükseklik modelini kullanan bu yöntemin uydu görüntü işleme platformları ve coğrafi bilgi sistemlerine de uygulanabileceğini belirtmişlerdir.

Kandırılmaz 2007’de meteorolojik yer sabit yörüngeli uydu verisinden Türkiye’nin günlük toplam güneşlenme süresini tahmin etmek için bir model geliştirmiştir. Bu çalışmada Meteosat uydusundan elde edilen her veri için bulutluluk

indeksi hesaplanmış ve bunlardan ortalama günlük bulutluluk indeksi elde edilmiştir. Bulutluluk indeksi ile güneşlenme süresi arasındaki istatistiksel ilişki incelenmiş ve bu ilişkinin doğrusal (linear) olduğu bulunmuştur. İlişkiyi tanımlayan katsayılar kullanılarak görüntüdeki her bir piksel için günlük güneşlenme süresi hesaplanmıştır. Güneşlenme süresinin günlük ve aylık bazda haritaları oluşturulmuştur.

Zhang ve Arkadaşları 2010'da FY-2C görünür kanal görüntülerini kullanarak kuzey Çin için bulutluluk indeksi oluşturup bu indeks ile de güneşlenme süresini hesaplamışlardır. Güneşlenme süresi bilgisi olmayan bir bölgede uydu verilerinin kullanılışlı olacağını belirtmişlerdir.

Good 2010'da yer sabit yörüngeli uydu verisinden günlük güneşlenme süresini İngiltere için tahmin etmiştir. Bu çalışmada Meteosat uydularındaki SEVIRI algılayıcısından elde edilen bulut tipi ürünü ve gün uzunluğu kullanılmıştır. Bulut tipi görüntülerinden bulutluluk indeksi oluşturularak güneşlenme süresi ile aralarındaki doğrusal (linear) ilişki ortaya konmuştur.

Shamim ve Arkadaşları 2012'da günlük toplam güneşlenme süresini tahmin etmek için uydu görüntülerini kullanarak bir model geliştirmişlerdir. Bu çalışmada, yer sabit yörüngeli Meteosat uydusundan elde edilen yersel çözünürlüğü 2.5km x 2.5km ve zamansal çözünürlüğü 1 saat olan görünür bölge kanalı (0.6 μ m) kullanılmıştır. İngiltere'nin güney bölgesindeki Brue havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışmada öncelikle her bir görüntü için bulutluluk indeksi oluşturulmuş ve bu indekslerden ortalama günlük bulutluluk indeksi elde edilmiştir. Elde edilen ortalama günlük bulutluluk indeksi ve maksimum gün uzunluğu da kullanılarak bulut ile güneşlenme arasındaki doğrusal ilişkiden faydalanarak nispi güneşlenme süresi çalışma bölgesi için tahmin edilmiştir.

Bertrand ve Arkadaşları 2013'te istasyon ve uydu verilerinin birlikte kullanımıyla günlük güneşlenme süresini tahmin etmişlerdir. Bu çalışmada, lineer regresyon ve geoistatistiksel enterpolasyon yöntemleri olmak üzere iki farklı yaklaşım kullanmışlardır. Çalışmada MSG uydusunun radyans ve yansıtma verilerinden türetilen güneş radyasyonu ve bulutluluk indeksi kullanılarak güneşlenme süresi Belçika için tahmin edilmiştir.

Kothe ve Arkadaşları 2013'te Avrupa'nın güneşlenme süresini uydu ürünlerinden hesaplamışlardır. Bu çalışmada MSG uydularındaki SEVIRI algılayıcısının yüksek çözünürlüklü ürünleri kullanılmıştır. Bu ürünlerden birincisi saatlik bulut tipi ve ikincisi yüzeye gelen saatlik direk radyasyondur. Günlük ve aylık güneşlenme süresini türetmek için iki farklı yöntem uygulamışlardır. Bu yöntemler birbirine benzer fakat birinci yöntem bulut tipi ürününü kullanırken ikinci yöntem yüzeye gelen güneş radyasyonu ürününü kullanmaktadır. Çalışmada uydu tabanlı güneşlenme süresi ürünü türetilerek istasyon bazlı ölçümlerle kıyaslanmış ayrıca uydu tabanlı ürünün iyi ve eksik yanları tartışılmıştır.

Mohandes ve Rehman 2013'te Suudi Arabistan için güneşlenme süresini tahmin etmişlerdir. Bu çalışmada her hangi bir bölge için güneşlenme süresini tahmin etmede kullanılacak makine öğrenme algoritmalarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Güneşlenme süresini tahmin etmek için gün uzunluğu, atmosfer dışı güneş ışıması, enlem, boylam, yükseklik ve ay adını girdi olarak kullanmışlar ve iki farklı yöntemin sonuçlarını kıyaslamışlardır.

Akınoğlu ve Ruşen 2013'te yer istasyonlarında ölçülen güneşlenme süresi ile uydu verilerinin birlikte kullanımını ele almışlardır. Bu çalışmada öncelikle güneşlenme süresinden günlük toplam güneş enerjisinin tahmin edilmesinin temellerini vermişlerdir. Bir sonraki aşamada uydu tabanlı modelleri kısaca tanıtmışlar. Çalışmada Angstrom tipi modeller ile uydu tabanlı modellerin birleştirilmesiyle oluşturulan yeni modeli klasik yaklaşımlarla kıyaslamışlardır. Bu birleşik modelin yer yüzeyine ulaşan günlük toplam güneş enerjisini tahmin etmek için en iyi yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Uydu tabanlı model olan Heliosat yönteminin veri setindeki bazı günler hariç iyi sonuç verdiğini belirtmişler ve Angstrom metodunun yerine kullanılmasını önermişlerdir. Uydu verisinin olmadığı, sadece güneşlenme süresi verisi olduğu durumlarda kuadratik modelin kullanılmasını tavsiye etmişlerdir.

Kandırılmaz ve Kaba 2014'te Aqua ve Terra uydularındaki MODIS algılayıcısından elde edilen yansıtma (reflectance) verisini kullanarak günlük güneşlenme süresini Türkiye için tahmin etmişlerdir. Bu çalışmada Heliosat-2 metodunu kullanarak yansıtma verisinden her güne ait iki tane bulutluluk indeksi

oluşturulmuş ve bu indekslerin ortalaması ilgili günün bulutluluk indeksi olarak kullanılmıştır. Elde edilen günlük bulutluluk indeksi ile güneşlenme süresi arasındaki doğrusal (linear) ve karesel (quadratic) ilişki ortaya konmuştur.

Sanchez-Romero ve Arkadaşları 2014'te güneşlenme süresi kayıtlarındaki değişikliğe aerosol miktarının etkisini incelemişlerdir. Son yıllardaki güneşlenme süresindeki değişimlerin atmosferdeki aerosol miktarları ile ilişkili olabileceği ve bu etkinin özellikle gün doğumu ve gün batımına yakın saatlerde daha çok görülebileceğini belirtmişlerdir. Buradan yola çıkarak Campbell-Stokes helyograflarındaki diyagram yanıklarının genişlikleri incelenerek atmosferdeki aerosol yüküne dair zaman serileri oluşturulabileceği önerisinde bulunmuşlardır.

Kandırılmaz ve Arkadaşları 2014'te Güneşlenme süresini son zamanlarda farklı disiplinlerde yaygın bir şekilde kullanılan yapay sinir ağları ile tahmin ederek en uygun sonuç veren modeli belirlemeye çalışmışlardır. Bu çalışmada Türkiye'nin farklı iklim koşullarını yansıtan yer istasyonlarının verilerini kullanarak aylık güneşlenme süresini farklı üç yapay sinir ağı yöntemiyle Türkiye için tahmin etmişlerdir. Çalışmada aylık güneşlenme süresini tahmin etmek için bulutluluk, ay ve gün uzunluğu girdi parametre olarak kullanılmıştır.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Çalışma dönemi 2005 ile 2013 yılları arasını kapsamaktadır. Başlangıç yılı olarak 2005 yılının seçilmiş olmasının sebebi, kullanılan uydu ürünlerinin bu yıldan itibaren üretilmiş olmasıdır. Çalışmada üç adet veri seti kullanılmıştır. Bunlar;

- Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından klimatolojik gözlem istasyonlarında ölçülen güneşlenme süresi,
- CMSAF tarafından aylık olarak her saat için üretilmiş olan NWCSAF Bulut Tipi ürünü,
- GMTED2010 Sayısal Arazi Modeli veri setidir.

Güneşlenme süresinin NWCSAF Bulut Tipi ürünü kullanılarak tahmin edilmesini amaçlayan bu çalışmada 2005-2013 zaman aralığına ait toplam 9 yıllık veri kullanılmıştır. Uydu ürünleri ve yer gözlem verilerinin bu periyot içerisindeki mevcudiyetine dair bilgiler aşağıdaki ilgili bölümlerde sunulmaya çalışılmıştır.

Bu verilerin internet bağlantısı ile indirilmesinde, ön işlem den geçirilmesinde ve işlenmesinde aşağıdaki yazılım ve donanımlar kullanılmıştır;

Donanımlar:

- 1 adet Intel i7 işlemcili, 8 GB RAM ve 500 GB Harddisk sürücülü Windows 7 iş istasyonu.
- 1 adet 80 GB harici harddisk.

Yazılımlar:

- MinGW C++ Derleyici (versiyon 4.4.0)
- Python yorumlayıcı (versiyon 2.7)
- Envi 4.6
- Microsoft Office Excel 2007

3.1.1. Güneşlenme Süresi Yer Gözlemleri

Rasat parkı, atmosfer olaylarına açık, bu olayları engelleyici faktörlerin olmadığı, içinde çeşitli meteorolojik aletlerin bulunduğu doğal şartları temsil eden düzenlenmiş yerlerdir. Bu yerlerde sıcaklık, basınç, nem, yağış, güneşlenme, rüzgâr, buharlaşma vs. gibi hava olaylarını meteorolojik aletlerle ölçerek kayıtlar tutulur. Tutulan bu kayıtlara rasat denir. Meteorolojide klima rasatları, sinoptik rasatları gibi rasatlar yapılmaktadır. Yapılan bu rasatlar içinde klimatolojik rasatlar dünyanın, kıtaların, ülkelerin, ülkeler içindeki bölgelerin iklim özellikleri ile daha dar yörelerin, çevrelerin ve mahallelerin değişik iklim durumlarını incelemek, iklim araştırmaları ve projeleri için gerekli bilgileri elde etmek amacıyla yapılan rasatlardır. Bu rasatlar ilgili devletler ve kuruluşlar tarafından düzenlenmiştir. Bu düzenlemelerde amaç; günlük ortalama kıymetleri elde edebilecek şekilde, yerel saatlerde rasatların yapılmasıdır. Türkiye’de ve daha birçok ülkede 07⁰⁰-14⁰⁰-21⁰⁰ yerel saati seçilmiştir. Bu rasatların en büyük özelliği aynı güneş durumunda yapılmış olmalarıdır. Bu rasatlar tüm ülkelerde, meteoroloji istasyonlarında yapılan ölçümlerde günlük ortalama kıymetleri elde edebilecek şekilde tespit edilebilecek belli yerel saatlerde yapılan rasatlardır.

Klimatolojik rasat parkları kare şeklinde olup, kenarları 4 ana yöne gelecek şekilde kurulur. Rasat parkının kapısının ve içinde aletlerin bulunduğu siperlerin kapılarının kuzeye bakması gerekir. Rasat parkının etrafı, içindeki aletleri dış etkilere korumak amacıyla tel örgü ile çevrilir. (Şekil 3.1) Tel örgüler, dayanıklı olması ve aletleri etkilememesi için beyaz boya ile boyanır. Tel örgünün yüksekliği 1 metre 10 cm civarındadır. (MGM, 2009)

3.1.1.1. Güneşlenme Süresinin Tanımı

Dünya Meteoroloji Örgütü’nün (WMO) tanımlamasına göre güneşlenme süresi, belirli bir zaman aralığında birim alana ulaşan direkt güneş radyasyonunun 120 W/m² ye ulaştığı veya geçtiği sürelerin toplamıdır. Güneşlenme süresinin fiziksel miktarı zamandır. Kullanılan birimler saniye veya saat olup, iklimsel amaçlar

için "günlük güneşli saat" terimi kullanılabildiği gibi, ölçülen güneşlenme süresinin mümkün olan en yüksek güneşlenme süresi ile ilişkisini belirten "bağıl günlük güneşlenme süresi" gibi oransal büyüklükler de kullanılabilmektedir. (WMO, 2008)



Şekil 3. 1. Klimatoloji rasat parkı (DMİ 2005)

3.1.1.2. Güneşlenme Süresinin Ölçülmesi

WMO tarafından belirlenen performans kriterlerine göre güneşlenme süresi en fazla ± 0.1 saat belirsizlik ve 0.1 saat çözünürlükle ölçülmesi gerekmektedir. Direkt güneş radyasyonunun sınır değerini geçişlerindeki sıklık ve keskinlik güneşlenme süresinin ölçümündeki muhtemel belirsizliği tayin ettiğinden, güneşlenme süresi ölçen cihazlara ait ihtiyaç duyulan özellikler klimatolojik bulutluluk durumu ile yakından ilgilidir. (WMO, 2008)

Güneşlenme süresinin ölçümü için WMO tarafından belirlenmiş belirli prensipler ve bunlara bağlı olarak çalışan çeşitli aletler mevcuttur. Güneşin gökyüzündeki konumunun takip edildiği ve güneş ışığının bir kanal içinden geçerek içerideki algılayıcı tarafından enerjiye çevrildiği pirheliyometre, 180 derecelik görüş alanına sahip düzlem üzerine düşen güneş birim alan radyasyonunu ölçen piranometre (solarimetre) ve direkt güneş radyasyonunun odaklanma ile kağıt

üzerinde yanıklar oluşması prensibine göre çalışan Campbell-Stokes helyografları bunlardan başlıcalarıdır.

Ülkemizde klimatolojik istasyonlarda güneşlenme süresi ölçümleri Campbell-Stokes helyograf aletleri kullanılarak yapılmaktadır. Bütün gün boyunca güneşlenme süresini kayıt eden helyograf aleti renksiz veya çok soluk bir camdan yapılmış, odak noktasında güneş ışınlarının toplandığı cam bir küre ile bu küreyi bir taraftan çevreleyen ve iç kısmında diyagramların yerleştirildiği oyuklar bulunan madenî bir kısımdan ibarettir.(Şekil 3.2)

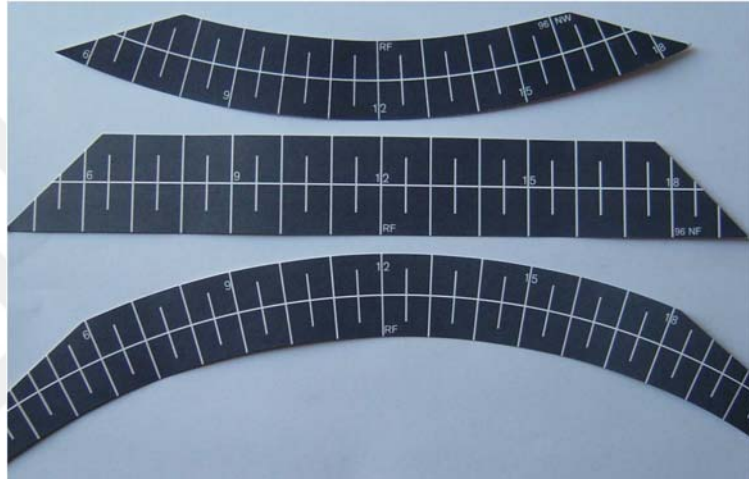
Cam kürenin odak noktasında toplanan güneş ışınları, kesik çemberin içindeki oyuklara yerleştirilmiş, üzerinde saatleri göstermek amacı ile beyaz çizgi ve rakamları bulunan, özel hazırlanmış diyagramlar üzerinde dar bir yeri yakarak iz bırakır. Yanığın genişliği ve derinliği güneş ışınlarının parlaklık durumuna bağlıdır. Gökyüzü tamamen açık ve mavi renkte ise bu durumda diyagram boylu boyunca yanar.



Şekil 3. 2. Campbell-Stokes helyografı (DMİ, 2005)

Helyograf diyagramları üç çeşittir. (Şekil 3.3) Bunlar;

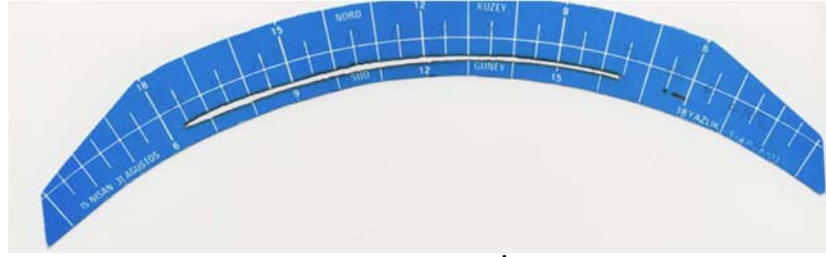
- 15 Ekim – Şubat sonuna kadar küçük içbükey diyagramlar (Kışlık).
- 1 Mart – 14 Nisan ve 1 Eylül – 14 Ekim’e kadar düz diyagramlar (İlkbahar ve Sonbahar).
- 15 Nisan – 31 Ağustos’a kadar büyük dışbükey diyagramlar (Yazlık).



Şekil 3. 3. Mevsimlik helyograf diyagramları (DMİ, 2005)

Helyograflar düzlem (tesviye), enlem ve yön hatası olmadıkça her mevsimde diyagramları, merkezî çizgiye paralel olarak yakarlar. Eğer düzlem, enlem ve yön hatasından herhangi biri veya ikisi alette mevcut ise, yanık çizgileri merkezî çizgiye paralel olmaz. Bu gibi hallerde alete müdahale edilerek hataların giderilmesine çalışılır.

Her gün normal olarak güneş battıktan sonra helyograf diyagramları değiştirilir. (Şekil 3.4) Saatlik güneşlenme süresini elde edebilmek için diyagramlar üzerindeki yanıklar değerlendirilir. Bu değerlendirme tahminidir. Sağlıklı bir değerlendirme yapabilmek için özel hazırlanmış bir şablondan yararlanılır. Bir plastik üzerinde bir saat aralığı 10 eşit parçaya bölünmek suretiyle hazırlanan şablon ile diyagramlar değerlendirilir. Zamanla rasatçı şablon kullanmadan da değerlendirme yapabilir.



Şekil 3. 4. Kullanılmış örnek bir helyogram (DMİ, 2005)

Diyagramlar saat taksimatına sahip olup, iki uzun çizgi arası bir saatlik zamana karşılık gelir. Bu bir saatlik aralarda küçük çizgiler ile yarımsar saatlik zamanlara ayrılmıştır. Değerlendirme sırasında iki uzun çizgi arası (bir saatlik mesafe) gözle on eşit parçaya bölünür. Yanık izi bir saatlik zamanı tamamen kaplıyorsa, güneşlenme süresi 1.0, yanık izi bir saatin yarısına eşitse güneşlenme süresi 0.5, onda bir yanık izi var ise bu durumda güneşlenme süresi 0.1 şeklinde kayıt edilir. Değerlendirme işinde en küçük yanıklar dahi dikkate alınmalıdır. (DMİ, 2005)

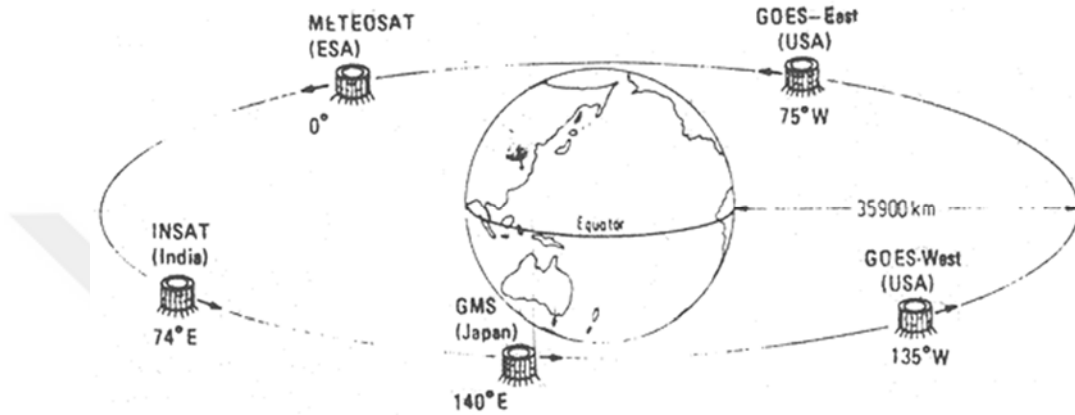
3.1.2. Meteorolojik Uydu Verileri

Meteorolojik uydular hava olaylarını küresel olarak inceleme olanağı sağlayan uzaktan algılama platformlarıdır. Dünya çevresindeki yörüngelerinde hareket ederlerken, sensörleri (radyometre) tarafından kaydedilen verileri belirli aralıklarla yer istasyonlarına gönderirler. Uyduların en önemli faydalarından biri, yer gözlem istasyonları kurulamadığı için verilerin toplanamadığı okyanus, çöl, dağlık alanlar, kutup bölgeleri vs. gibi çok geniş alanlardan meteorolojik bilgilerin elde edilmesidir. Meteorolojik uydular yörüngelerine göre temel olarak iki kısma ayrılırlar:

- Sabit yörüngeli (geostationary) uydular
- Kutupsal yörüngeli (polar orbiting) uydular

Sabit yörüngeli uydular, ekvator üzerinde yaklaşık 36000 km yükseklikteki bir yörüngede bulunup, dünyanın kendi eksenini etrafında yaptığı dönüşle aynı açısız hıza sahip olduğundan dünyaya göre göreceli olarak aynı konumda kalmaktadırlar.

Dünyanın belirli kısımlarındaki özellikle de Pasifik Okyanusu ve Güney yarım küredeki kıtalardan yeterli veri alınamaması sayısal hava tahmini ve iklim gözlemlerinde kutupsal yörüngeli uydu datalarının öneminin artmasına neden olmuştur.



Şekil 3. 5. Sabit ve kutupsal yörüngeler (UCAR, 2014)

Kutupsal yörüngeli uydular, yaklaşık olarak 860 km yükseklikte ve güneş aydınlanması ile eş zamanlı bir yörüngede olup ekvator üzerinden yerel saatle aynı vakitte geçmektedirler. Dünya üzerindeki bir dönüşlerini 1 saat 42 dakikada tamamlamakta ve dünya üzerindeki herhangi bir noktadan tam 12 saatte bir geçmektedirler. (MGM, 2014)

3.1.2.1. Meteosat Uyduları

EUMETSAT, Avrupa için sabit ve kutupsal yörüngeli uyduların işletmesini, bu uyduların yer hizmetlerini ve güvenilir veri, görüntü ve ürün dağıtımını yapmaktadır. Bu hizmetleri ile ulusal meteoroloji teşkilatlarının hava tahmini ve iklim çalışmalarına destek vermektedir.

EUMETSAT, kullanıcılarının operasyonel meteorolojik uydu ihtiyaçlarını karşılamak üzere hâlihazırda sabit yörüngeli Meteosat uydularını ve kutupsal yörüngeli Metop uydularını işletmektedir. Meteosat serisi uydular 1977 yılından itibaren hizmet vermekte olan uydular olup, Meteosat - 7 uydusu Meteosat ilk Nesil

uydularının sonuncusudur. Meteosat - 8 uydusu ile ikinci nesil Meteosat uyduları (MSG- Meteosat Second Generation) 2003 yılından itibaren hizmet vermeye başlamışlardır. Halihazırda kullanılmakta olan üç adet MSG uydusunun fırlatılma tarihleri ve beklenen ömürleri Çizelge 3.1 de görülmektedir. MSG-4 uydusunun ise 2015 yılı içerisinde fırlatılması planlanmaktadır.

MSG uydularında farklı amaçlarla kullanılan bazı alt sistemler ve birden fazla görüntüleyici bulunmakla birlikte, çeşitli meteorolojik ve iklimsel verilerin elde edilmesini sağlayan asıl enstrüman SEVIRI'dir (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager). SEVIRI enstrümanı, 12 farklı dalga boyunda tam disk alanından her 15 dakikada bir, uydu alt noktasında 3 km. x 3km. lik piksel çözünürlüğünde veri alabilen 10 bit veri çözünürlüğüne sahip gelişmiş bir enstrümandır. (Çizelge 3.2)

Meteosat uyduları normal bir tam disk taramasını 12 dakikada tamamlamakta, 3 dakikada ise SEVIRI enstrümanı yeni tarama için yeniden pozisyon almakta, böylece her 15 dakikada bir yeni tam disk görüntüsü alınabilmektedir. SEVIRI üzerindeki 12nci kanal (HRV) bazı özellikleri itibari ile diğer 11 kanaldan ayrılmaktadır. HRV kanalının uydu alt noktası çözünürlüğü 1 km x 1 km. olup, spektral olarak da geniş bir aralıktan (0.4 - 1.1 μ m) veri almaktadır. Enstrüman tarafından alınan ham veriler ilk olarak Level 1.0 formatında Almanya'nın Darmstadt şehrinde bulunan EUMETSAT ana merkezine iletilmektedir. Herhangi bir düzeltme uygulanmamış olan bu ham veri üzerinde ilk olarak kalibrasyon yapılmakta ve gelen verilerin sayısal değerleri (digital counts) ile bunlara tekabül eden ışıma (radiance) değerleri bulunmaktadır. Bunun için görünür ve kızılötesi kanallar için farklı yöntemler kullanılmakta olup, kızılötesi kanallar için uydu üzerinde bulunan mekanizmalardan ve derin uzaydan faydalanılmaktadır. Kalibrasyon işleminin ardından ise konumlandırma (navigation) işlemi yapılmaktadır. Bu işlem esnasında belirli bir koordinat sisteminde olmayan level 1.0 verisi, bazı yöntemler kullanılarak konumlandırılmakta ve daha önce tanımlanmış bir koordinat sistemine oturtulmaktadır. Bu kalibrasyon ve konumlandırma işlemlerinin ardından SEVIRI verisi artık farklı amaçlarla kullanmaya ve ürün üretimi yapmaya uygun hale getirilmiş olur. Bu şekildeki SEVIRI verisi Level 1.5 verisi olarak isimlendirilmektedir. Level 1.5 verisi hazırlanmasının hemen ardından çeşitli iletişim

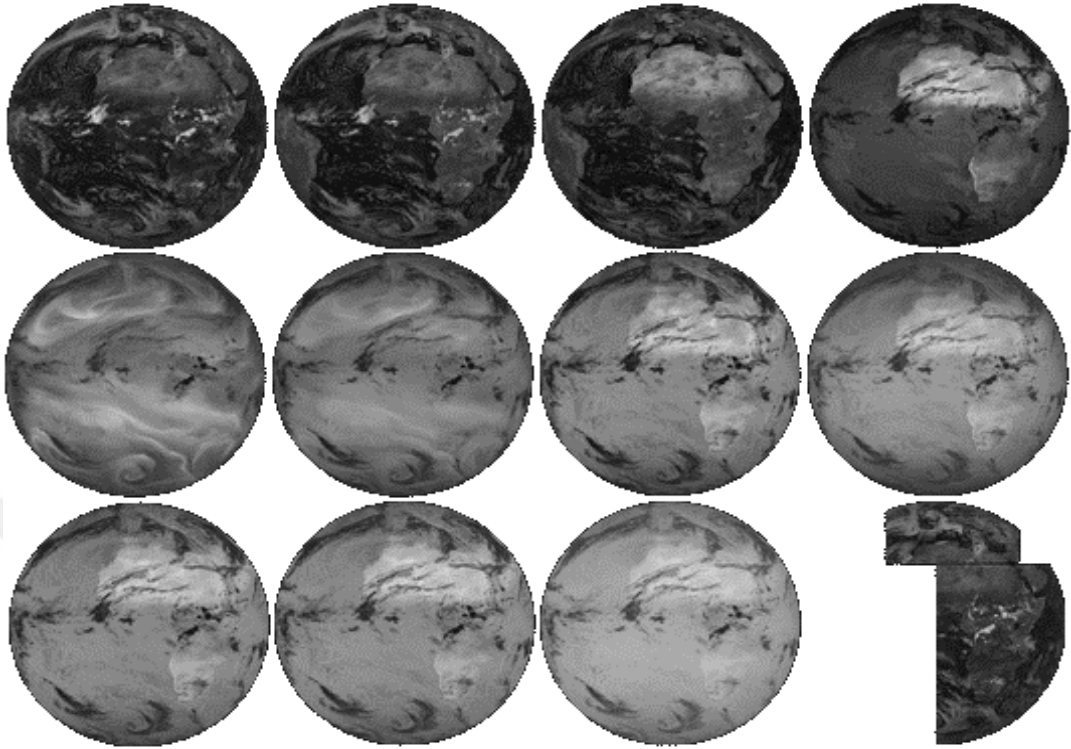
yöntemleri ile yakın gerçek zamanlı (near-real time) olarak kullanıcılara ulaştırılmaktadır.

Çizelge 3.1. Meteosat ikinci nesil uyduları (EUMETSAT, 2014a)

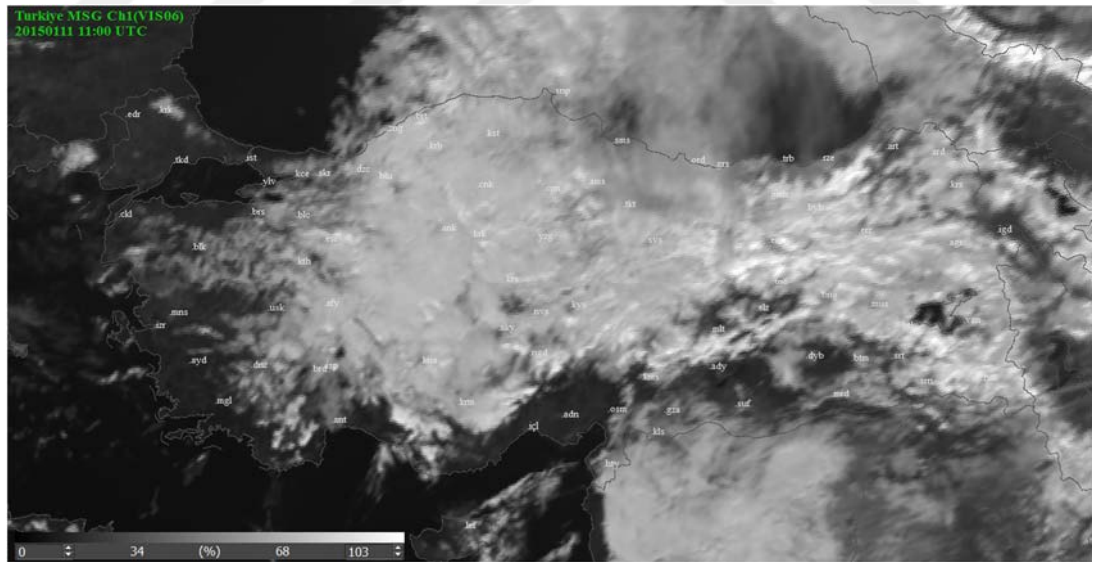
Uydu	Fırlatma Tarihi ve Uydu Ömrü	Pozisyon	Sağladığı Hizmet
Meteosat-10 (MSG-3)	05/07/2012 - Normal yakıt ömrü 2022 yılına kadar.	0°	Asıl Tarama Hizmeti (15')
Meteosat-9 (MSG-2)	22/12/2005 - Yakıt ömrünün 2021 yılına kadar uzaması bekleniyor.	9.5° Doğu	Hızlı Tarama Hizmeti (5')
Meteosat-8 (MSG-1)	28/08/2002 - Yakıt ömrünün 2019 yılına kadar uzaması bekleniyor.	3.5° Doğu	Hızlı Tarama Hizmeti (5')

Çizelge 3.2. SEVIRI kanal listesi (Schmetz ve ark., 2002)

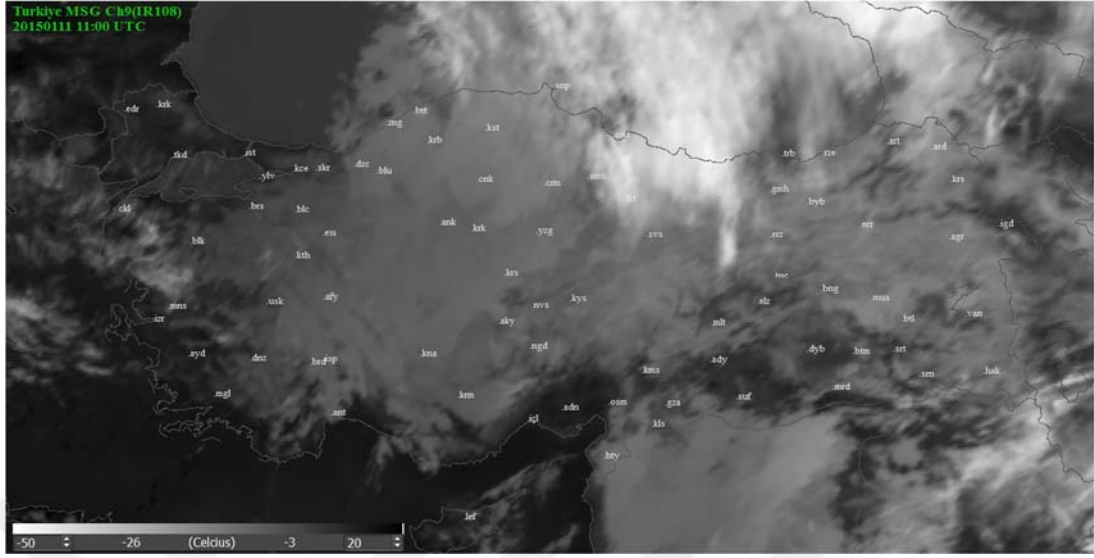
Kanal No	Kanal İsmi	Kanal Spektral Özellikleri (μm)			Esas Kullanım Alanları
		λ_{cen}	λ_{min}	λ_{max}	
1	VIS0.6	0.63	0.56	0.71	Yeryüzü, bulutlar, rüzgar vektörleri
2	VIS0.8	0.81	0.74	0.88	Yeryüzü, bulutlar, rüzgar vektörleri
3	NIR1.6	1.64	1.50	1.78	Yeryüzü, bulut safhası
4	IR3.9	3.90	3.48	4.36	Yeryüzü, bulutlar, rüzgar vektörleri
5	WV6.2	6.25	5.35	7.15	Su buharı, yüksek bulutlar, atmosferik kararsızlık
6	WV7.3	7.35	6.85	7.85	Su buharı, atmosferik kararsızlık
7	IR8.7	8.70	8.30	9.1	Yeryüzü, bulutlar, atmosferik kararsızlık
8	IR9.7	9.66	9.38	9.94	Ozon gazı
9	IR10.8	10.80	9.80	11.80	Yeryüzü, bulutlar, rüzgar vektörleri, kararsızlık
10	IR12.0	12.00	11.00	13.00	Yeryüzü, bulutlar, atmosferik kararsızlık
11	IR13.4	13.40	12.40	14.40	Cirrus bulut yüksekliği, atmosferik kararsızlık
12	HRV	Genişbant (0.4 - 1.1 μm civarı)			Yeryüzü ve bulutlar



Şekil 3. 6. SEVIRI kanalları tam disk görüntüleri (EUMETSAT, 2014b)



Şekil 3. 7. Yansım (reflectance) değerlerini gösteren Türkiye 11/01/2015 11:00 UTC Meteosat VIS0.6 Kanal görüntüsü



Şekil 3. 8. Parlama sıcaklığı (brightness temperetaure) değerlerini gösteren Türkiye 11/01/2015 11:00 UTC Meteosat IR10.8 Kanal görüntüsü

3.1.2.2. Nowcasting SAF Bulut Tipi (CT) Ürünü

EUMETSAT'ın asli görevi, üyelerinin ihtiyaç duyduğu zorunlu veya opsiyonel uydu programlarını yürütmek ve bu uyduları işletmek olmakla birlikte, kendi bünyesinde kurulan Uydu Verisi Uygulama Merkezleri (SAF - Satellite Application Facilities) vasıtasıyla çeşitli ürünlerin üretimini de sağlamaktadır. Bu merkezlerde üye ülkelerdeki milli meteoroloji teşkilatları, enstitüler ve üniversitelerdeki bilgi birikimi ve uzmanlıklardan da yararlanılarak, çeşitli alanlardaki ve farklı disiplinlerdeki kullanıcılara hitap eden uydu ürünleri üretilmektedir. Şu an itibariyle Okyanus ve Denizler (OSI SAF), Hidroloji (H-SAF), Ozon (O3M SAF), Sayısal hava Tahmini (NWP SAF), İklim (CM-SAF), Radyosonde (ROM SAF), Kısa Vadeli Hava Tahmini (NWC SAF) ve Yeryüzü (Land-SAF) SAF'ları kullanıcılar için farklı uydu ürünleri geliştirmekte ve üretmektedirler.

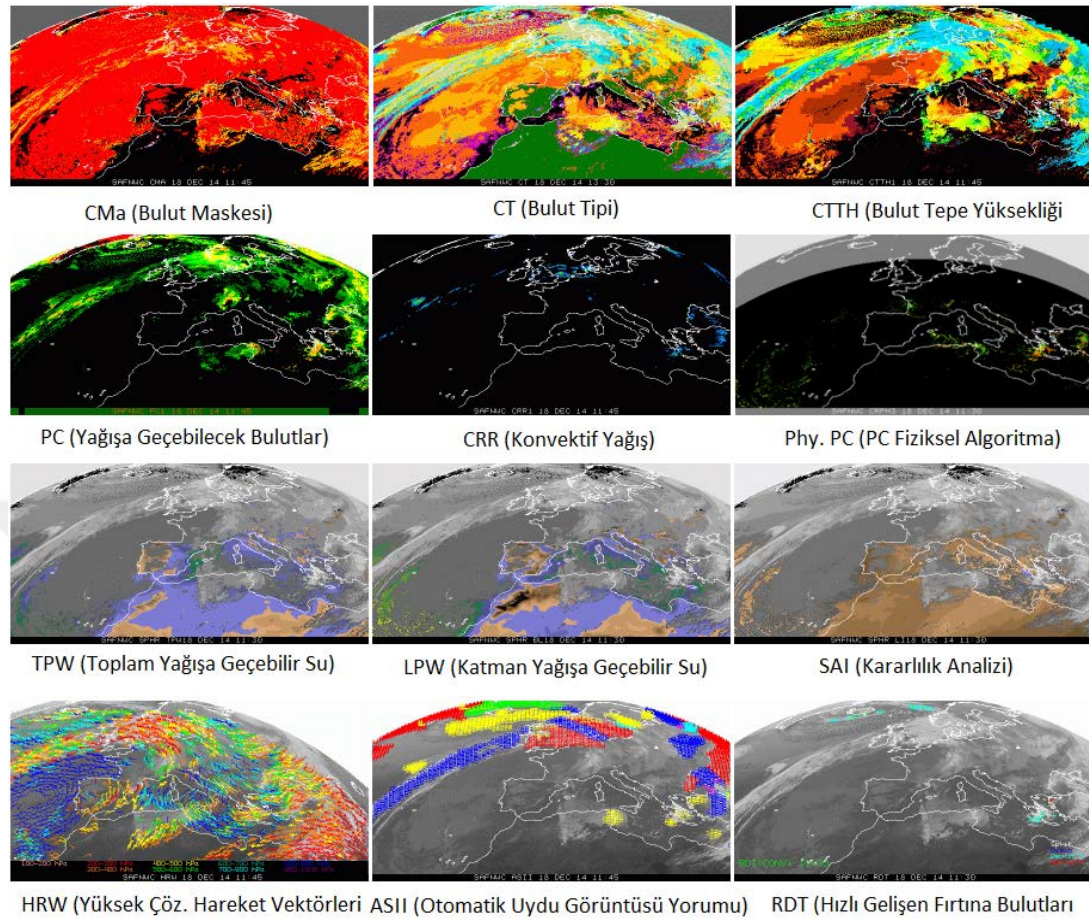
Bu SAF'lardan NWCSAF, Kısa Vadeli Hava Tahmini (Nowcasting) amacıyla kullanılan farklı uydu ürünlerini üreten yazılımları geliştirmekte ve kullanıcılara sunmaktadır. Bu yazılımlar Meteosat İkinci Nesil (MSG) sabit yörüngeli uydularından ve ayrıca MetOp ve NOAA kutupsal yörüngeli uydularından alınan

veriler ve sayısal hava tahmini modellerinin bazı çıktılarını kullanarak atmosfer ve bulutlara dair ürünler üretmektedir. (Şekil 3.9)

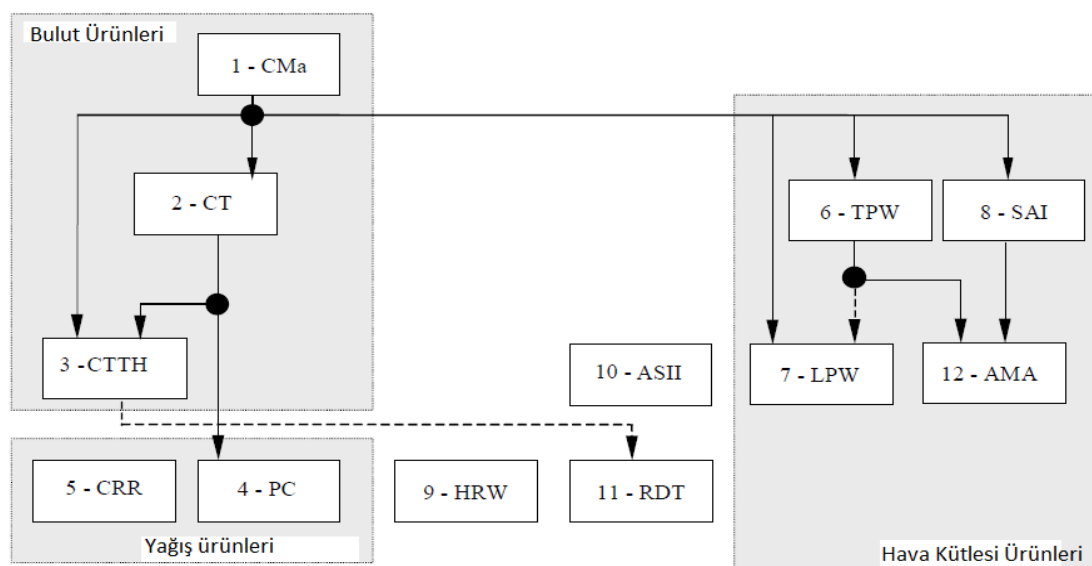
SAFNWC/MSG yazılımı, 12 farklı atmosfer ve bulut ürününü Avrupa ve Türkiye alanları için her 15 dakikada bir üretebilmektedir. Bu ürünlerin üretimi esnasında bazı ürünler diğer ürünlere girdi olarak kullanılmaktadır. Şekil 3.10 de ürün üretim zincirinin işleyişi görülmektedir.

NWCSAF bünyesinde üretilen bulut tipi (CT - Cloud Type) ürünü asıl olarak kısa vadeli hava tahmini kullanıcılarını desteklemek için tasarlanmıştır. Bu ürünün esas amacı detaylı bir bulut analizi sağlamaktır. CT ürünü ayrıca bulut tepe yüksekliği ürünü ve yağış bulutları ürünleri için zorunlu bir girdidir. CT ürünü, o anki uydu görüntüsünde bulutlu olarak tanımlanmış tüm MSG pikselleri için ana bulut sınıfları bilgilerini içerir: parçalı bulutlar, yarı geçirgen bulutlar, yüksek bulutlar, orta bulutlar ve alçak bulutlar (sis dahil). Bu ürün için ikinci öncelik ise stratiform ve konvektif bulutların ayırımı yapmak ve ayrıca tepe kısımları su damlacıklı yapıda olan bulutları tespit etmektir. Bulut tipi ürünü çok bantlı eşik değeri (multi-spectral threshold) yöntemi kullanılarak üretilmektedir. Önce üretilen bulut maskesi (C_{Ma}) ürünüde bulutlu olarak işaretlenen pikseller, çeşitli bulut tiplerini ayırmaya imkan tanıyan kanal kombinasyonlarına eşik değerleri yöntemi uygulanarak sınıflandırılmaktadırlar. Burada kritik olan nokta, hangi kanal kombinasyonlarının seçileceği ve eşik değerlerinin nasıl ayarlanacağıdır. (NWCSAF, 2013)

Çalışmada ihtiyaç duyulan Bulut Tipi (CT) ürünü için, İklim SAF'ı (CMSAF) tarafından aylık bazda üretilen CTY ürünü kullanılmıştır. CMSAF, gelişmiş algoritmalar vasıtasıyla uydu verilerinden ve bunlardan belirli iklimsel uygulamalarda kullanılacak iklim değişkenlerine ait bilgileri elde etmeye dönük yüksek kaliteli veri setlerini üretmekte ve arşivlemektedir. (EUMETSAT, 2014d)



Şekil 3. 9. NWCSAF MSG Yazılımının ürettiği 18 Aralık 2014 Saat 13:45 GMT'ye ait ürünler (EUMETSAT, 2014c)



Şekil 3.10. SAFNWC/MSG ürün üretim zinciri (NWCSAF, 2005)

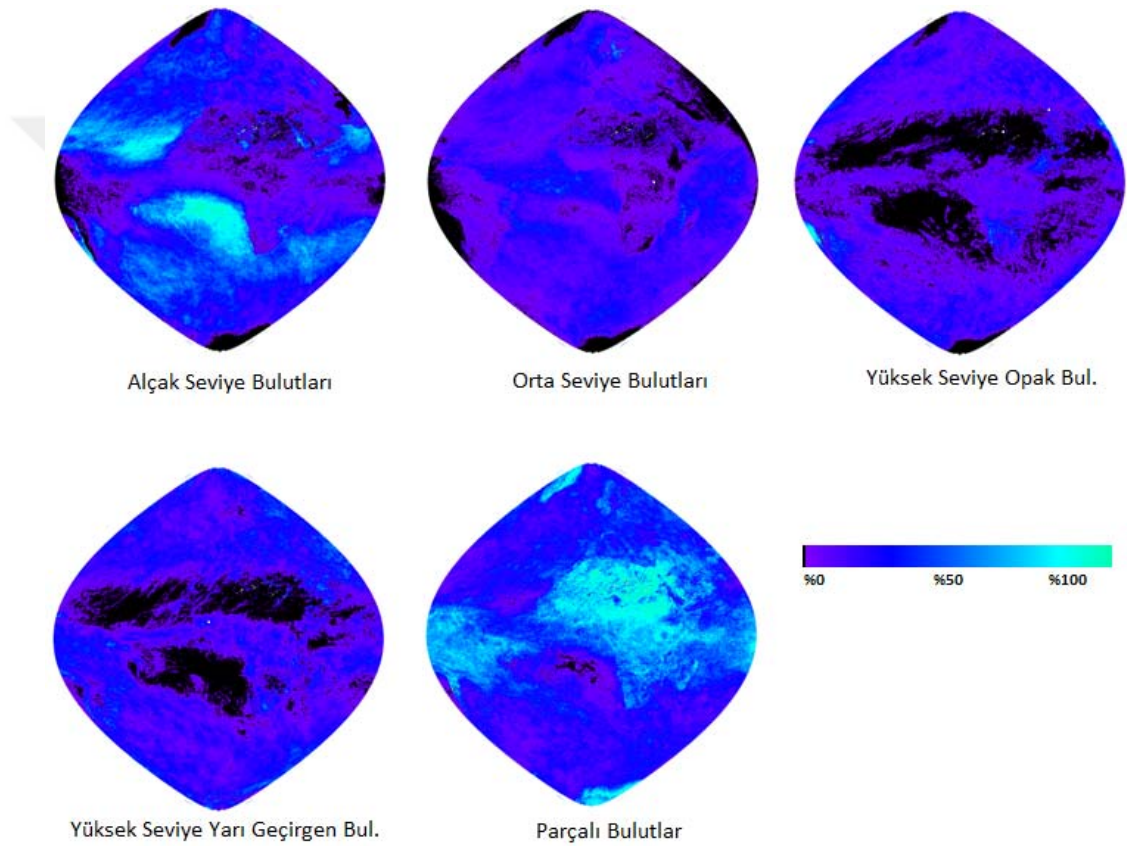
CMSAF tarafından üretilen CTY ürünü, azaltılmış bulut tiplerini içermekte olup bunlar; alçak bulutlar, orta bulutlar, yüksek ve opak bulutlar, yüksek ve yarı geçirgen bulutlar ve parçalı bulutlardır. SAFNWC/MSG yazılımı tarafından normal uydu pikseli çözünürlüğünde (3km x 3km) ve her saat başında (00:00 GMT, 01:00 GMT, 02:00 GMT) üretilen CT ürünü, hem mekansal hem de zamansal olarak ortalamaları alınarak ve bulut sınıfları Çizelge 3.3. de görülen üst sınıflara ayrılarak aylık CTY ürünü üretilir. Mekansal ortalamalar için, 9 adet MSG pikseli birleştirilerek 15km.x15km çözünürlüklü süper pikseller oluşturulmakta ve bu 9 pikselde bulutlu piksellerdeki bulut üst sınıflarının oranları hesaplanır. Daha sonra aylık üründe her saat için ise o aydaki günlerdeki o saatlerin ortalamaları alınır. Böylece 15km.x15km çözünürlükte, her saat için, 5 adet bulut sınıfının aylık ortalama dağılımlarını gösteren CTY ürünü üretilmiş olur. (CMSAF, 2014)

Çizelge 3.3. NWCSAF ve CMSAF bulut tipi sınıfları (NWCSAF, 2013)

Nowcasting CT Ürünü		CMSAF CTY Ürünü
Sınıf	Tanımı	CTY Üst Sınıf
0	İşlenmemiş Piksel	Kullanılmıyor
1	Bulut olmayan ve kar olmayan yeryüzü	Bulutsuz
2	Bulut olmayan ve buz olmayan deniz yüzeyi	
3	Bulut olmayan ve kar bulunan kaplı yeryüzü	
4	Bulut olmayan ve buz bulunan deniz yüzeyi	
5	Çok alçak ve kümülüform bulutlar	Alçak seviye bulutlar
6	Çok alçak ve stratiform bulutlar	
7	Alçak ve kümülüform bulutlar	
8	Alçak ve stratiform bulutlar	
9	Orta seviye kümülüform bulutlar	Orta seviye bulutlar
10	Orta seviye stratiform bulutlar	
11	Yüksek opak ve kümülüform bulutlar	Yüksek bulutlar
12	Yüksek opak ve stratiform bulutlar	
13	Çok yüksek opak ve kümülüform bulutlar	
14	Çok yüksek opak ve stratiform bulutlar	
15	Yüksek ve yarı geçirgen ince bulutlar	Yüksek yarı geçirgen bulutlar
16	Yüksek ve yarı geçirgen orta kalın bulutlar	
17	Yüksek ve yarı geçirgen kalın bulutlar	
18	Alçak veya orta seviye bulutların üstündeki yarı geçirgen yüksek bulutlar	
19	Parçalı bulutlar	Parçalı bulutlar
20	Tanımlanmamış bulut	Kullanılmıyor

Bulut ortalamaları 0-100 arasında değişen değerlerle % olarak ifade edilir ve 5 adet bulut sınıfının ortalamalarının toplamı da %100 dür. Bu bulut sınıflarına ait

oranlar, bulutla kaplı gökyüzü içindeki oranları ifade etmektedir. Bu bulut ortalamalarının CTY pikseli içindeki mutlak oranlarının bulunması için ise, bu değerler toplam bulut kaplılığı oranı ürünü olan CFC ürünündeki aynı pikselin değeri ile çarpılır. Üretilen CTY ürünü sinusoidal harita projeksiyonunda, MSG tam disk alanını kaplayacak şekilde HDF5 dosya formatında kullanıcılara ulaştırılmaktadır. (Şekil 3.11)



Şekil 3.11. 2013 Yılı Mart ayı 01:00 GMT aylık ortalama CMSAF CTY ürünü (CMSAF, 2014)

3.1.3. Sayısal Yükseklik Modeli (DEM)

Model oluşturulduğunda her uydu ürünü pikseli için güneşlenme süresinin hesaplanabilmesi amacıyla ise, istenen her coğrafi koordinata ait rakım bilgisinin elde edilebileceği sayısal yükseklik modeli kullanılması gerekmektedir. Çalışmada bu amaçla GMTED2010 küresel sayısal arazi modelinden faydalanılmıştır.

3.2. Metod

3.2.1. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları (YSA), doğrudan insan ve benzer hayvanların beyinlerinin işleyiş biçimine ilişkin bildiklerimizden esinlenerek geliştirilmiş bir bilgisayar programı tipidir (Whitby 2003). YSA bir anlamda paralel bilgi işleme sistemi olarak düşünülebilir. YSA insan beyninden esinlenerek geliştirilmiş, ağırlıklı bağlantılar aracılığıyla birbirine bağlanan ve her biri kendi belleğine sahip işlem elemanlarından oluşan paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yapılarıdır. YSA model belirlenmesi ve sınıflandırılması, fonksiyon tahmini, en uygun değeri bulma ve sınıflandırma gibi işlerde başarılı sonuçlar vermektedir. Birçok YSA tipi bulunmaktadır ve bunlar içinde ileri beslemeli ve geri yayımlı YSA modeli en yaygın kullanılanlarıdır (Elmas 2011).

Günümüzde YSA çalışmaları ileri beslemeli çok katmanlı ağlar ve Hopfield ağları olmak üzere iki alanda yoğunlaşmıştır. YSA bilgi sınıflama ve bilgi yorumlama ile birlikte çok değişik problemlere uygulanmaktadır. YSA çalışmaları genel olarak sınıflandırma, Tahmin ve Modelleme olmak üzere üç grupta toplanır. YSA kullanılan çalışma konularına başlıca denetim, sistem modelleme, ses-yüz-parmak izi-sinyal tanıma, meteorolojik yorumlama, otomatik araç denetimi ile fizyolojik fonksiyonları izleme, tanıma ve yorumlama örnek verilebilir (Elmas 2011).

İlk YSA modeli 1943 yılında, sinir hekimi Warren McCulloch ve matematikçi Walter Pitts tarafından geliştirilmiştir. McCulloch ve Pitts insan beyninin hesaplama yeteneğinden esinlenerek, elektrik devreleriyle basit bir sinir ağını modellemişlerdir. 1949 yılında Hebb kitabında öğrenme konusunu ele alarak Hebb öğrenme kuralını ortaya koymuştur. Hebb kuralı sinir ağına bağlantı sayısı değiştirilebilirse, ağın öğrenebileceğini öngörmektedir. 1950'li yıllardan itibaren birçok araştırmacı Hebb kuralından esinlenerek YSA hesaplama yeteneğini artırmayı amaçlayan çalışmalar yapmıştır. 1957 yılında Frank Rosenblatt, Perceptron'u (Algılayıcı) geliştirmesinden sonra YSA çalışmaları hız kazanmıştır. Perceptron tek katmanlı, eğitilebilen ve tek çıkışa sahip olan YSA'dır. 1959 yılında Stanford

üniversitesinden araştırmacılar ADALINE (Adaptive Linear Element) ve MADALINE (Many Adaline) ağ modellerini geliştirmişlerdir. MADALINE, telefon hatlarında oluşan yankıları yok eden bir uyarlanabilir süzgeç olarak kullanılmış, gerçek dünya sorunlarına uygulanmış olan ilk sinir ağıdır. 1969 yılında Minsky ve Papert Perceptron'un yetersizliklerini ortaya koymuşlar ve iki katmanlı ileri beslemeli ağların kullanılabileceğini göstermişlerdir. 1982 yılında Hopfield ağların matematiksel temellerini üretmiştir. 1984'te Kohonen danışmasız öğrenme ağlarını geliştirmiştir. 1986 yılında Rumelhart ve McClelland karmaşık ve çok katmanlı ağlar için geriye yayımlı öğrenme algoritmasını ortaya koymuştur (Elmas 2011).

YSA anlaşılması için biyolojik sinir ağlarının (BSA) yapısının ve çalışma ilkelerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. BSA oluşturan biyolojik sinir hücrelerinin dört temel elemanı vardır. Bunlar, dentritler, soma, akson ve sinaps'tır. Temel olarak biyolojik sinir diğer kaynaklardan girişleri alır, soma girişleri genelde doğrusal olmayan bir şekilde işler. Akson işlenmiş girişleri çıkışa aktarır. Sinaps diğer sinirlere çıkışı gönderir. YSA temel birimi, işlem elemanı olarak adlandırılan yapay bir sinirdir (Nöron). Bu yapay sinir biyolojik sinirlere göre basit olmasına karşın, biyolojik sinirin dört temel işlevini taklit eder (Elmas 2011).

Yapay sinir ağları, yapay sinirlerin bir araya gelmesinden oluşur. Bir YSA'nda işlemci grupları katmanları(Layers), ve katmanlarda YSA'nı oluşturur. Bir YSA girdi verilerin ağa tanıtıldığı girdi katmanı (Input Layer), sonuçların üretildiği çıktı katmanı (Output Layer) ve problemin durumuna göre girdi ile çıktı katman arasına bir ya da daha fazla sayıda eklenebilen gizli katmanlardan (Hidden Layers) oluşur. Birinci katmanda (girdi katmanında) girdi sayısı kadar işlem elemanını bulunur ve bu yapay sinirler işlem yapmadan sadece girdi değerlerini gizli katmana aktarırlar. Bir YSA'nda asıl işlem yapılan yer gizli katmandır. Birinci katmandan alınan değerler başlangıçta rastgele seçilen katsayılarla (Bağlantı Ağırlıkları) çarpılarak ve çarpımların genelde toplanmasıyla elde edilen sonuç gizli katmanın işlemcilerine girdi olarak ulaşır. Bu ikinci katmandaki işlemciler lineer olmayan (nonlinear) bir fonksiyonla (Aktivasyon Fonksiyonu) sonuç üretirler ve bu değerler bir sonraki katmana işlenmek üzere iletilir. Gizli katmandaki işlemci sayısını kullanıcı deneme-yanılma yoluyla belirlemekte ve genelde girdi katmanındaki

işlemci sayısına yakın sayıda seçilmektedir. Aktivasyon fonksiyonu ilgilenilen probleme göre türevi alınabilen bir fonksiyon olmalıdır. YSA da, doğrusal, adım, sigmoid, tanjant hiperbolik, eşik değer ve sinüs gibi fonksiyonlar kullanılmaktadır. Çıkış katmanı gelen değerler için genellikle doğrusal (Lineer) sonuçlar üretir ve dış ortama (kullanıcıya) aktarır. Bu katmanda tek bir çıkış üretilebileceği gibi birden fazla çıktı değer de üretilebilir (Nabiyev 2003, Elmas 2011).

YSA katman sayısına göre tek katmanlı ağ (Perceptron) veya çok katmanlı ağ (Multi Layer Perceptron) olarak ayrılabilirdiği gibi ağın öğrenme algoritmasına göre denetimli (supervised) ve denetimsiz (unsupervised) olarak gruplandırılmaktadır. Ayrıca bilginin akış yönüne göre ileri besleme (Feed forward) ve geri besleme (Back propogation) yapay sinir ağı olarak ta ayırım yapılmaktadır. İleri beslemeli ağlarda bir katmandaki işlem elemanı sadece kendinden önceki katmanın işlemcilerinden veri alır. Geri beslemeli ağlarda ise bir katmandaki işlemci kendi katmanındaki işlemcilerden bilgi alabileceği gibi kendinden sonraki katmanın işlemcilerinden de veri alabilir (Elmas 2011).

Çalışmada kullanılan logaritmik sigmoid fonksiyonun ve lineer fonksiyonun denklemleri 3.1 ve 3.2 de verilmiştir. Şekil 3.12’de bu fonksiyonların grafikleri verilmiştir.

$$f(x) = 1/(1 + e^{-x}) \quad (3.1)$$

$$f(x) = x \quad (3.2)$$

Çok katmanlı bir YSA girdiler ilk katmanda ağa tanıtılır ve bu katmandaki işlemciler veri üzerinde hiçbir işlem yapmazlar. Birinci katmanın işlemcilerinden çıkan verilerin her biri ağ tarafından rastgele seçilen sabitlerle (ω_{ji}) çarpılır ve bu çarpımların toplamı ikinci (gizli) katmanın işlemcilerine iletilir. $X_1, X_2, X_3 \dots X_i$ girdiler ve ω_{ji} girdi katman ile gizli katmanın işlem elemanları arasındaki bağlantı ağırlıkları olmak üzere gizli katmandaki j işlemcisinin girdi değeri;

$$Y_j = \sum_{i=1}^q \omega_{ji} * X_i \quad (3.3)$$

Formülü ile hesaplanır. Bu katmandaki işlemcilerin aktivasyon fonksiyonu $F\{\}$ olmak üzere; j işlemcisinin çıkışı;

$$F_j\{Y_j\} = F_j\{\sum_{i=1}^q \omega_{ji} * X_i\} \quad (3.4)$$

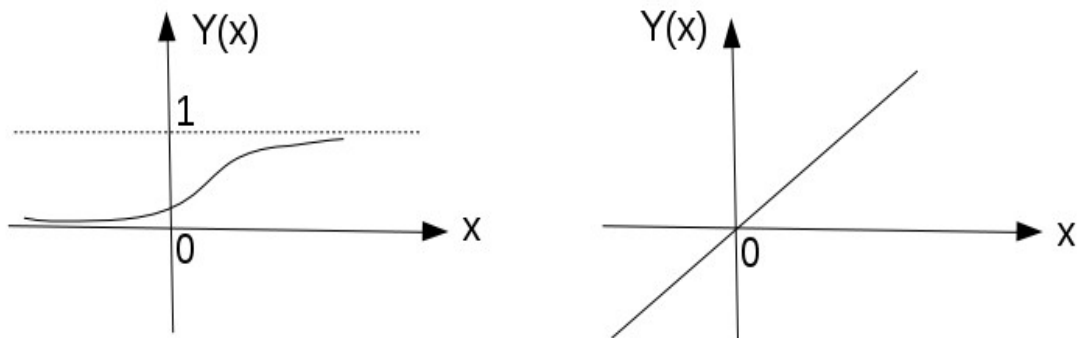
Denklemleri ile hesaplanır. Gizli katman ile çıktı katman arasındaki bağlantı ağırlıkları v_{kj} olmak üzere, çıktı katmanındaki k işlemcisine gelen değer Y_k ;

$$Y_k = \sum_{j=1}^n v_{kj} * F_j\{\sum_{i=1}^q \omega_{ji} * X_i\} \quad (3.5)$$

İfadesiyle hesaplanır. $F_k\{\}$ çıktı katmanındaki işlemcilerin aktivasyon fonksiyonu olmak üzere; k işlemcisinin çıkışı ve dolayısıyla modelin ürettiği sonuç $Y()$ olmak üzere;

$$Y(k) = F_k\{\sum_{j=1}^n v_{kj} * F_j\{\sum_{i=1}^q \omega_{ji} * X_i\}\} \quad (3.6)$$

İfadesiyle hesaplanır. Eğer üretilen sonuç ağa tanımlanan hata miktarından daha fazla ise, ağ hata miktarını geriye doğru yayarak bağlantı ağırlıklarını güncelleyecek ve en iyi sonucun üretilmesi için bu işlem tekrarlanacaktır.



Şekil 3.12. Logaritmik sigmoid ve lineer aktivasyon fonksiyonları

YSA mimarisinde tek bir gizli katman olduğunda çıkış üreten ifade denklem 3.6'dır. Eğer ağda bir yerine iki gizli katman kullanılmışsa ağda sonuç üreten ifade

olarak artık denklem 3.6 kullanılamaz. Ağ yapısı genişlediği için kullanılan denkleminde yeni mimariye göre yeniden türetilmesi gerekmektedir. Bir gizli katmanlı ağ yerine iki gizli katmana sahip ağ kullanıldığında, denklem 3.6 yerine kullanılacak ifade artık denklem 3.7'dur.

$$Y(k) = F_k\{\sum_{t=1}^m \delta_{kt} * Ft\{\sum_{j=1}^n u_{tj} * F_j\{\sum_{i=1}^q \omega_{ji} * X_i\}\}\} \quad (3.7)$$

Burada t alt indisli ifadeler ikinci gizli katmana aitliği belirtmektedir.

3.2.2. Gün Uzunluğunun Tanımlanması

Çalışmada ihtiyaç duyulan girdilerden biri, çalışılan meteorolojik istasyonlara ait gün uzunluklarının hesaplanmasıdır. İstenen bir coğrafi koordinat ve zaman için gün uzunluğu eşitlik 3.8 ile hesaplanmaktadır (Kandirmaz, 2014a).

$$S = 24 * \omega_s / \pi \quad (3.8)$$

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

$$\omega_s = \arccos(-\tan\Phi \tan\delta) \quad (3.9)$$

Eşitliği ile hesaplanır. Deklinasyon açısı ise;

$$\delta = 0.409 * \sin(2 \pi J / 365 - 1.39) \quad (3.10)$$

Eşitlik 3.10 ile 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.

3.2.3. Hata Hesabının Tanımlanması

Çalışma kapsamında geliştirilen model ile yer gözlem kayıtlarının kıyaslanması ve ayrıca hata hesaplarının yapılması için üç adet istatistiksel indis kullanılmıştır. Kullanılan bu indisler R^2 (belirleme katsayısı), RMSE ve MAE olup bunların tanımları aşağıda sunulmuştur.

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E}) (O_i - \bar{O})]^2}{\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2 \sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (3.11)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}{n}} \quad (3.12)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |E_i - O_i|}{n} \quad (3.13)$$

Bu formüllerde n toplam gözlem sayısını, E_i model ile tahmin edilen güneşlenme süresini, O_i yer gözlem istasyonunda ölçülen güneşlenme süresini, $\bar{E}$ model güneşlenme süreleri ortalamasını, $\bar{O}$ ise yer gözlem istasyonlarında ölçülen güneşlenme süreleri ortalamalarını ifade etmektedir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Yer Kayıtlarının Çalışma İçin Hazırlanması ve Bulgular

Çalışmada hem ürün geliştirme hem de geliştirilen ürünün doğrulanması amacıyla ihtiyaç duyulan yer gözlem verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) temin edilmiştir. Günlük toplam güneşlenme süresi ölçümleri MGM'ye ait büyük klima istasyonlarında ölçülmektedir. Uzun yıllardır Campbell-Stokes tipi helyograflarla yapılan bu ölçümler günlük olarak MGM veri tabanlarında saklanmaktadır. 2001 yılından itibaren otomatik meteorolojik gözlem istasyonlarının kurulmaya ve kullanılmaya başlanmasıyla birçok meteorolojik parametre gibi, güneşlenme süresi ölçümleri de dijital algılayıcılar ile yapılmaya başlanmış olmakla birlikte, bazı büyük klima istasyonlarında Campbell-Stokes tipi helyograflarla yapılan ölçümler sürdürülmektedir. (DMİ, 2010)

Campbell-Stokes tipi helyograflarla gözlem yapılmaya devam edilen büyük klima istasyonları tespit edilmiş ve bunlara ait 2005-2013 yılları arasına ait veriler MGM'den sağlanmıştır. Metin dosyası formatında ve istasyon bazlı olarak alınan veriler önce düzenli olarak tasnif edilmiş, sonrasında ise bazı kontroller yapılarak verilerin çalışmada kullanıma uygun olup olmadıkları tespit edilmeye çalışılmıştır. Nitekim bu kontroller sonucunda bazı istasyonların bir kaç yıllık verilerinin olmadığı görülmüş ve bunlar çalışma dışında bırakılmıştır.

Çalışmada kullanılan model için yer gözlemlerinin "eğitim" ve "doğrulama" olarak iki farklı veri setine ayrılması gerekmektedir. Bunlardan eğitim veri seti, modelin geliştirilmesi ve eğitilmesi, doğrulama veri seti ise, geliştirilen model tarafından üretilen çıktıların ölçülmüş verilerle kıyaslanarak modelin doğruluğunun anlaşılması için kullanılmıştır.

Çalışmada 45 adet istasyon eğitim amaçlı ve 12 adet istasyon da test amaçlı olmak üzere toplam 57 adet büyük klima istasyonuna ait veriler kullanılmıştır. Kullanılan istasyonların coğrafi konumlarını gösteren harita Şekil 4.1 de görülmektedir. Bu istasyonlardan eğitim amacıyla kullanılanların isim, coğrafi

koordinat ve rakım bilgileri Çizelge 4.1 de, test amacıyla kullanılanların ki ise Çizelge 4.2 de sunulmuştur.



Şekil 4. 1. Yer gözlemleri kullanılan istasyonların coğrafi dağılımları. Sarı renkli kare şekilli istasyonlar eğitim, kırmızı renkli üçgen renkli istasyonlar ise test amaçlı kullanılanları göstermektedir.

Çizelge 4.1. Eğitim için kullanılan büyük klima istasyonlarına ait bilgiler

WMO Kodu	Adı	Enlem (K)(DD.DDD)	Boylam (D)(DD.DDD)	Rakım (m)
17020	Bartın	41.624	32.366	33
17030	Samsun	41.343	36.255	4
17040	Rize	41.040	40.499	3
17045	Artvin	41.175	41.819	625
17046	Ardahan	41.106	42.706	1827
17066	Kocaeli	40.766	29.917	74
17069	Sakarya	40.767	30.393	30
17080	Cankiri	40.608	33.610	751
17085	Amasya	40.667	35.835	409
17086	Tokat	40.331	36.557	611
17088	Gumushane	40.460	39.465	1216
17090	Sivas	39.743	37.002	1294
17099	Agri	39.725	43.052	1646
17100	Iğdir	39.922	44.052	856
17112	Canakkale	40.141	26.399	6
17120	Bilecik	40.141	29.977	539
17123	Eskişehir (Anadolu H.)	39.812	30.528	787
17135	Kirikkale	39.843	33.518	751

Çizelge 4.2. Devamı

17140	Yozgat	38.820	34.816	1301
17155	Kutahya	39.417	29.989	969
17165	Tunceli	39.106	39.541	981
17172	Van	38.469	43.346	1675
17180	Dikili	39.073	26.888	3
17192	Aksaray	38.370	33.999	970
17193	Nevsehir	38.616	34.702	1260
17196	Kayseri	38.687	35.500	1094
17199	Malatya	38.337	38.217	950
17201	Elazig	38.644	39.256	989
17203	Bingol	38.885	40.500	1177
17210	Siirt	37.932	41.935	895
17220	Izmir	38.395	27.082	29
17238	Burdur	37.722	30.294	957
17246	Karaman	37.193	33.220	1018
17250	Nigde	37.959	34.679	1195
17255	Kahramanmaras	37.576	36.915	572
17261	Gaziantep	37.058	37.351	854
17262	Kilis	36.708	37.112	640
17270	Şanlıurfa	37.160	38.786	550
17275	Mardin	37.310	40.728	1040
17282	Batman	37.863	41.156	610
17285	Hakkari	37.575	43.739	1727
17351	Adana	37.004	35.344	23
17355	Osmaniye	37.102	36.253	94
17372	Hatay	36.205	36.151	104
17636	Florya	40.976	28.786	37

MGM'den alınan ve yukarıdaki istasyonlara ait olan veriler günlük toplam güneşlenme süreleri olup, çalışma kapsamında kullanılmak üzere bunlar aylık toplamlara çevrilmiştir. Bunun için her istasyonun verilerini ayrı ayrı içeren metin dosyaları Python programlama dili ile yazılan programla açılarak aylık toplamlar hesaplanmıştır. Günlük toplamlardan hesaplanan bu aylık toplamlar her istasyon için çıktı dosyasına yazılmıştır. Bu işlem sırasında ayrıca her istasyon için verisi olmayan gün sayıları aylık bazda çıkarılmış ve bu çıktı dosyasına bu bilgi de yazılmıştır. Bu sayede, eksik gün sayısı belirlenen bir limitten (5 gün'den) fazla olan istasyonların o aylara ait verilerinin çalışmada kullanılmaması için imkan sağlanmıştır.

Çizelge 4.3. Test için kullanılan büyük klima istasyonlarına ait bilgiler

WMO Kodu	İsmi	Enlem (K)(DD.DDD)	Boylam (D)(DD.DDD)	Rakım (m)
17033	Ordu	40.984	37.886	5
17072	Düzce	40.843	31.149	146
17084	Çorum	40.546	34.936	776
17094	Erzincan	39.752	39.486	1216
17129	Etimesgut	39.956	32.685	806
17204	Muş	38.751	41.502	1322
17265	Adıyaman	37.755	38.277	672
17340	Mersin	36.781	34.603	7
17221	Çesme	38.304	26.372	5
17237	Denizli	37.762	29.092	425
17097	Kars	40.604	43.107	1777
17160	Kirsehir	39.164	34.159	1007

İstasyonların eğitim ve test için kullanılacak olanlarının kendi içinde coğrafi konum ve rakım yönünden değişik yerleri temsil etmesi amaçlanmış ve seçimler buna uygun yapılmaya çalışılmıştır. Buna dair istasyonların rakım olarak ve coğrafi bölge olarak dağılımları sırasıyla Çizelge 4.3 de ve Çizelge 4.4 de görülmektedir.

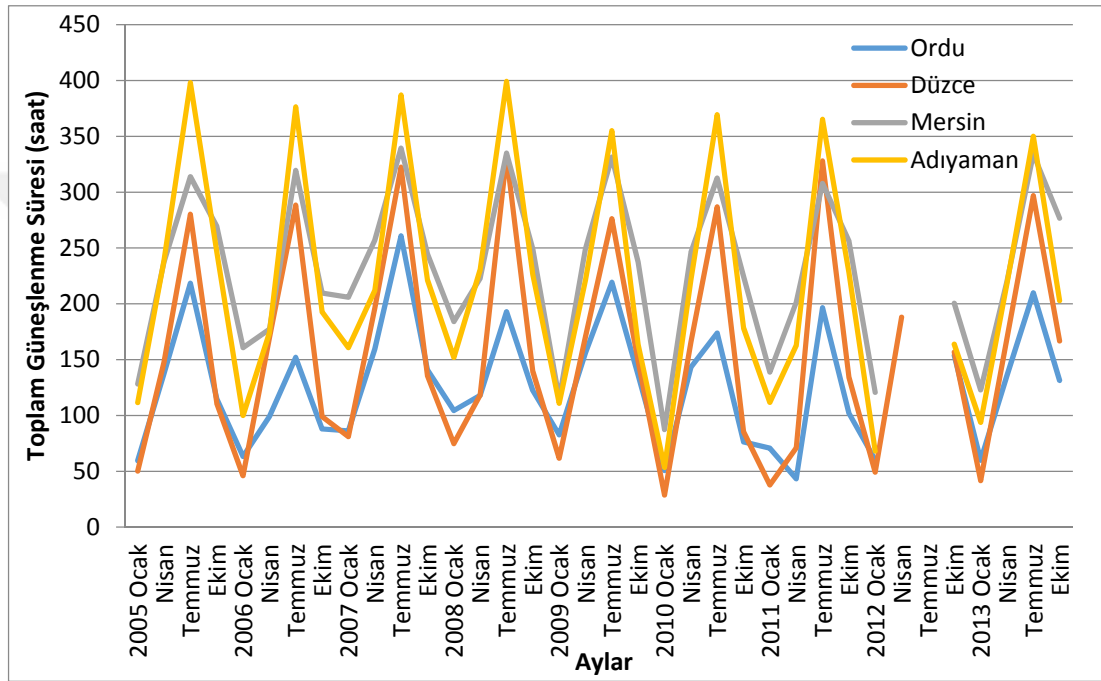
Çizelge 4.4. Çalışmada kullanılan istasyonların rakımlarına göre dağılımları

Veri Seti / Rakım (metre)	0 - 500	500-1000	1000-1500	1500-2000
Eğitim	13	19	9	4
Test	5	3	3	1
TOPLAM	18	22	12	5

Çizelge 4.5. Çalışmada kullanılan istasyonların coğrafi bölgelere göre dağılımları

Veri Seti / Coğrafi Bölge	Marmara	Ege	Karadeniz	İç Anadolu	Akdeniz	Doğu Anadolu	Güneydoğu Anadolu
Eğitim	5	2	7	11	5	9	6
Test	1	2	2	2	1	3	1
TOPLAM	6	4	9	13	6	12	7

Kullanılan istasyonlara ait kayıtlar 2005-2013 yılları arasında büyük oranda tamdır. Bu çalışmada, 5 günden fazla eksik verisi olan aylara ait kayıtların kullanılmamasının faydalı olacağı değerlendirilmiştir. 6156 adet aylık toplam kayıt içerisinde veri olmayan gün sayısı 5 den fazla olan kayıtların toplamı 329'dır. Buna göre verilerin %95'i kullanılabilmiştir.



Şekil 4. 2. Bazı istasyonlara ait aylık toplam güneşlenme süreleri.

Test için kullanılan 12 adet yer gözlem istasyonundan bazılarının ait güneşlenme verilerinin zaman ve mekana bağlı olarak değişimini gösteren tablolar ve grafikler oluşturulmuştur.

Bir bölgenin iklimi ve buna bağlı olarak bulutluluk klimatolojisi, o bölgenin güneşlenme süresi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Şekil 4.2 de, test için kullanılan bazı istasyonlara ait aylık toplam güneşlenme sürelerinin zamansal değişimi görülmektedir. Bunlardan güney enlemlerinde bulunan ve karasal bir iklime sahip olan Adıyaman'ın Temmuz aylarındaki toplam güneşlenme süresinin diğerlerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunda en büyük etkenler gün uzunluğunun güney enlemden dolayı uzun olması ve yazların kurak ve nispeten daha az bulutlu geçmesidir. Ancak yurdumuzda genellikle bulutlu ve yağışlı geçen kış

mevsimi sebebiyle Adıyaman'daki Ocak ayı toplam güneşlenme sürelerinde değişkenlikler olduğu göze çarpmaktadır. Bu istasyonda 2008 yılı Ocak ayında toplam güneşlenme süresi 152 saat iken 2009 yılı Ocak ayında bu süre 110,9 saate, 2010 yılı Ocak ayında ise 53,4 saate düşmekte ve 2011 yılı Ocak ayında tekrar 111,8 saate çıkmaktadır. Bu istasyonlardan Rize'de ise, hem yaz hem de kışların genel olarak bulutlu geçmesi sebebiyle güneşlenme sürelerindeki değişkenlik her iki mevsimde de gözlemlenmektedir. Nitekim Ordu'da 2005, 2006 ve 2007 yılları Temmuz ayı toplam güneşlenme süresi sırasıyla 218,4 saat, 152 saat ve 260,8 saat olarak gerçekleşmiştir. Bu istasyonda 2008, 2009 ve 2010 yılları Ocak aylarında bu değerler sırasıyla 104,4 saat, 82,6 saat ve 50,6 saat olmuştur.

4.2. Uydu Ürünlerinin Çalışma İçin Hazırlanması ve Bulgular

Çalışmada kullanılan uydu ürünleri, İklim SAF' ına (CMSAF) ait CFC bulut kapalılık ürünü ve CTY bulut tipi ürünleridir. Bu ürünlerin temini için CMSAF web portalından üyelik işlemlerinin yapılmasının ardından veri siparişi verilmiş ve hazırlanan siparişler FTP protokolü ile web portalından indirilmiştir.

CFC ve CTY ürünleri CMSAF tarafından 2005 yılı Eylül ayından itibaren üretilmektedir. Ürün üretim zinciri bu süre zarfında bazı değişiklik ve güncellemeler geçirmiş olup bunlara dair versiyon bilgileri Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6 da sunulmuştur. Bu versiyon değişikliklerinin çoğu, kullanılan operasyonel Meteosat uydularının birinden diğerine geçişle ilgili olarak yapılan değişikliklerdir. CFC ürünü 2005 yılı Eylül ayından beri kesintisiz üretilmiş olmakla beraber, CTY ürünü 2012 yılı Mart ayı ve 2012 yılı Aralık ayları arasındaki toplam 10 ay için üretilmemiştir. Buna bağlı olarak bu periyoda ait CTY ürünleri çalışmada kullanılamamıştır. Bu istisna dışında bu ürünler 2014 yılı Aralık ayına kadar temin edilmiştir.

Her bir CFC ve CTY dosyasında, ilgili aya ait her saati (00:45, 01:45, 02:45 GMT gibi) temsilen 24 adet veri seti bulunmaktadır. Çalışmada hedeflenen güneşlenme süresi tahmini için bu saatlerden yerel saatle 09:45, 11:45 ve 13:45 e tekabül eden veri setleri kullanılmıştır. Güneş doğuş ve batış saatlerine yakın olan sabah ve akşam saatleri özellikle kullanılmamıştır. Bunun sebebi bu ürünlerle ilgili

performans kısıtlarıdır. İlgili dokümanda bu ürünlerin güneş doğuş ve batış saatlerinde yüksek güneş doruk açısı (sun zenith angle) sebebiyle yansıma değerlerinin doğru hesaplanamamasına bağlı olarak elde edilen bulut tipi bilgilerinde yanlış sınıflandırmalar olabileceği belirtilmektedir. 5 ayrı bulut sınıfı için bu üç saatte verilen kapalılık miktarları, o aya ait gündüz saatlerinin daha iyi temsil edilmesi için her sınıf için ayrı ayrı toplanıp üçe bölünerek ortalamalar hesaplanmıştır.

Çizelge 4.6. CMSAF CFC bulut ürünü versiyon tablosu (CMSAF, 2014)

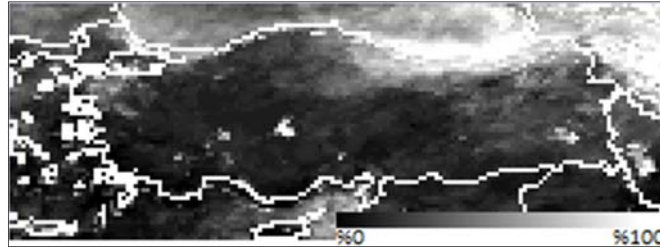
Versiyon	Değişiklik Açıklaması	Geçerlilik Süresi
210	NWCSAF MSG Bulut Ürünü Versiyon 2.1 tabanlı olarak üretilen başlangıç versiyonu	09/2005 -04/2007
300	Meteosat-8 den Meteosat-9 a geçiş	05/2007-04/2008
310	Yeni SEVIRI ışıma tanımlamasının uygulanması	05/2008-12/2008
320	Yeni ürün üretim ortamına geçiş	01/2009-02/2012
330	Sayısal Hava Tahmin Modeli girdisi değişikliği ve NWCSAF versiyon 2010'a yükseltme	03/2012-12/2012
340	Meteosat-10 verisinin işlenmesi için NWCSAF versiyon 2012'ye yükseltme	01/2012-günümüz

Çizelge 4.7. CMSAF CTY bulut ürünü versiyon tablosu (CMSAF, 2014)

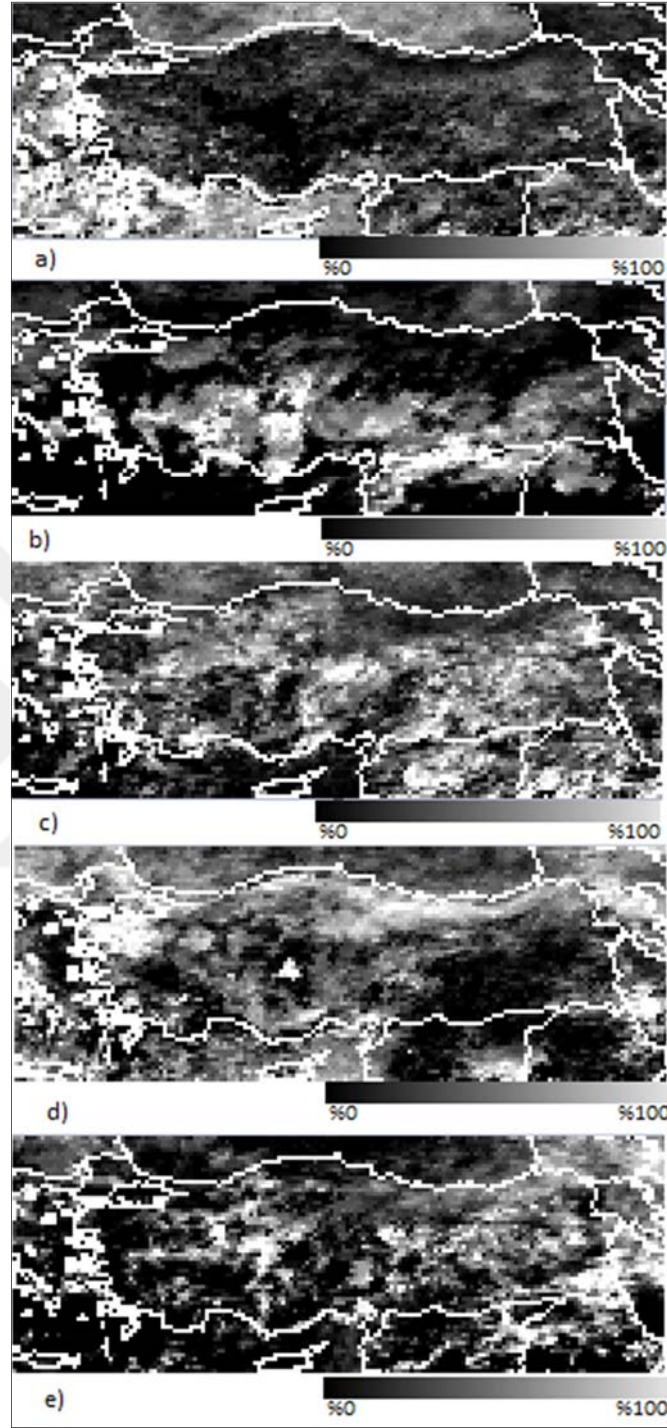
Versiyon	Değişiklik Açıklaması	Geçerlilik Süresi
210	NWCSAF MSG Bulut Ürünü Versiyon 2.1 tabanlı olarak üretilen başlangıç versiyonu	09/2005 -04/2007
300	Meteosat-8 den Meteosat-9 a geçiş	05/2007-04/2008
310	Yeni SEVIRI ışıma tanımlamasının uygulanması	05/2008-12/2008
320	AVHRR üretimi ile uyumlu olması için yeniden haritalama tablosunun değiştirilmesi ve yeni ürün üretim ortamına geçiş	01/2009-12/2009
330	Bulut tipi ortalama rutininde sorun giderme işlemi	01/2010-02/2012

CFC ve CTY ürünlerinin çalışma kapsamında daha kolay kullanılmasını sağlamak amacıyla, "Sinusoidal" projeksiyonda ve HDF5 formatında olan bu ürünler, C++ dilinde çalışma kapsamında yazılan program vasıtasıyla çözümlenerek, yukarıda belirtilen 3 saate ait bulut kapalılık ve bulut tipi bilgileri Türkiye'yi kapsayan yeterli büyüklükte bir alan için ve "Plate Carree" projeksiyonunda PNG dosya formatına çevrilmiş ve ayrı dosyalar halinde paketlenmiştir. Bunlara ait örnek dosya görüntüleri Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 de görülmektedir.

Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 de görülen görüntüler üzerine sınır çizgileri buradaki gösterimde coğrafi sınırların daha iyi görülebilmesi için sonradan konulmuş olup, çalışmada kullanılan dosyalarda herhangi bir üstlük bulunmamaktadır. Bu çözümleme ve yeniden haritalandırma işleminin ardından toplam 1866 adet çıktı dosyası elde edilmiş ve CFC ve CTY ürünlerinin çalışmada kullanımına bu dosyalar kullanılarak devam edilmiştir. Bu alanın coğrafi sınırları 35° ve 43° Kuzey enlemleri ile 25° ve 46° Doğu boylamları arasını kapsamaktadır ve yatay mekansal çözünürlüğü 15 km.'dir. Bu işlemlerin yapılması için yazılan C++ programına ait kaynak kod EK-2 de sunulmuştur.



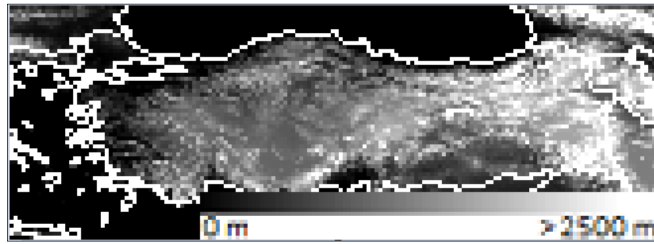
Şekil 4. 3. Çözümlenmiş ve yeniden haritalanmış CFC Bulut Toplam Kapalılık ürünü 2011 yılı Eylül ayı 09:45 saatine ait toplam bulut kapalılığı oranı örnek görüntüsü



Şekil 4. 4. Çözümlemiş ve yeniden haritalanmış CTY Bulut Tipi ürünü 2011 yılı Eylül ayı 09:45 saatine ait örnek görüntüler. a) Parçalı Bulut Oranı, b) Yüksek Seviye Opak Bulut Oranı, c) Yüksek Seviye Yarı Geçirgen Bulut Oranı, d) Alçak Seviye Bulut Oranı, e) Orta Seviye Bulut Oranı.

4.3. Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) Verilerinin Hazırlanması

Uydu ürünleri ve yer gözlemleri ile modelin eğitilmesi aşamasında istasyonların rakımları MGM 'den temin edilmiş ve bu rakım bilgileri modelin eğitilmesi ve test edilmesi sırasında kullanılmıştır. İlgili sayısal yükseklik modeli verilerini içeren "dem30ARC_W60N90.hdf" HDF4 dosyası "ftp://ladsweb.nascom.nasa.gov/LandSeaMask_DEM" adresinden temin edilmiştir. Bu dosya içerisinde, 60 derece batı ve 60 derece doğu boylamları ile 0 derece enlemi ile 90 derece kuzey enlemleri arasını kapsayan alanın 30 ark saniye (yaklaşık 1 km.) yatay mekansal çözünürlükteki sayısal yükseklik modeli verileri mevcuttur. Bu veri setinin çalışmada kullanılabilmesi için veri önce CFC ve CTY verilerinin PNG olarak kaydedildiği alan sınırlarından kesilmiştir (subsetting). Sonrasında ise yüksek çözünürlüklü (1 km.) bu veri, "en yakın komşu" (nearest neighbour) yöntemi ile aynı yatay mekansal çözünürlüğe (15 km.) yukarı ölçeklenmiştir (up-scaling). Üretilen bu sayısal yükseklik modeli haritası Şekil 4.5 de sunulmuştur. Şekil 4.5 de görülen görüntü üzerine sınır çizgileri buradaki gösterimde coğrafi sınırların daha iyi görülebilmesi için sonradan konulmuş olup, çalışmada kullanılan dosyada herhangi bir üstlük bulunmamaktadır.



Şekil 4. 5. Çalışma alanı için oluşturulan sayısal arazi modeli görüntüsü

4.4. Yapay Sinir Ağının Oluşturulması

Yukarıda açıklanan güneşlenme süresi yer gözlemlerine ait verilerin ve ilgili CMSAF uydu ürünlerinin gerekli ön işlemlerden geçirilip çalışmada kullanılmaya hazır hale getirilmesinden sonraki aşama, bu verilerin yapay sinir ağı yöntemi kullanılarak modellenmesidir. Çalışmada yapay sinir ağı olarak Python dilinde

geliştirilmiş olan PyBrain kütüphanesinden faydalanılmıştır. PyBrain modüler bir makina öğrenme kütüphanesi olup, yapay sinir ağları, denetimli öğrenme (supervised), ve denetimsiz öğrenme (unsupervised) amaçları için geliştirilmiş algoritmaları içermektedir. (PYBRAIN, 2015)

Bu çalışmada, ileri beslemeli çok katmanlı YSA kullanılmıştır. Ağ mimarisi girdi, çıktı ve iki tane de gizli katmandan oluşmaktadır. Modele 8 parametre girdi olarak verildiği için girdi katmanda 8 işlem elemanı bulunmakta ve hedef parametre olarak güneşlenme süresi için çıktı katmanda bir işlem elemanı kullanılmıştır. En iyi tahmin, birçok denemeden sonra gizli katmanlarda 9 işlem elemanı kullanılmasıyla elde edilmiştir. Gizli katmandaki işlem elemanları için logaritmik sigmoid aktivasyon fonksiyonu seçilmiştir. Çıktı katman da ise lineer aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Şekil 4.6 da çalışma için oluşturulan ileri beslemeli çok katmanlı YSA mimarisi görülmektedir. Çalışma kapsamında tasarlanan YSA modelinin girdi katmanının 8 adet yapay siniri şu verilerle beslenmiştir;

X₁: İstasyon rakımı

X₂: Ay

X₃: Verilerin ait olduğu aya ait ortalama gün uzunluğu

X₄: Verilerin ait olduğu aya ait parçalı bulut kapalılık oranı

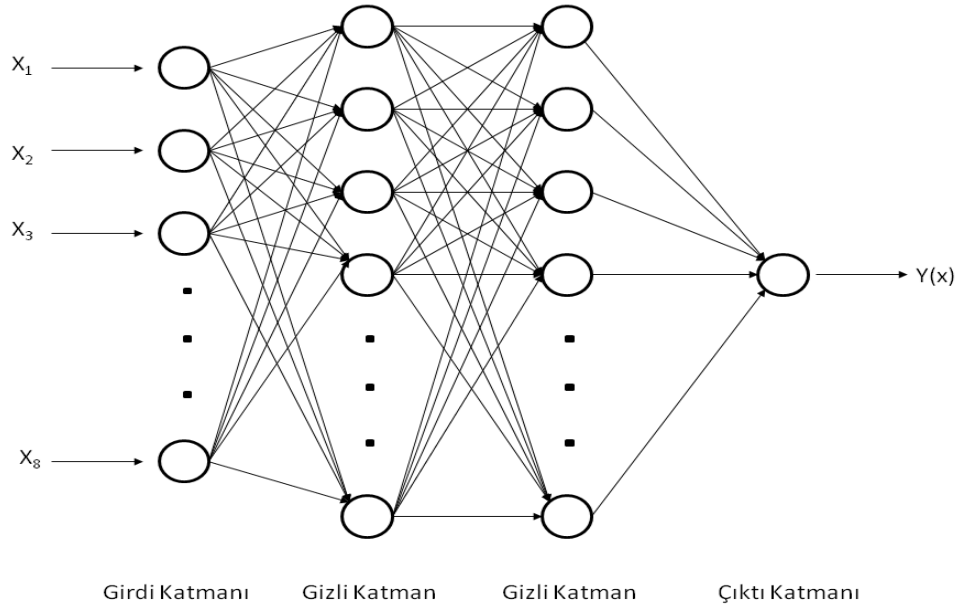
X₅: Verilerin ait olduğu ayın yüksek seviye yarı geçirgen bulut kapalılık oranı

X₆: Verilerin ait olduğu aya ait yüksek seviye opak bulut kapalılığı oranı

X₇: Verilerin ait olduğu aya ait orta seviye bulut kapalılığı oranı

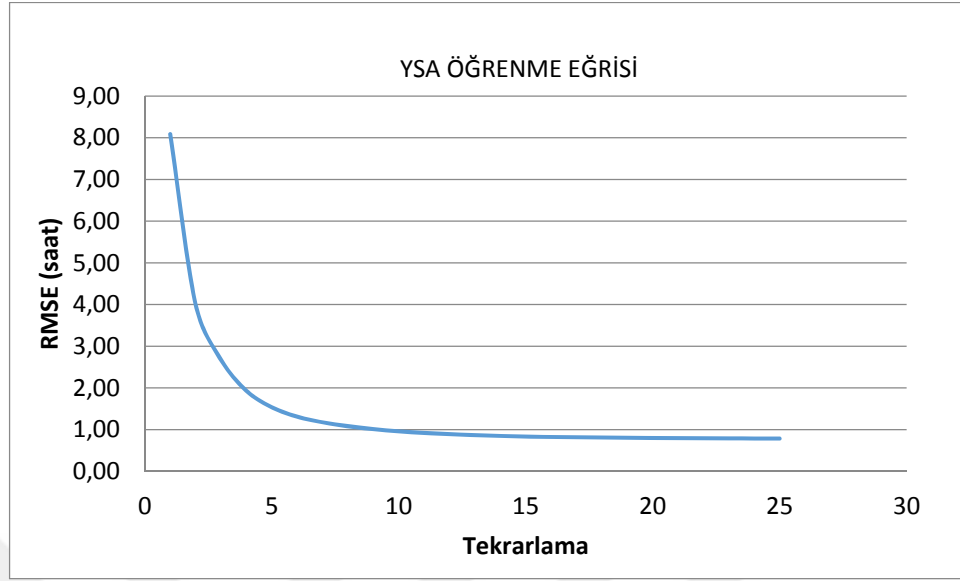
X₈: Verilerin ait olduğu aya ait alçak seviye bulut kapalılığı oranı

Çıktı katmanının tek yapay siniri ise verilerin ait olduğu aya ait ortalama güneşlenme süresini ifade etmektedir. Tüm girdi ve çıktı verileri, 1 üzerinden normalleştirilmiştir ve böylece 0 ve 1 arasında değişen kesirli sayılara dönüştürülmüştür.



Şekil 4. 6. Kullanılan yapay sinir ağı mimarisi

Çalışma kapsamında kullanılan veri seti (girdi ve çıktı bilgileri), her istasyon için, hem istasyona ait yer gözlemi hem de uydu ürünlerinin mevcut olduğu aylara ait bilgilerden oluşmaktadır. Bu veri seti 3 ana gruba ayrılmıştır. Bunlardan ilki, yapay sinir ağı modelinin eğitim veri seti olup, toplam veri setinin yaklaşık % 70 i bu amaçla kullanılmıştır. YSA modeli, istenen seviyenin altında bir hata miktarına ulaşana kadar eğitimin devam ettirilmesi amacıyla kullanılan kontrol veri seti ise % 5 olarak belirlenmiştir. Son grup ise test veri seti olup, YSA modelinin eğitimi bitip model kullanıma hazır hale geldikten sonra model çıktıları ile kıyaslama yapılması ve modelin tutarlılığının ve performansının hesaplanması için kullanılmıştır. Test veri setine ayrılan verilerin oranı % 25'dir. Çalışmada yapay sinir ağının eğitim verileri ile eğitilmesi sonucunda elde edilen model ve buna bağlı katsayılar (bağlantı ağırlıkları) EK-1 de sunulmuştur.



Şekil 4. 7. Geliştirilen YSA modelinin eğitimi esnasında tekrarlar ve bunlara tekabül eden saat cinsinden RMSE değerlerini gösteren öğrenme eğrisi.

Modelin eğitimi esnasında yaklaşık 25 defa tekrarlar (iterasyon) yapılmıştır. Tekrarlar sayısı, sabit olarak baştan belirlenmemiştir. Model eğitilirken arka arkaya 3 tekrardan sonra iyileşme olmazsa eğitimi sonlandır şeklinde belirtilen parametre sonucunda bu sayıya ulaşılmıştır.

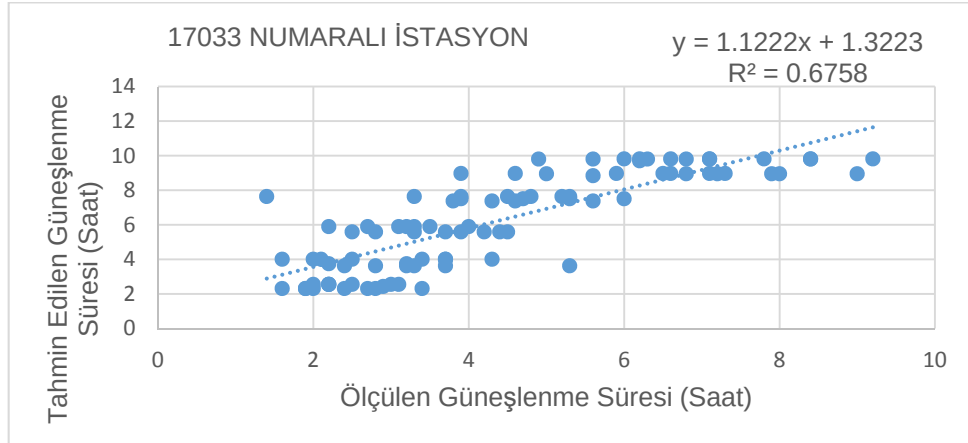
4.5. Gün Uzunluğunun Hesaplanması

Çalışmada her istasyona ait gün uzunluklarının hesaplanması için Python programlama dilinde yazılmış olan PyEphem kütüphanesi kullanılmıştır. PyEphem kütüphanesi Python programlama dili için temel astronomik hesaplamalar yapılmasına imkan sağlar. İstenen bir zaman ve yeryüzü konumu için bu kütüphane Güneş, Ay çeşitli gezegenler ve bunlara ait uyduların ve yörünge bilgileri sağlandığında herhangi bir yer gözlem uydusunun pozisyonlarını hesaplayabilir. Kütüphane ayrıca gökyüzünde bulunan bir gökcisminin istenen bir gün için doğuş, batış ve geçiş zamanlarını hesaplayabilmektedir. (PyEphem, 2014)

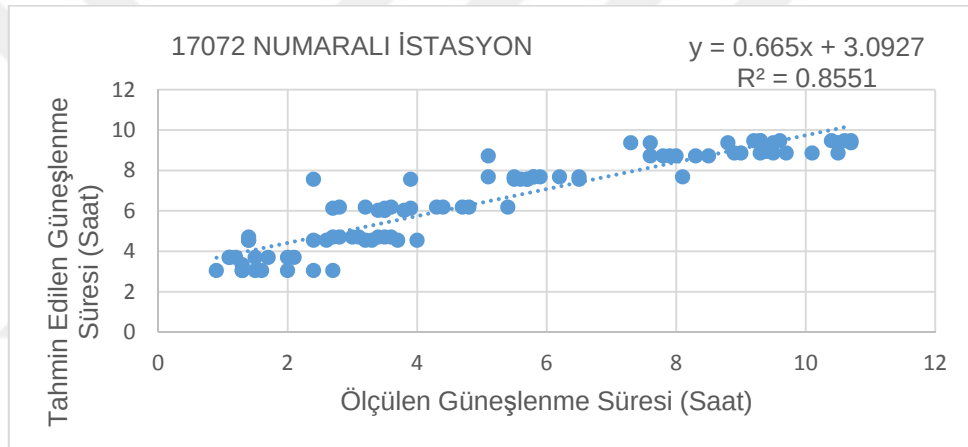
4.6. Bulut Parametreleri Kullanılmadan Yapılan Güneşlenme Süresi Tahmini

Bulut tipi bilgisi kullanılmadan ve sadece gün uzunluğu, ay ve rakım bilgileri kullanılarak elde edilen sonuçlar (model 1) ve bunların yer gözlem istasyonlarına ait kayıtlar ile karşılaştırılması sonucu ortaya çıkan hata oranları aşağıdaki grafiklerde sunulmaktadır. Bu üç istasyona ait tutarlılık oranları incelendiğinde, 17033 numaralı Ordu istasyonuna ait R^2 değerinin 0,67 ile çok düşük olduğu, 17072 numaralı Düzce ve 17084 numaralı Çorum istasyonlarında sırasıyla 0,85 ve 0,87 olduğu görülmektedir. 17094 numaralı Erzincan, 17097 numaralı Kars ve 17129 numaralı Etimesgut istasyonlarında R^2 değerleri sırasıyla 0,81, 0,71 ve 0,88'dir. 17160 numaralı Kırşehir, 17204 numaralı Muş ve 17221 numaralı Çeşme istasyonlarında ise R^2 değerleri sırasıyla 0,87, 0,92 ve 0,91'dir. Muş istasyonuna ait R^2 değeri, tüm test istasyonları içindeki en yüksek uyumluluğa sahiptir. 17237 numaralı Kırşehir, 17265 numaralı Muş ve 17340 numaralı Çeşme istasyonlarında ise R^2 değerleri sırasıyla 0,87, 0,92 ve 0,91'dir.

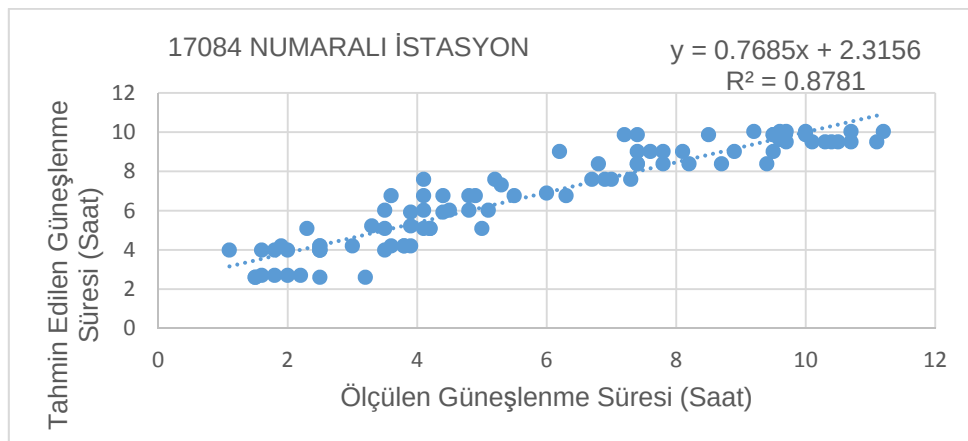
Tüm test istasyonlarına ait saçılma diyagramları ve R^2 değerleri incelendiğinde model 1 çıktılarının, özellikle düşük güneşlenme süresi durumunda çok düşük bir tutarlılığa sahip olduğu görülmektedir. Güneşlenme süresinin yüksek olduğu durumlarda ise tutarlılık nispeten artmaktadır. Bu durum, güneşlenme süresinin düşük olduğu ve bulutluluğun değişken olduğu kış aylarında tutarlılığın düşük, güneşlenme süresinin yüksek olup havanın genellikle az bulutlu ve açık geçtiği yaz aylarında ise bulut bilgisini kullanmayan bu modelin tutarlılığının biraz daha yüksek olması olarak yorumlanmıştır. Nitekim yıl boyunca çok ve değişken bir bulutluluğa sahip Doğu Karadeniz Bölgesinde yer alan Ordu istasyonunda hem yüksek hem de düşük güneşlenme sürelerinde bile düşük bir tutarlılık görülmektedir.



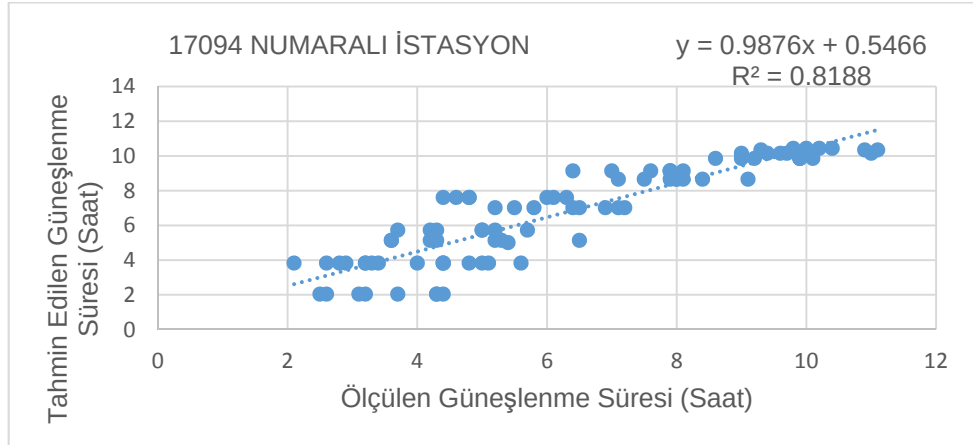
Şekil 4. 8. 17033 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları



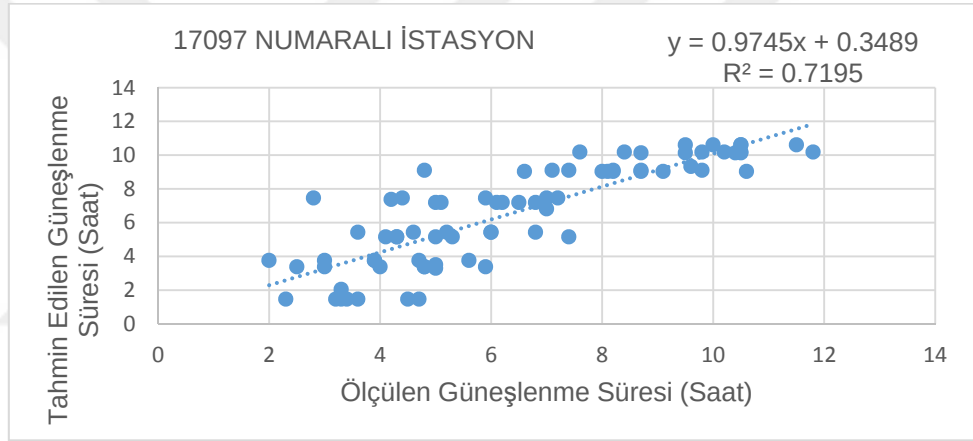
Şekil 4. 9. 17072 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları



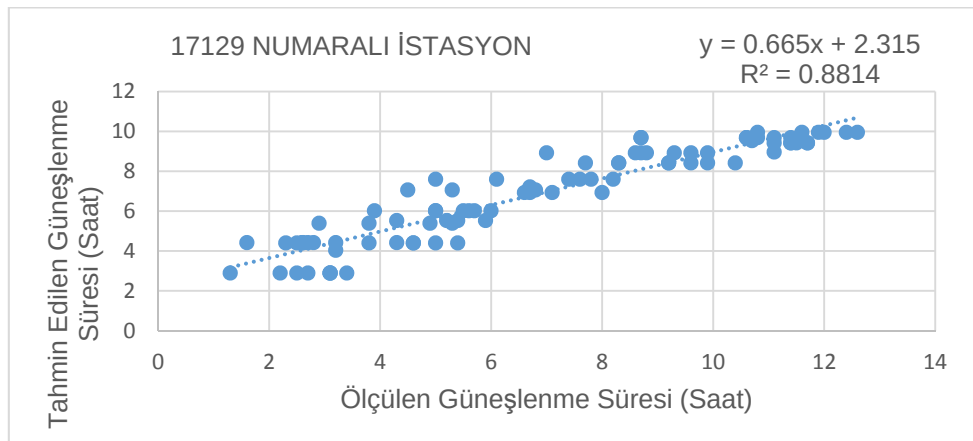
Şekil 4.10. 17084 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları



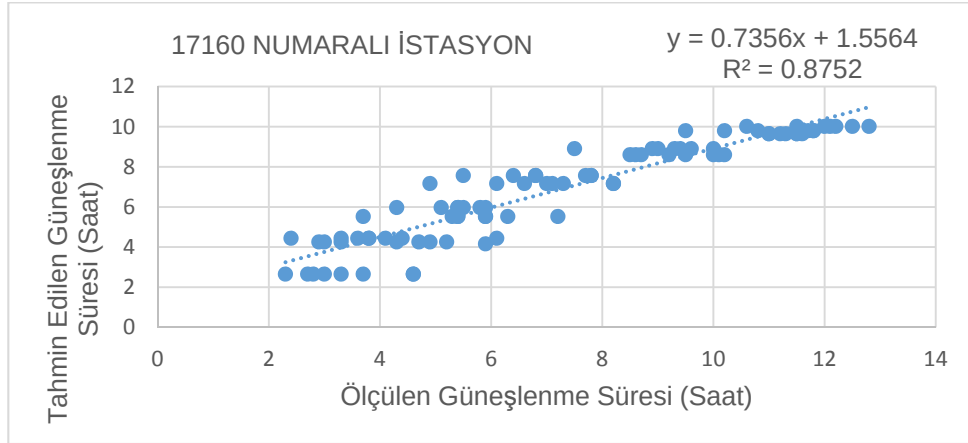
Şekil 4.11. 17094 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları



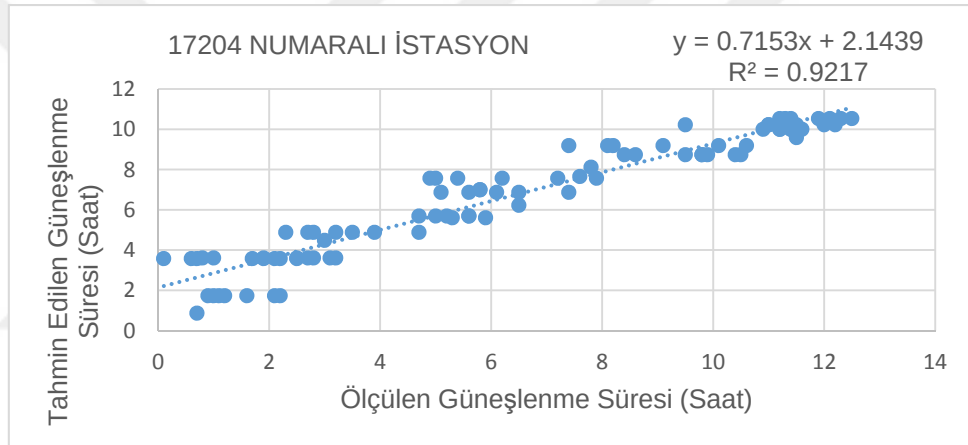
Şekil 4.12. 17097 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları



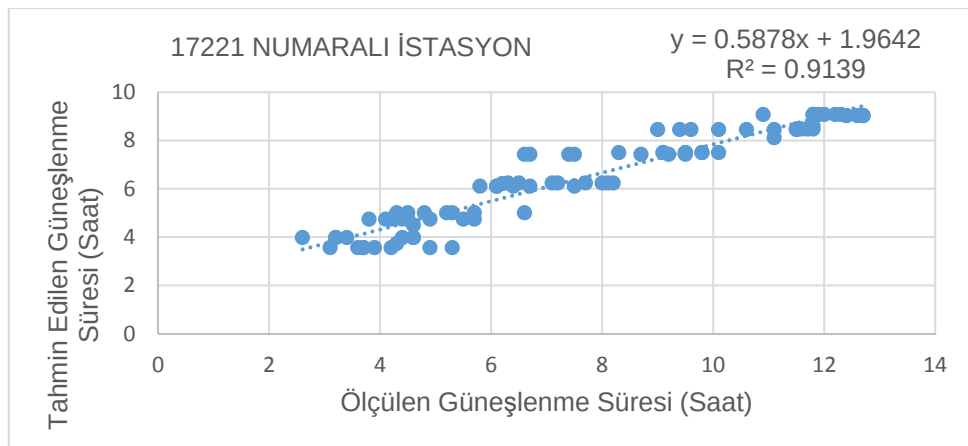
Şekil 4.13. 17129 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları



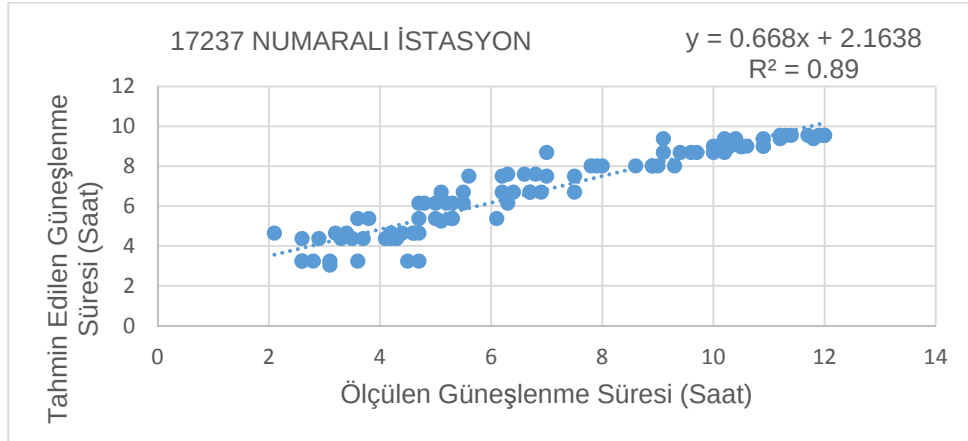
Şekil 4.14. 17160 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları



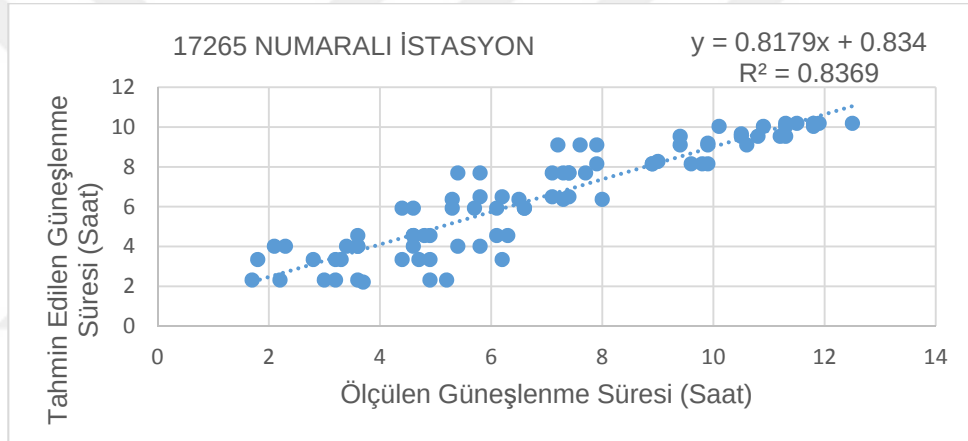
Şekil 4.15. 17204 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları



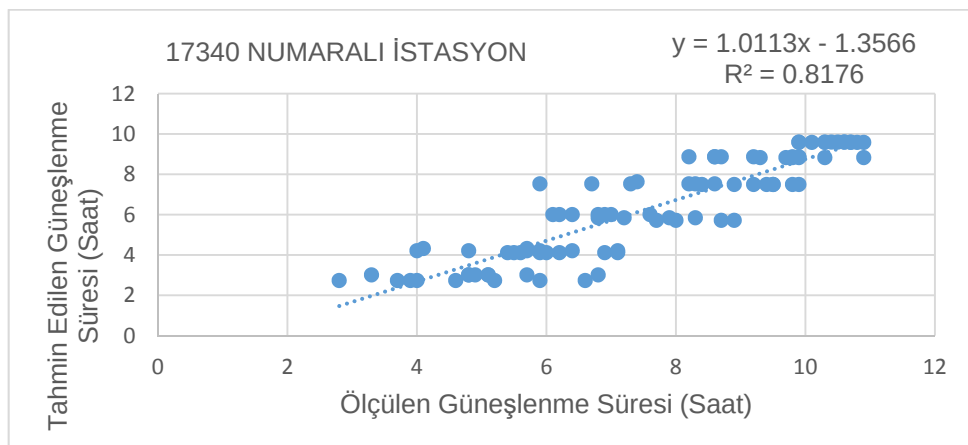
Şekil 4.16. 17221 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları



Şekil 4.17. 17237 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları



Şekil 4.18. 17265 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları



Şekil 4.19. 17340 Numaralı istasyona ait model 1 test sonuçları

4.7. Bulut Parametreleri Kullanılarak Yapılan Güneşlenme Süresi Tahmini

Bu bölümde, uydudan elde edilen bulut tipi bilgisi, ay ve rakım bilgileri girilerek elde edilen güneşlenme süresi tahminlerinin (model 2) yer gözlem istasyonlarına ait verilerle yapılan kıyaslaması ve tutarlılık oranları sunulmaktadır. 44 adet yer gözlem istasyonuna ait gözlemler, bunlara ait rakım ve ay bilgileri ile bu istasyona denk gelen pikseldeki ilgili uydu ürününün bulut tipi kapallılığı kullanılarak YSA modeli eğitilmiştir. Sonrasında ise 12 adet test istasyonunun verileri ile bu Model 2 çalıştırılmış ve bu test istasyonlarına ait ölçümler ile model çıktıları kıyaslanmıştır.

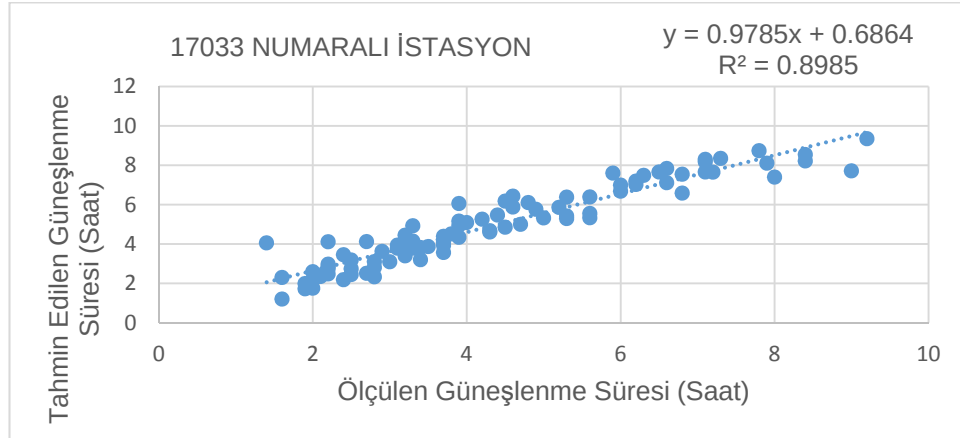
17033 numaralı Ordu, 17072 numaralı Düzce ve 17084 numaralı Çorum istasyonlarına ait R^2 değerleri sırasıyla 0,89, 0,95 ve 0,96 olarak görülmektedir. Ordu istasyonu her ne kadar en düşük R^2 değerine sahip olsa da, Model 1 ile kıyaslandığında çok ciddi bir iyileşme gözlemlenmektedir.

17094 numaralı Erzincan, 17097 numaralı Kars ve 17129 numaralı Etimesgut istasyonlarında R^2 değerleri sırasıyla 0,95, 0,89 ve 0,97'dir. Yine bu üç istasyon içinde en düşük değere sahip olan Kars istasyonundaki tutarlılığın Model 1 ile kıyaslandığında oldukça yükseldiği gözlemlenebilmektedir.

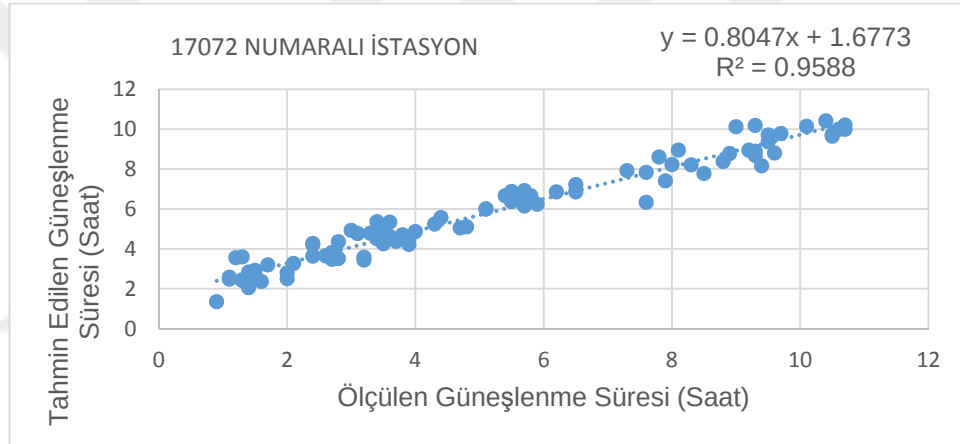
17160 numaralı Kırşehir, 17204 numaralı Muş ve 17221 numaralı Çeşme istasyonlarında ise R^2 değerleri sırasıyla 0,96, 0,96 ve 0,97'dir.

17237 numaralı Kırşehir, 17265 numaralı Muş ve 17340 numaralı Çeşme istasyonlarında ise R^2 değerleri sırasıyla 0,96, 0,95 ve 0,96'dir.

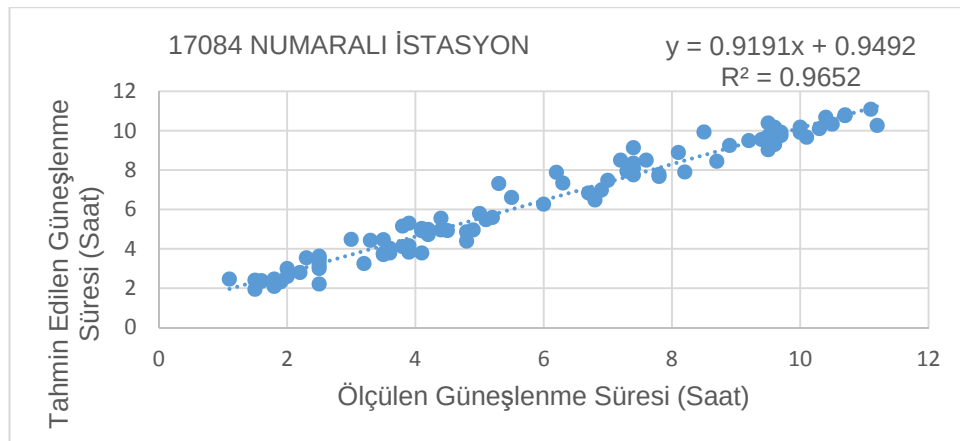
12 adet test istasyonuna ait saçılma diyagramları ve R^2 değerleri incelendiğinde, yüksek tutarlılık oranları ve Model 1 e kıyasla ciddi iyileşmeler göze çarpmaktadır. R^2 değerleri Ordu ve Kars dışındaki tüm istasyonlarda 0,96 civarında, bu iki istasyonda ise 0,89 civarındadır. Diğer bir husus ise, saçılma diyagramlarında hem düşük hem de yüksek güneşlenme süreleri için genellikle uyumluluğun yüksek olmasıdır.



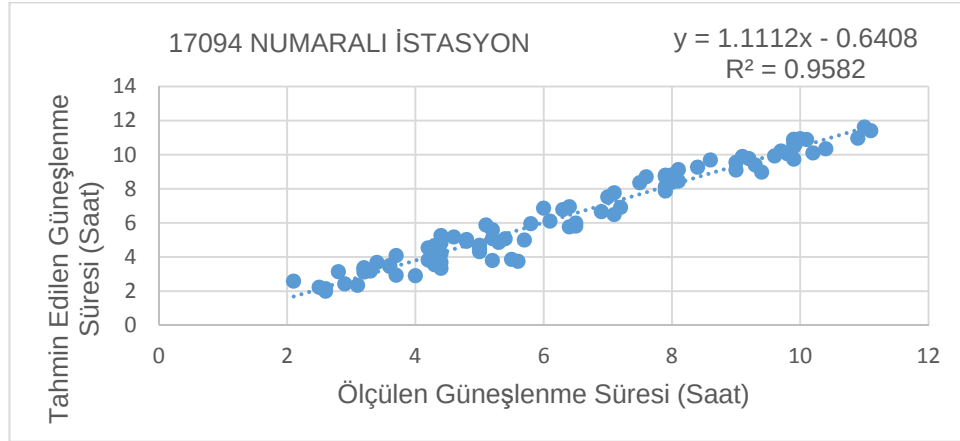
Şekil 4.20. 17033 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları



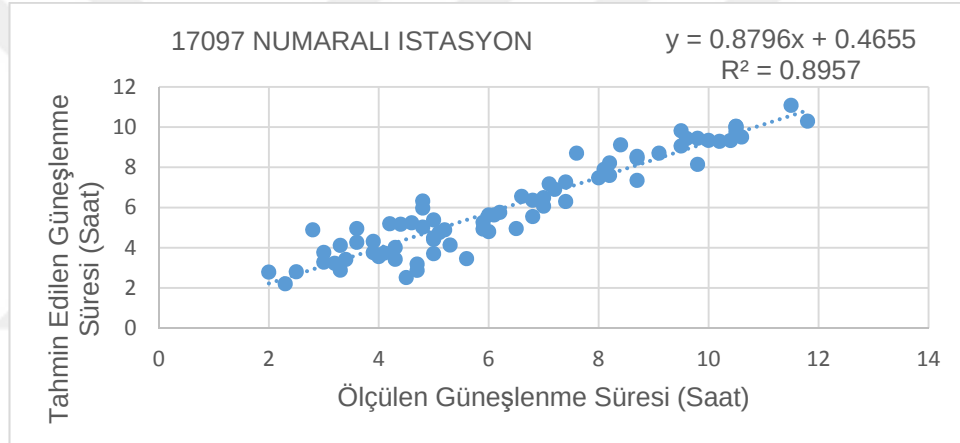
Şekil 4.21. 17072 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları



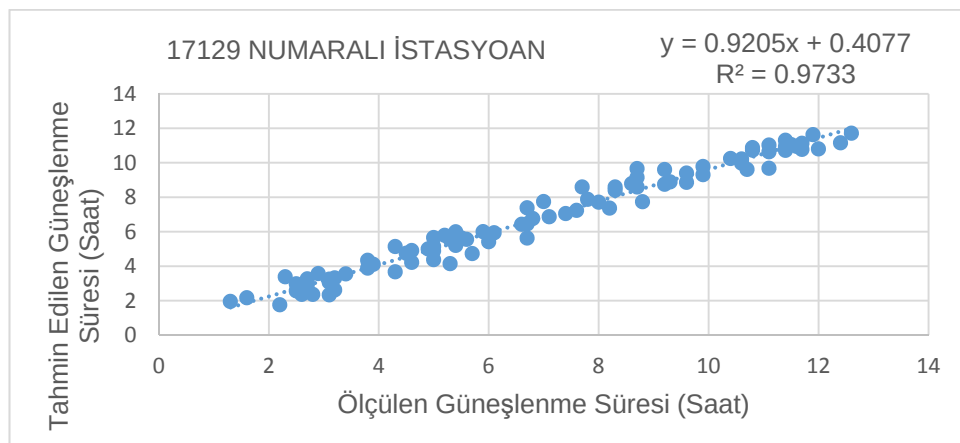
Şekil 4.22. 17084 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları



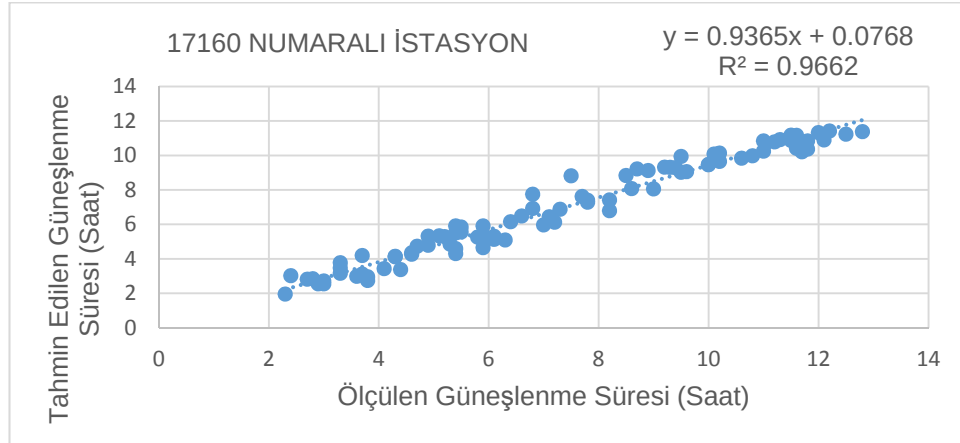
Şekil 4.23. 17094 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları



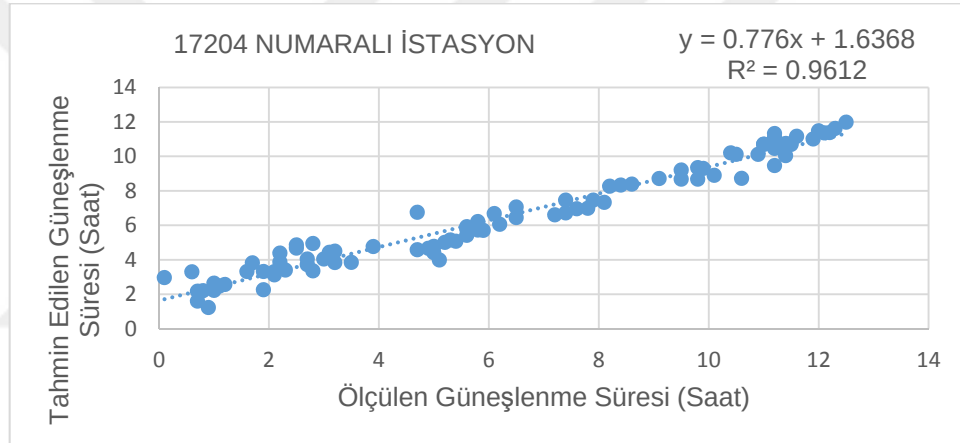
Şekil 4.24. 17097 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları



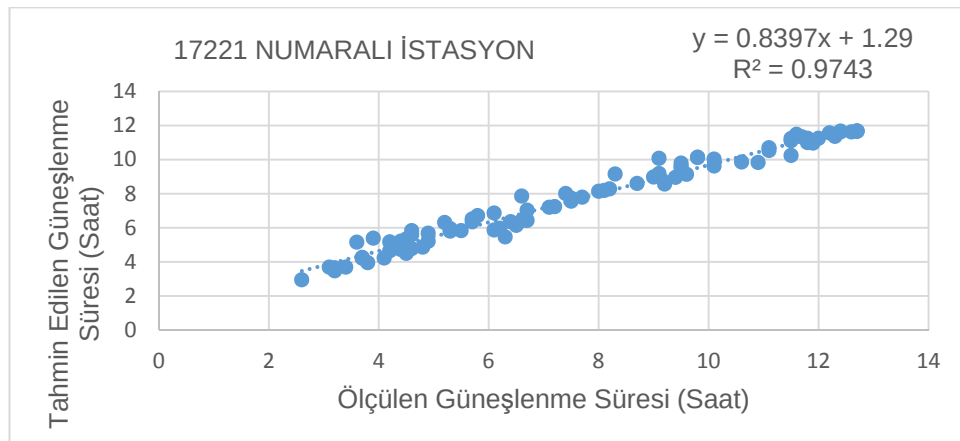
Şekil 4.25. 17129 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları



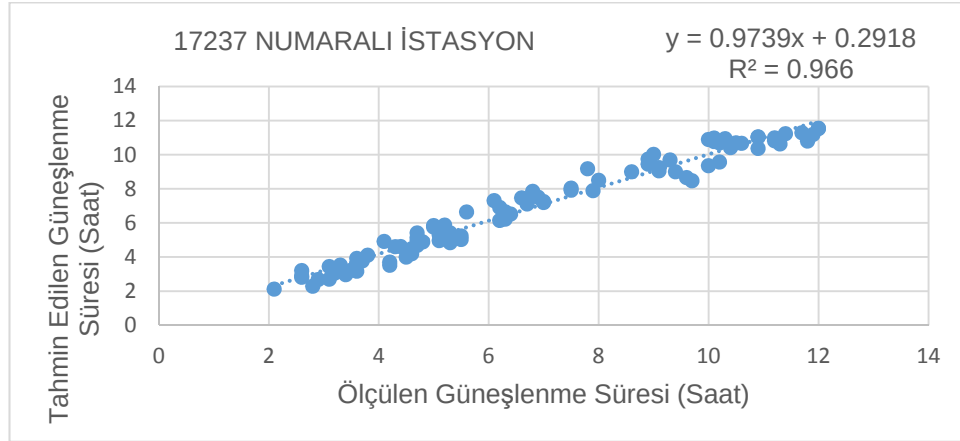
Şekil 4.26. 17160 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları



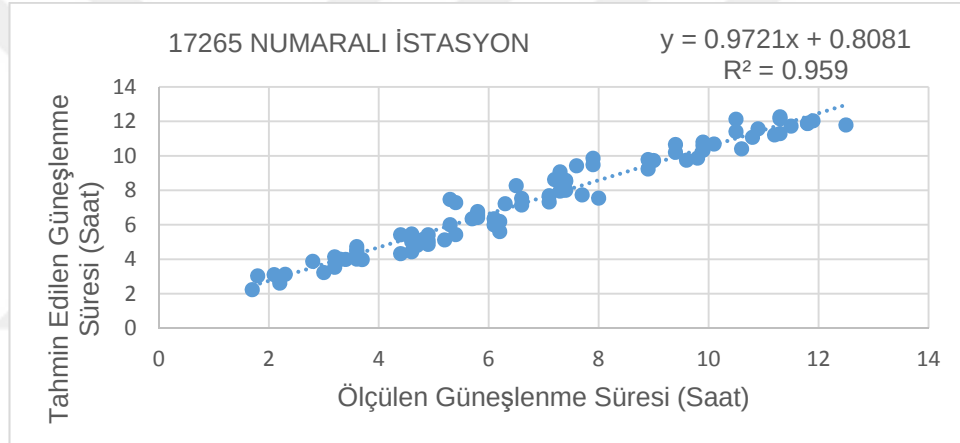
Şekil 4.27. 17204 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları



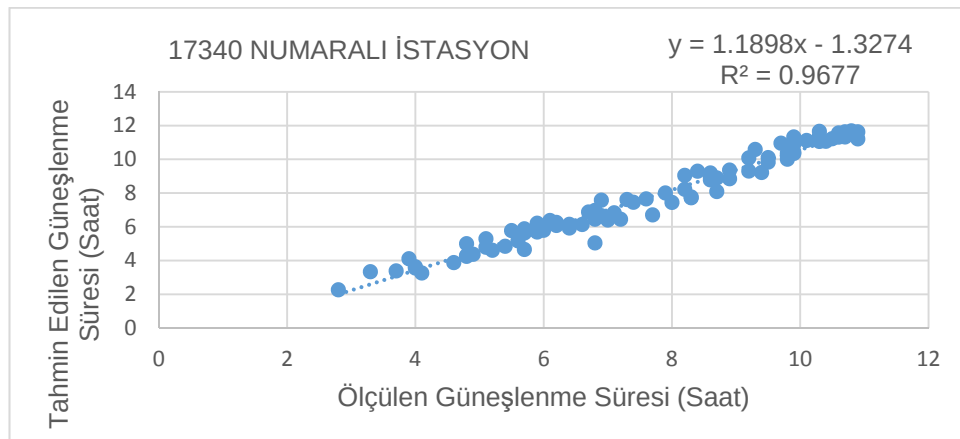
Şekil 4.28. 17221 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları



Şekil 4.29. 17237 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları



Şekil 4.30. 17265 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları



Şekil 4.31. 17340 Numaralı istasyona ait model 2 test sonuçları

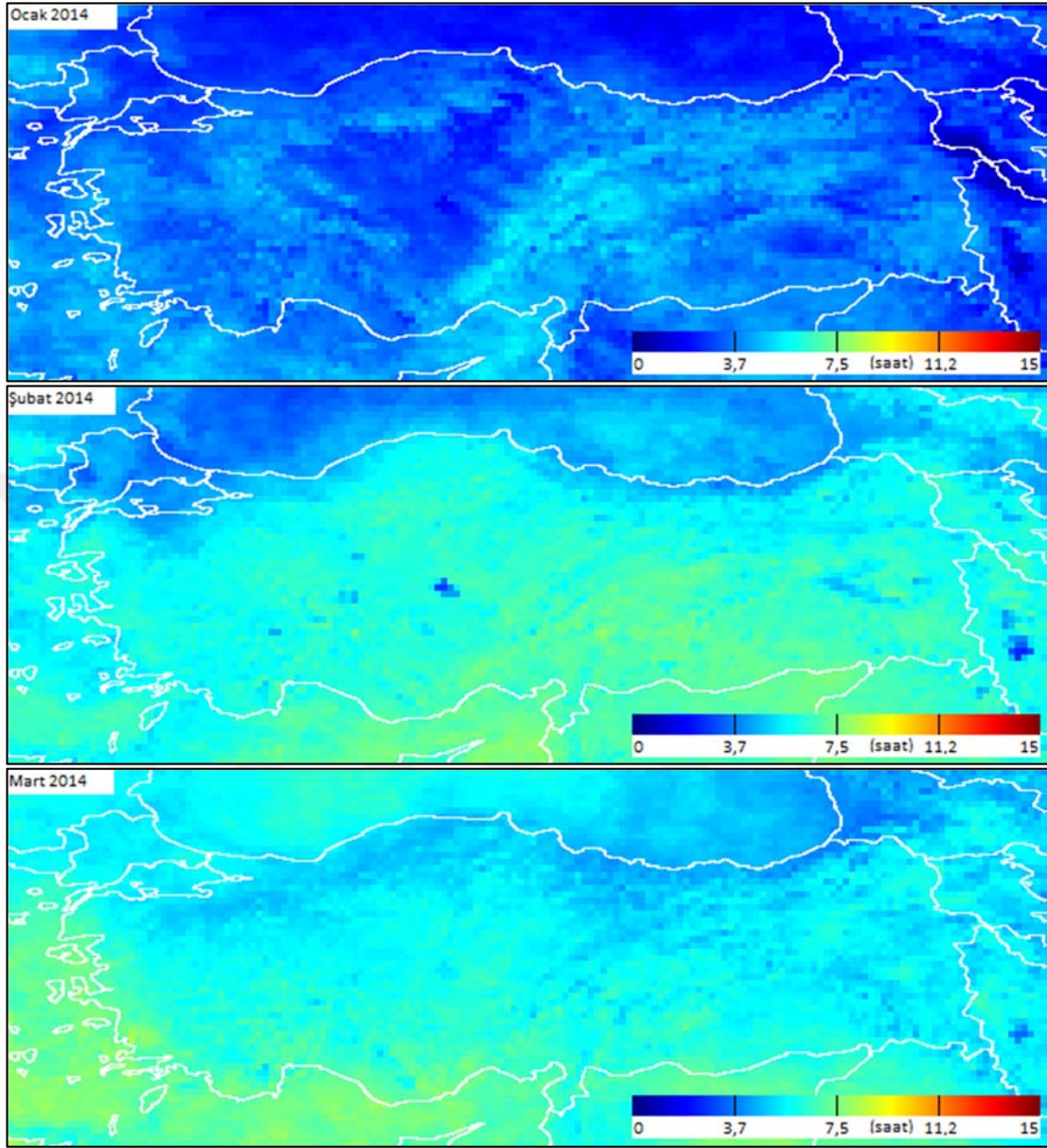
4.8. Türkiye İçin Güneşlenme Süresi Haritalarının Üretilmesi ve Değerlendirilmesi

Çalışmanın ana amaçları arasında, bulut tipi ve güneşlenme süresi arasındaki ilişkinin yapay sinir ağları ile modellenmesinin ardından, bu modeli kullanarak bir yıllık süreyi kapsayan güneşlenme süresi haritalarının tüm aylar ve tüm Türkiye için üretilmesi planlanmıştır.

Bu amaçla, çalışma kapsamında elde edilen YSA modeli ve buna bağlı bağlantı ağırlıkları, istasyon bazlı olarak değil, çalışma alanı ile aynı sınırlarda ve aynı mekansal çözünürlükte, her piksel için çalıştırılmıştır.

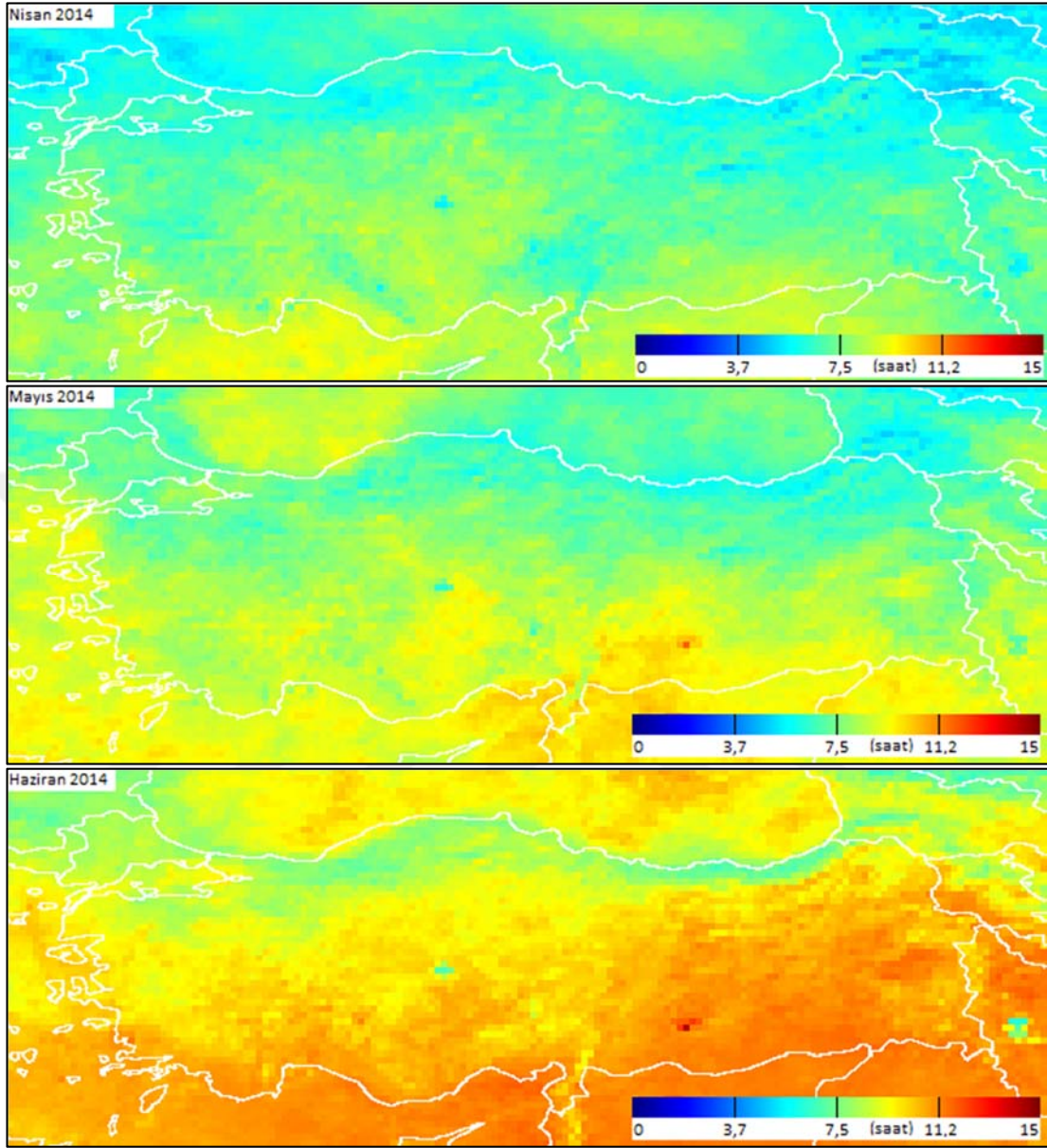
2014 yılı için indirilen bulut tipi ve toplam kapalılık oranları aynı şekilde modele girdi olarak verilmiş, rakım bilgisi olarak ise aynı alan için hazırlanan sayısal yükseklik modeli verisinde ilgili piksele denk gelen yükseklik bilgisi kullanılmıştır. Bu sayede, yer gözlemleri ile eğitilen YSA modeli 2014 yılı için yer gözlemleri kullanılmadan tüm Türkiye'yi kapsayan güneşlenme süresi tahmini için kullanılmıştır.

Üretilen aylık güneşlenme süresi haritaları aşağıda Şekil 4.32, Şekil 4.33, Şekil 4.34 ve Şekil 4.35 de sunulmuştur.



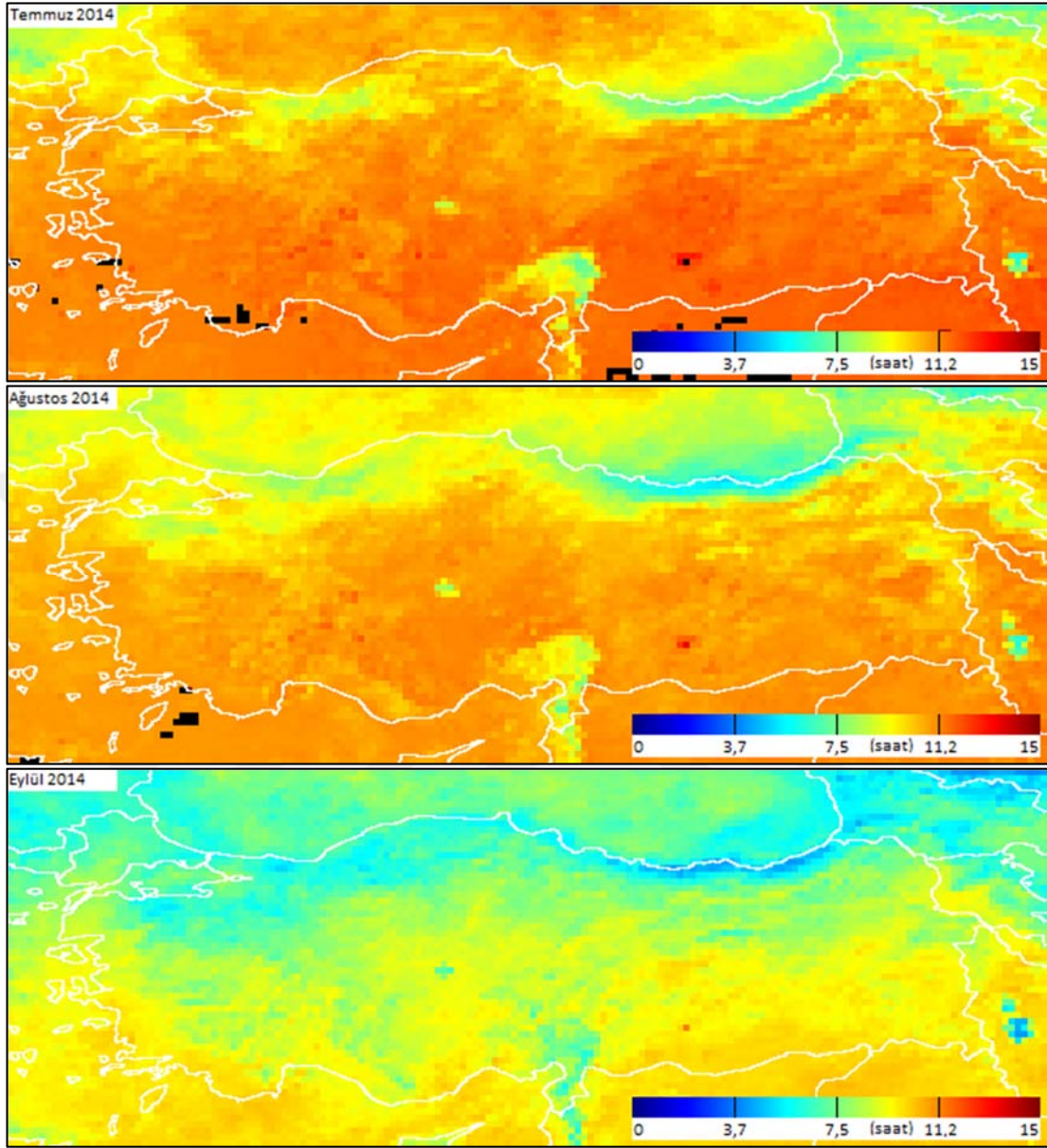
Şekil 4.32. Ocak 2014, Şubat 2014 ve Mart 2014 aylarına ait üretilen aylık ortalama güneşlenme süresi haritaları

Ocak, Şubat ve Mart aylarına ait güneşlenme süresi haritaları incelendiğinde Ocak ayında ortalama güneşlenme süresinin İç Anadolu da sis ve puslu geçen günlerin çokluğu sebebiyle 2-3 saatlere kadar düştüğü görülmektedir. Şubat ve Mart aylarında ise güneşlenme süresi artmaktadır. Şubat ayında İç Anadolu'nun doğusu ve Doğu Akdeniz bölgelerinde 7 saate varan güneşlenme süreleri görülmektedir. Aynı ayda Marmara ve Doğu Karadeniz'de ise 4-5 saatlik ortalamalar mevcuttur.



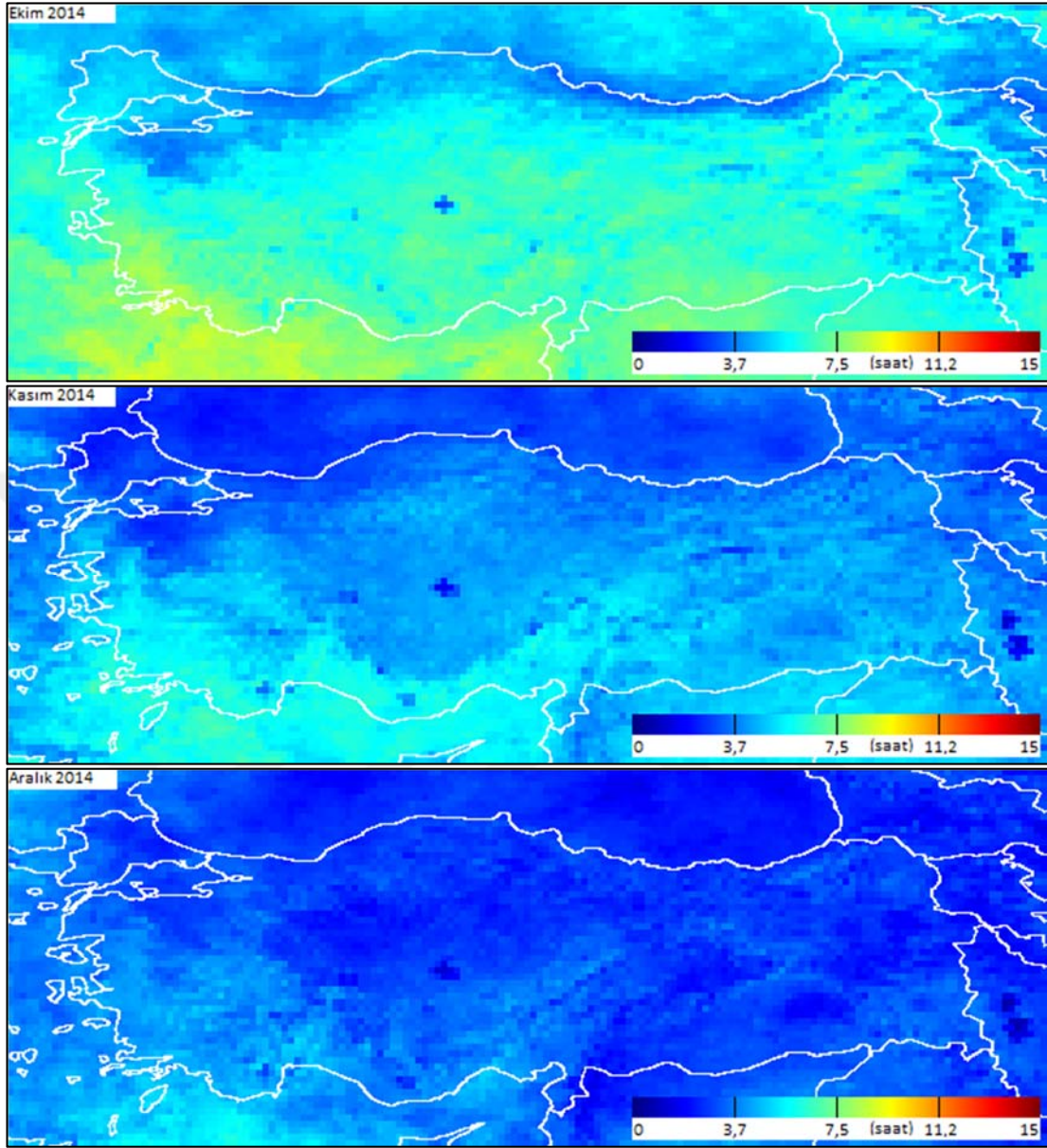
Şekil 4.33. Nisan 2014, Mayıs 2014 ve Haziran 2014 aylarına ait üretilen aylık ortalama güneşlenme süresi haritaları.

Temmuz ayının, Türkiye'de 2014 yılının en yüksek güneşlenme süresine ulaşıldığı ay olduğu görülmektedir. Değerler genellikle 12-13 saatlere ulaşmakla birlikte, bulutlu ve yağışlı hava sebebiyle Doğu Karadeniz'de 5-6 saatlik değerler hakimdir. Ağustos ayında Türkiye genelinde değerler 11-12 saat aralığında ancak Doğu Karadeniz'de ise yine daha düşüktür. Bu üç ayın tamamında, Çukurova ve Hatay bölgesinin etrafındaki bölgelere nispeten düşük olan güneşlenme süresi dikkat çekmektedir.



Şekil 4.34. Temmuz 2014, Ağustos 2014 ve Eylül 2014 aylarına ait üretilen aylık ortalama güneşlenme süresi haritaları.

Temmuz ayının, Türkiye'de 2014 yılının en yüksek güneşlenme süresine ulaşıldığı ay olduğu görülmektedir. Değerler genellikle 12-13 saatlere ulaşmakla birlikte, bulutlu ve yağışlı hava sebebiyle Doğu Karadeniz'de 5-6 saatlik değerler hakimdir. Ağustos ayında Türkiye genelinde değerler 11-12 saat aralığında ancak Doğu Karadeniz'de ise yine daha düşüktür. Bu üç ayın tamamında, Çukurova ve Hatay bölgesinin etrafındaki bölgelere nispeten düşük olan güneşlenme süresi dikkat çekmektedir.



Şekil 4.35. Ekim 2014, Kasım 2014 ve Aralık 2014 aylarına ait üretilen aylık ortalama güneşlenme süresi haritaları.

Ekim ve Kasım aylarında güneşlenme süreleri giderek azalmakta ve sırasıyla 6-7 saatlik ve 4-5 saatlik değerlerin hakim olduğu görülmektedir. Kasım ayında Akdeniz ve Güney Ege'de değerlerin nispeten yüksek olarak (6-7 saat) görülmektedir. Aralık Ayı incelendiğinde ise değerlerin yıl içerisindeki en düşük değerlere ulaştığı gözlemlenmektedir. Türkiye genelinde değerler 3-4 saat civarında iken Akdeniz ve Güney Ege'de 4-5 saatlik değerler görülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Güneşlenme süresi, güneş enerjisinden iklime, tarımdan turizme ve sağlığa kadar birçok alanda kullanılan önemli bir meteorolojik parametredir. Dünya yüzeyine ulaşan solar radyasyonun miktarını etkileyen en önemli etkenlerden birisi de yine güneşlenme süresidir. Güneşlenme süresinin doğru olarak hesaplanabilmesi, güneş enerjisi hesaplamalarında büyük önem arz etmektedir.

Güneşlenme süresi, gün uzunluğuna bağlı olarak değişen bir parametre olmakla birlikte, atmosferik koşullar ve en önemlisi de bulutluluk ile doğrudan ilişkilidir. Yeryüzüne ulaşan radyasyonun miktarını en çok etkileyen dinamik değişken olan bulutluluğun zamansal ve mekansal olarak çok değişkenlik göstermesi ve buna bağlı olarak güneşlenme süresinin de bu değişkenlikten etkilenmesine sebep olmaktadır.

Meteorolojik yer gözlem istasyonlarında helyograflarla yapılmakta olan güneşlenme süresi ölçümleri noktasal temsiliyete sahiptir. Ölçüm yapılan bölgeler arasında kalan alanlar için güneşlenme süresinin çeşitli yöntemlerle tahmin edilmesi gerekmektedir. Geniş alanlardaki bulutluluk gibi bir parametrenin incelenmesi için en uygun yöntem meteorolojik uydulardır. (Rossow, 1993)

Yapılan bu tahminlerde ise bulutluluk bilgisinin dikkate alınması güneşlenme süresinin tahminin tutarlılığını yükseltmektedir. (Kandırılmaz, 2007, Good ,2010, Shamim, 2012).

Bu çalışma kapsamında, güneşlenme süresinin, 2005-2013 yılları arasındaki NWCSAF Bulut Tipi ürünü ve yer gözlem verileri kullanılarak YSA ile modellenmesi amaçlanmıştır. Yapılan bu modellemenin sonuçları yer gözlem verileri ile kıyaslanarak modelin tutarlılığı test edilmiştir. Bu sayede güneşlenme süresinin, ölçüm yapılmayan yerler için de tahmin edilebilirliği anlaşılmasına çalışılmış ve 2014 yılı için aylık ortalama güneşlenme süresi haritaları üretilmiştir.

Çalışmada MGM'den alınan 56 adet meteorolojik yer gözlem istasyonunda ölçülen veriler kullanılmıştır. Bunlardan 44 tanesi modelin geliştirilmesinde eğitim amacıyla, 12 tanesi ise modelin tutarlılığın denenmesi için test amacıyla

kullanılmıştır. Çalışmada kullanılmak için günlük olarak alınan güneşlenme süresi ölçümleri istasyon bazlı olarak aylık toplamlara ve ortalamalara çevrilmiştir.

Uydu verileri olarak ise NWCSAF Bulut Tipi ürününün aylık olarak ortalama değerleri kullanılmıştır.

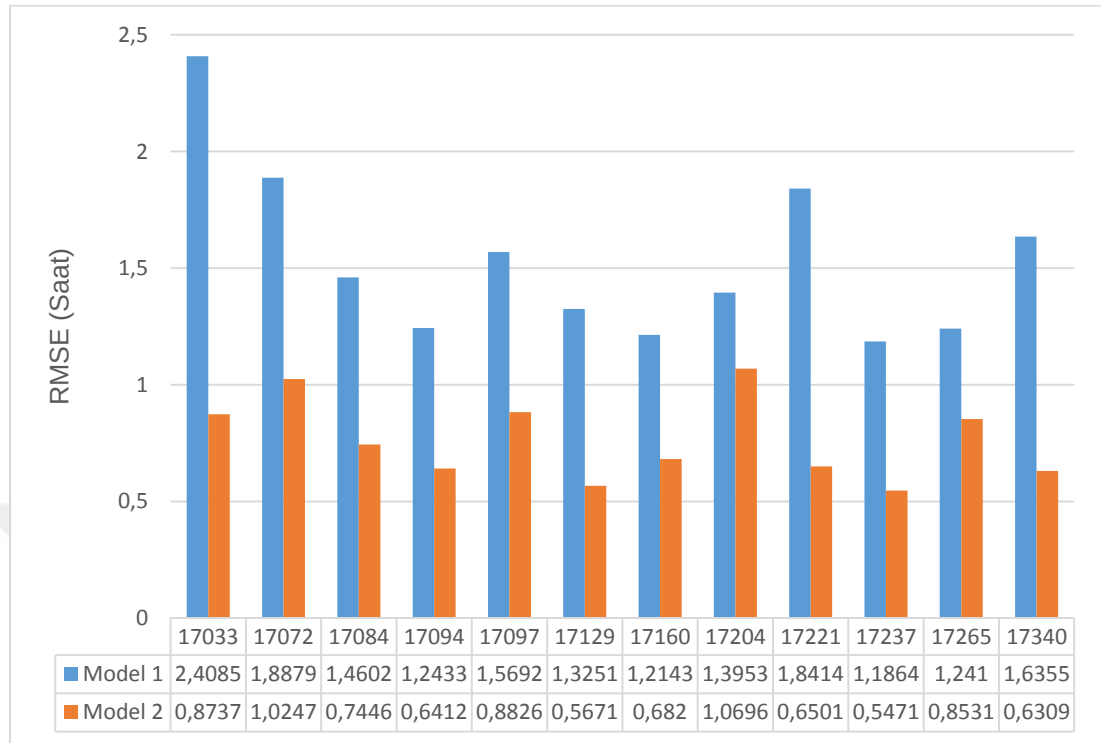
Çalışmanın ilk aşamasında güneşlenme süresinin farklı coğrafi bölgelerdeki istasyonlardaki ölçümleri incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda güneşlenme süresinin yıllara göre değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Örneğin 17265 numaralı Adıyaman test istasyonunda 2008 yılı Ocak ayında toplam güneşlenme süresi 152 saat ancak 2010 yılı Ocak ayında toplam güneşlenme süresi 53,8 olarak gerçekleşmiştir.

Sonrasında sadece ay ve rakım bilgileri kullanılarak ve bulut tipi bilgisi kullanılmadan YSA ile modellenerek (Model 1) çalıştırılmış ve sonuçlar yer ölçümleri ile kıyaslanmıştır. Bu kıyaslama sonucunda 0,67 li değerlere kadar düşen R^2 değerleri gözlemlenmiştir. Bulut tipi bilgisi kullanılmayan Model 1 için RMSE değerlerinin ortalaması 1.56 saattir.

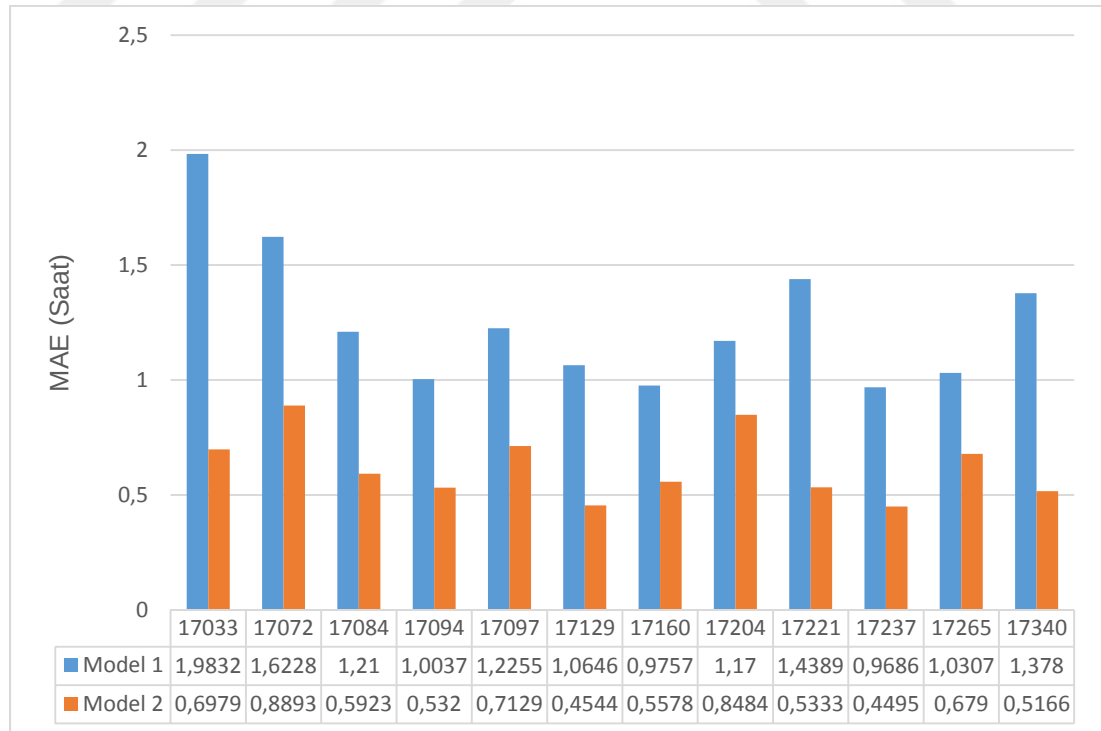
Çalışmanın asıl amacı olan uydu bazlı bulut tipi ürünü kullanılarak güneşlenme süresinin tahmin edilmesi için YSA modelinin (Model 2) geliştirilmesi için bulut tipi ürünleri ön işlemlere tabi tutularak hazırlanmıştır. Bu üründe Parçalı Bulut, Yüksek Seviye Yarı Geçirgen Bulut, Yüksek Seviye Geçirgen Olmayan Bulut, Orta Seviye Bulut ve Alçak Seviye Bulut olarak 5 adet bulut sınıfına ait kapalılık oranları bulunmaktadır. YSA modeline bu sınıflara ait bulut kapalılık oranları ayrı ayrı olarak ve ayrıca ay ve rakım bilgileri girilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre en düşük R^2 değeri 0,89 civarındadır. Bulut tipi bilgisi kullanılan Model 2 için RMSE değerlerinin ortalaması 0,76 saattir.

Model 1 ve Model 2 nin RMSE ve MAE değerleri Şekil 5.1 ve Şekil 5.2 kıyaslanmaktadır. Bulut tipi bilgisi kullanıldığında güneşlenme süresinde elde edilen iyileşmeler bu grafiklerde açıkça görülebilmektedir.

Son aşamada ise, bulut tipi kullanılarak elde edilen YSA modeli, Türkiye için belirlenen alanın yaklaşık 30x30 km.lik her pikseli için çalıştırılarak aylık ortalama güneşlenme süresi haritaları elde edilmiştir. Bu haritalar incelendiğinde değerlerin makul olduğu görülmektedir.



Şekil 5. 1. 12 Adet test istasyonuna ait Model 1 ve Model 2 için RMSE değerlerinin kıyaslanması



Şekil 5. 2. 12 Adet test istasyonuna ait Model 1 ve Model 2 için MAE değerlerinin kıyaslanması

Çalışmada günlük güneşlenme süresi yerine aylık güneşlenme süreleri çalışılmasının sebebi, NWCSAF Bulut Tipi ürününün günlük olarak elde edilmesindeki zorluklardır. NWCSAF konsorsiyumu tarafından bu ürünleri üreten yazılım sağlanmakta fakat ürün üretimi yapılmamaktadır. Ülkemizde bu ürünler MGM tarafından hava tahmini amacıyla üretilmekte ise de buna dair arşiv uzun süreli ve kesintisiz olarak bulunmamaktadır. Bulutluktan yağışa, atmosferik nemden toz fırtınası tespitine kadar değişen çok önemli ve kullanışlı atmosferik parametreler içeren NWCSAF ürünlerinin ülkemiz için günlük ve sürekli olarak üretilmesi ve buna dair arşivin sunulmasının birçok araştırma için büyük faydalar sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmada uydudan elde edilen bulut tipi ürününde bazı hususları belirtmekte fayda görülmektedir. Bunlardan ilki, uydu tabanlı bulut tipi ürününün, herhangi bir pikseldeki en yüksek irtifadaki bulutu tespit etmesi ve varsa onun altındaki bulut katmanlarını tespit edememesi veya buna dair bilgi vermemesidir. Bu durum ise çok bulut katmanlı atmosferik şartlarda bulutların gerçek durumunun tam olarak çalışmaya yansıtılamamasına sebep olmaktadır. Diğer husus ise, kış aylarında yer seviyesinin çok soğuk olduğu durumlarda bazı alçak bulutların tespitinin bu üründe bazen çok başarılı yapılamamasıdır. Yine bu husus da, böyle durumlarda yanlış bulut tipi ve güneşlenme süresi ilişkisi kurulmasına sebep olabilmektedir.

Çalışmada kullanılan helyograflara dair ise bazı ölçüm hatalarına sebebiyet veren hususlar mevcuttur. Bunlardan bazıları, yağışlı havalarda helyograf diyagramının özellikle bahar aylarında sabahları oluşan çiğ ve yağışlı havalarda ıslanması sebebiyle güneşli anlarda yanıkların hemen oluşmaması ve rasatçının yorumuna bağlı olarak sübjektif değerlendirme yapılması olarak sayılabilir. Bu anlamda kalibrasyonu tam olarak yapılmış elektronik algılayıcıların kullanılmasının bu tür hataları engelleyebileceği değerlendirilmektedir.

Güneşlenme süresine etki eden bir diğer husus ise hava kirliliğidir. Özellikle kış aylarında bazı bölgelerde etkili olan hava kirliliğinin de etkisi dikkate alınarak çalışmalarda bu parametrenin ele alınmasının tutarlılığı artıracağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- AKİNOĞLU, B. G., and RUSEN, S. E., 2013. Combining the satellite imagery with bright sunshine hours: A review. *Journal of Renewable And Sustainable Energy* 5, 041802.
- BERTRAND, C., DEMAİN C., and JOURNEE M., 2013. Estimating daily sunshine duration over Belgium by combination of station and satellite data. *Remote Sensing Letters*, Vol. 4, No. 8, pp. 735–744.
- CMSAF, 2014, Product User Manual: Clouds. Version 1.7. Das aktuelle Wetter in Deutschland, Offenbach, Germany.
- DMİ, 2005, Klimatoloji-I, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- DMİ, 2010, Tefer Kapsamında Kurulan Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonları Kullanıcı Eğitim Kitabı, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- ELMAS, Ç., 2011. Yapay Zeka Uygulamaları. İkinci Baskı. Seçkin Yayıncılık, Ankara, Türkiye, 421s.
- EUMETSAT, 2014a, Meteosat, EUMETSAT web sayfası: <http://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Meteosat/index.html>, Erişim tarihi: 17/12/2014.
- EUMETSAT, 2014b, 0 Degree Service, EUMETSAT web sayfası: <http://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Meteosat/0DegreeService/index.html>, Erişim tarihi: 17/12/2014.
- EUMETSAT, 2014c, SAF NWC, NWCSAF web sayfası: <http://www.nwcsaf.org/HD/MainNS.jsp>, Erişim tarihi: 18/12/2014.
- EUMETSAT, 2014d, Climate Monitoring, EUMETSAT web sayfası: <http://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/GroundSegment/Safs/ClimateMonitoring/index.html>, Erişim tarihi: 19/12/2014.
- GOOD, E., 2010. Estimating daily sunshine duration over the UK from geostationary satellite data. *Weather*, Vol. 65, No. 12, pp. 324-328.

- KANDIRMAZ, H. M., 2006. A model for the estimation of the daily global sunshine duration from meteorological geostationary satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 27, No. 22, pp. 5061–5071.
- KANDIRMAZ, H. M., and KABA, K., 2014a. Estimation of Daily Sunshine Duration from Terra and Aqua MODIS Data. *Advances in Meteorology*, Vol 2014, No. 613267, 9 pages.
- KANDIRMAZ, H. M., KABA, K., and AVCI, M., 2014b. Estimation of Monthly Sunshine Duration in Turkey Using Artificial Neural Networks. *International Journal of Photoenergy*, Vol 2014, No. 680596, 9 pages.
- KOTHE, S., GOOD E., OBREGON, A., AHRENS B., and NITSCHKE, H., 2013. Satellite-Based Sunshine Duration for Europe. *Remote Sensing*, Vol. 5, pp. 2943-2972.
- MGM, 2009, Klimatoloji Kurs Notu, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- MGM, 2014, Meteorolojik Uydular, MGM web sayfası: <http://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojikuydular.aspx?s=1>, Erişim tarihi: 17/12/2014.
- MOHANDÉS, M. A., REHMAN, S., 2013. Estimation of sunshine duration in Saudi Arabia. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 5, Issue 3, 033128
- NABİYEYEV, V., V., 2003. Yapay Zeka. Birinci Baskı. Seçkin Yayıncılık, Ankara, Türkiye, 724s.
- NWCSAF, 2005, Software User Manual for the SAFNWC/MSG Application: Software Part. Issue 1, Revision 2. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid, Spain.
- NWCSAF, 2013, Algorithm Theoretical Basis Document for “Cloud Products”. Issue 3, Revision 2.1. Meteo-France, Toulouse, France.
- OLSETH, J. A., and SKARTVEIT A., 2001. Solar irradiance, sunshine duration and daylight illuminance derived from METEOSAT data for some European sites. *Theoretical and Applied Climatology* 69, pp. 239-252.
- PYEPHEM, 2014, PyEphem Home, PyEphem web sayfası: <http://rhodesmill.org/pyephem/>, Erişim tarihi: 19/12/2014.

- PYBRAIN, 2015, PyBrain, PyBrain web sayfası: <http://pybrain.org/>, Erişim tarihi: 14/01/2015.
- SANCHEZ-ROMERO, A., SANCHEZ-LORENZO, A., CALBO, J., GONZALEZ, J. A., AZORIN-MOLINA, C., 2014. The signal of aerosol-induced changes in sunshine duration records: A review of the evidence. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, Vol. 119 Issue 8, pp. 4657-4673.
- SCHMETZ, J., Govaerts, Y., König, M., Lutz, H. J., Ratier, A., Tjemkes, S., 2002. A SHORT INTRODUCTION TO METEOSAT SECOND GENERATION (MSG). CIRA, Fort Collins, U.S.A.
- SHAMIM, M. A., REMESAN, R., HAN, D., EJAZ, N., and ELAHI, A., 2012. An improved technique for global daily sunshine duration estimation using satellite imagery. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE A (Applied Physics and Engineering)* ISSN 1673-565X, pp 717-722.
- UCAR, 2014, Monitoring the Climate System with Satellites, UCAR web sayfası: http://www.meted.ucar.edu/satmet/climate_monitoring/media_gallery.php, Erişim tarihi: 17/12/2014.
- WHITBY, B., 2003. A Beginner's Guide: Artificial Intelligence. First Edition. Oxford, England, 179 p.
- WMO, 2008, Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. Seventh Edition. World Meteorological Organisation, Geneva, Switzerland.
- ZENG, Y., QIUB, X., MIAOB, Q., and LIU, C., 2006. Distribution of Possible Sunshine durations over rugged terrains of China. *Progress in Natural Science* Vol. 13, Issue 10, pp. 761-764.
- ZHANG, M., FAN, J., LI, G., LIU, J., 2010. Sunshine duration derived from FY-2 data in North China. *Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XII Book Series. Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering* Vol. 7824, No. 78242B.



ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Merzifon'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Elazığ'da tamamladı. 1998 yılında Anadolu Meteoroloji Meslek Lisesi'nden mezun oldu. 2 yıl Gaziantep Oğuzeli ve 4 yıl Diyarbakır Meydan Meteoroloji İstasyon Müdürlüklerinde istidlalci olarak görev yaptı. 2004 yılında Dicle Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl Tahminler Dairesi Başkanlığı Uzaktan Algılama Şube Müdürlüğü'ne tayin oldu. 2011 yılında 6 ay süreyle Almanya'nın Darmstadt şehrinde bulunan Avrupa Meteorolojik Uydular İşletme Teşkilatı'nda (EUMETSAT) meteorolojik uydu verilerine dair yazılım geliştirme çalışmalarında bulundu. 2012 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.



EKLER



EK 1

YSA KODLARININ SONUÇLARI

```
<?xml version="1.0"?>
<PyBrain>
<Network name="FeedForwardNetwork-8"
class="pybrain.structure.networks.feedforward.FeedForwardNetwork">
<name val="'FeedForwardNetwork-8'"/>
<Modules>
<LinearLayer name="LinearLayer-4"
class="pybrain.structure.modules.linearlayer.LinearLayer" inmodule="True">
<dim val="8"/>
</LinearLayer>
<LinearLayer name="LinearLayer-9"
class="pybrain.structure.modules.linearlayer.LinearLayer" outmodule="True">
<dim val="1"/>
</LinearLayer>
<SigmoidLayer name="SigmoidLayer-10"
class="pybrain.structure.modules.sigmoidlayer.SigmoidLayer">
<dim val="9"/>
</SigmoidLayer>
<SigmoidLayer name="SigmoidLayer-11"
class="pybrain.structure.modules.sigmoidlayer.SigmoidLayer">
<dim val="9"/>
</SigmoidLayer>
</Modules>
<Connections>
<FullConnection name="FullConnection-6"
class="pybrain.structure.connections.full.FullConnection">
<inmod val="LinearLayer-4"/>
<outmod val="SigmoidLayer-10"/>
<Parameters>[-0.87756800121398904, -0.93598017665355482, 0.83480149927791913,
0.40734012775504813, 0.53244859292693969, 0.68703668243597171, -1.4625387357537525, -
0.60608742607059984, 0.84985620846699461, 0.4792570373373799, 0.92205610982090502, -
0.83871176707727069, 0.078082650171295453, -0.92236163618612277, -
0.13369748374431473, 1.7669656310027693, 0.24880194149005183, -1.6035140356835511,
1.2581871558099256, -1.9968687934489817, 1.2464644569385681, 0.88413382104801619, -
1.0672020222415937, 0.063290979763327163, -0.33731235622618883, 1.1939909146669476, -
1.8046323158796407, -0.0041040972875449116, -0.098023319834971076, -
0.36338904062947486, 0.59783794189962924, 1.976309758446201, 0.62850729975982622, -
0.22106390048246774, -1.4676309968264778, -0.02876663312513458, 0.020205174505233948,
0.50072286045067005, 0.42943526550475764, 0.42307490157832522, -0.61172155938270911,
0.060209569374320732, -1.4529825326320176, -1.8970644457946388, -1.5580354250029746,
0.3855701464189758, -0.23719626804426833, -0.64449618834324729, 0.27941042353494755,
```

```

2.8609953007827009, 0.46847129334707399, 0.044132538187407672, 0.15101523669973768,
0.61986591079357234, -1.0357587128149337, 1.0586533427804088, -0.21627105406962818,
0.89846169815324872, -1.2754431738230427, -0.77003900103898182, 0.83386647261057789,
1.8846809960816315, 1.4238928526604482, 0.17150007335393977, -1.4502164248388083, -
0.91450008918460901, -1.6428118844126194, 0.7668653496693939, -0.2819622576724517, -
0.1685952482051262, -1.8061963326692809, 0.83515463834221026]</Parameters>
</FullConnection>
<FullConnection name="FullConnection-5"
class="pybrain.structure.connections.full.FullConnection">
<inmod val="SigmoidLayer-10"/>
<outmod val="SigmoidLayer-11"/>
<Parameters>[0.79286836145468942, 0.086090057973945408, 0.59604333457356962,
0.30173534209200026, 1.3975948346911666, -0.20809739610526826, -1.2864997437643821, -
0.68063453852084355, -0.56253823636072853, 1.3026326692951664, -0.018079315067647483,
-0.73603268227893992, 0.44770984075574555, -0.26508426379403743,
0.064328605281594037, 1.7176415644575163, 1.3650799278274368, -1.0498258802089717, -
0.80039291175332139, -0.36860370119371016, -0.83770788822155362, 1.8296731460391702,
-0.69933853604844431, 0.76270052322675386, 0.45500325504234324,
0.0027222325303452003, -1.5417548752871701, 0.7214685999268432, -0.27983412517200423,
-0.36762364357397626, -0.32422050327914942, -1.9502937918575884, 0.38619744563024561,
0.41715446178915788, -1.9217936318672182, 0.99605949379922354, -0.69858268713214522,
-0.64062826576353671, -0.12398373749637689, 1.8306217151290549, 0.042459592495228238,
0.42412426883763699, 0.61001949624149665, -0.66575604719572512, 0.5101540862969598,
2.133714963630744, 0.60725314955598697, 1.7484390051713983, -1.1543623135822423,
1.0039883074222524, -2.1924434368834298, 0.13735175438368505, 0.78447275904684155, -
0.11931133841598132, -0.44273965938632853, 1.1755163194981257, -1.0537972921432364, -
0.8179855444373143, 0.34078830498569174, 1.3963584133954225, -0.27583975864904148, -
0.10362420774490028, -0.51782709701630458, 1.0905835882969261, 0.61892624022437892,
0.43788568031897807, 0.96422973378933807, -0.78463714477236146, -0.68216295155010331,
-1.051681051631947, 1.0638852565776464, 1.0331745655435487, -0.84243874488044479, -
0.4315058764437304, 0.42271285244855833, -0.16594649324167532, -0.10014332076060908,
1.5981112858791633, 1.0345164076700855, -1.0109759497255588, -
0.732245192806812]</Parameters>
</FullConnection>
<FullConnection name="FullConnection-7"
class="pybrain.structure.connections.full.FullConnection">
<inmod val="SigmoidLayer-11"/>
<outmod val="LinearLayer-9"/>
<Parameters>[-0.52054281941531921, -0.56803669052142192, 0.3899300032347901,
2.3529082081778894, -0.34706441105051955, 1.1282963304093292, 0.68215618389962085, -
1.7418726443518842, 1.1383031061854698]</Parameters>
</FullConnection>
</Connections></Network></PyBrain>

```

EK 2

C++ KODLARI

```
#include <iostream>
#include <fstream>
#include <dirent.h>
#include <string.h>
#include <vector>
#include "FreeImage/FreeImage.h"
#include "h5_183_2/hdf5.h"
#include "proj4/proj_api.h"
int nint(double val);
projPJ ref;
projUV temp_latlon, temp_xy;
using namespace std;
int main(int argc, const char* argv[])
{
    const char* vers = FreeImage_GetVersion();
    string version;
    version.operator =(vers);
    cout << version << endl;
    float ll_lat, ll_lon, ur_lat, ur_lon;
    float res_lon, res_lat;
    uint32_t dimX, dimY;
    string product;
    string inputFileName;
    string inputFileNamePath;
    string outputFileName;
    string satName;
    string date;
    ll_lat = 35.;
    ll_lon = 24.;
    ur_lat = 43.;
    ur_lon = 46.;
    res_lon = 0.045*3.0;
    res_lat = 0.045*3.0;
    dimX = nint((ur_lon-ll_lon)/res_lon);
    dimY = nint((ur_lat-ll_lat)/res_lat);
    cout << "Dimensions of output:" << dimX << " " << dimY << endl;
    DIR *dir;
    struct dirent *ent;
    if ((dir = opendir ("data")) != NULL) {
        while ((ent = readdir (dir)) != NULL) {
            if (strlen(ent->d_name) > 2)
            {
                inputFileName.operator =(ent->d_name);
                inputFileNamePath = "data/" +
                inputFileName;
                satName = "MSG";
                hid_t file_id = H5Fopen(inputFileNamePath.c_str(),H5F_ACC_RDWR,H5P_DEFAULT);
```

```

        string descriptions[] = {"Low", "Middle", "HighOpaque",
"HighSemi", "Fractional"};
        string datasetNames[] = {"Data1", "Data2",
>Data3", "Data4", "Data5"};
        string hours[] =
{"0045", "0145", "0245", "0345", "0445", "0545", "0645", "0745", "0845", "0945", "1045", "1145", "1245", "1345",
", "1445", "1545", "1645", "1745", "1845", "1945", "2045", "2145", "2245", "2345"};
        for (int dd=0; dd<5; dd++)
        {
            string dsetName = "Data/" +
datasetNames[dd];
            herr_t status;
            hid_t dataset = H5Dopen(file_id,
dsetName.c_str(), H5P_DEFAULT);
            char* dt = new char[16];
            hid_t group =
                H5Gopen1(file_id, "/Metadata");
            hid_t attr1 =
                H5Aopen(group, "Date&Time",
H5P_DEFAULT);
            hid_t memtype = H5Tcopy (H5T_C_S1);
            H5Tset_size (memtype, 15);
            status = H5Aread (attr1, memtype,
dt);
            H5Aclose(attr1);
            H5Gclose(group);
            dt[15] = '\0';
            string dateTime(dt);
            delete [] dt;
            hsize_t dims_out[3];
            hid_t space = H5Dget_space (dataset);
            H5Sget_simple_extent_dims (space,
dims_out, NULL);
            int depth = dims_out[0];
            int colCount = dims_out[2];
            int rowCount = dims_out[1];
            unsigned char* data = new unsigned
char[colCount*rowCount*depth];
            status = H5Dread(dataset, H5T_NATIVE_UCHAR, H5S_ALL, H5S_ALL, H5P_DEFAULT, data);
            typedef struct
            {
                float xmin;
                float xmax;
                float ymin;
                float ymax;
                float dx;
                float dy;
            } s1_t;
            s1_t s1;
            hid_t s1_tid;
            s1_tid = H5Tcreate(H5T_COMPOUND, sizeof(s1_t));
            status = H5Tinsert(s1_tid, "xmin", HOFFSET(s1_t, xmin), H5T_NATIVE_FLOAT);
            status = H5Tinsert(s1_tid, "xmax", HOFFSET(s1_t, xmax), H5T_NATIVE_FLOAT);
            status = H5Tinsert(s1_tid, "ymin", HOFFSET(s1_t, ymin), H5T_NATIVE_FLOAT);

```

```

status = H5Tinsert(s1_tid,"ymax",HOFFSET(s1_t,ymax),H5T_NATIVE_FLOAT);
status = H5Tinsert(s1_tid,"dx",HOFFSET(s1_t,dx),H5T_NATIVE_FLOAT);
status = H5Tinsert(s1_tid,"dy",HOFFSET(s1_t,dy),H5T_NATIVE_FLOAT);
hid_t dset_c = H5Dopen1(file_id,"Geolocation/Region");
status = H5Dread(dset_c, s1_tid, H5S_ALL, H5S_ALL, H5P_DEFAULT, &s1);
H5Tclose(s1_tid);
H5Dclose(dset_c);
H5Dclose(dataset);
H5Sclose(space);
ifstream mFile;
int first, last;
bool yaz;
if (atoi(dateTime.substr(4,2).c_str()) > 3 &&
    atoi(dateTime.substr(4,2).c_str()) < 11)
{
    first = 6;
    last = 10;
    yaz = true;
}
else
{
    first = 7;
    last = 11;
    yaz = false;
}
for (int hour = first; hour <= last; hour=hour+2)
{
    mFile.open(inputFileNamePath.c_str(),ios::in | ios::binary);
    FIBITMAP *outpng = FreeImage_Allocate(dimX, dimY, 8);
    RGBQUAD *pal = FreeImage_GetPalette(outpng);
    for (int k =0;k <= 100;k++)
    {
        pal[k].rgbRed = k*2;
        pal[k].rgbGreen = k*2;
        pal[k].rgbBlue = k*2;
    }
    pal[255].rgbRed = 255;
    pal[255].rgbGreen = 255;
    pal[255].rgbBlue = 255;
    BYTE val;
    float inLat, inLon;
    int xxx, yyy;
    projUV temp_latlon, temp_xy;
    string prjString;
    prjString = "+proj=sinu +ellps=WGS84";
    ref = pj_init_plus(prjString.c_str());
    for (unsigned int rr = 0; rr < dimY; rr++)
        for (unsigned int cc = 0; cc < dimX; cc++)
        {
            inLat = ur_lat - float(rr)*res_lat;
            inLon = ur_lon - float(cc)*res_lon;
            temp_latlon.v = inLat * DEG_TO_RAD;
            temp_latlon.u = inLon * DEG_TO_RAD;
            temp_xy = pj_fwd(temp_latlon,ref);

```

```

        xxx = nint((temp_xy.u - s1.xmin)/s1.dx);
        yyy = rowCount-nint((temp_xy.v - s1.ymin)/s1.dy);
        val = data[(hour*rowCount*colCount)+((yyy*colCount)+xxx)];
        FreeImage_SetPixelIndex(outpng,dimX-cc-1,dimY-rr-1,&val);
    }
    pj_free(ref);
    if (yaz)
        outputFileName = "output/" + dateTime + "_" + hours[hour+3] + "_" +
descriptions[dd].c_str() + ".png";
    if (!yaz)
        outputFileName = "output/" + dateTime + "_" + hours[hour+2] + "_" +
descriptions[dd].c_str() + ".png";
    cout << outputFileName << endl;
    FreeImage_Save(FIF_PNG, outpng, outputFileName.c_str() , 0);
    delete pal;
    delete outpng;
    mFile.close();
}
delete [] data;
}
H5Fclose(file_id);
}
}
closedir (dir);
} else {
    cout << "ERROR: input folder couldn't be found." << endl;
    return -30;
}
return 0;
}

int nint(double val){
    double a=0.0;
    double b=0.0;
    b = modf(val,&a);
    if ( b > 0.5 ){
        val = ceil(val);
    }
    else{
        val = floor(val);
    }
    return (int)val;
}

```