

**YER YÜZEYİ SICAKLIĞININ FARKLI YÖNTEMLER KULLANILARAK
GOOGLE EARTH ENGINE PLATFORMUNDA ELDE EDİLMESİ VE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mitat Can YILDIZ

Danışman

Prof. Dr. Mustafa YILMAZ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2022

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**YER YÜZEYİ SICAKLIĞININ FARKLI YÖNTEMLER
KULLANILARAK GOOGLE EARTH ENGINE PLATFORMUNDA
ELDE EDİLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Mitat Can YILDIZ

Danışman
Prof. Dr. Mustafa YILMAZ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2022

TEZ ONAY SAYFASI

Mitat Can YILDIZ tarafından hazırlanan “Yer Yüzeyi Sıcaklığının Farklı Yöntemler Kullanılarak Google Earth Engine Platformunda Elde Edilmesi ve Değerlendirilmesi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 19 / 07 / 2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Mustafa YILMAZ

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Abdullah VARLIK
Necmettin Erbakan Üniversitesi,
Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi

Üye : Prof. Dr. Murat UYSAL
Afyon Kocatepe Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi

Üye : Prof. Dr. Mustafa YILMAZ
Afyon Kocatepe Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
..... /..... /..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

19 / 07 / 2022

Mitat Can YILDIZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YER YÜZEYİ SICAKLIĞININ FARKLI YÖNTEMLER KULLANILARAK GOOGLE EARTH ENGINE PLATFORMUNDA ELDE EDİLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Mitat Can YILDIZ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa YILMAZ

Günümüz temel problemlerinden biri olan küresel ısınma beraberinde iklim değişikliğini de getirmektedir. Atmosfer ve dünya arasındaki enerji değişimini etkilediği için Yer Yüzeyi Sıcaklığı (YYS) iklimin en önemli parametrelerinden birisidir. Bu nedenle büyük ve küçük ölçekli çalışmalar yapılırken YYS, göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Uzaktan algılama verilerinin işlenmesi, analiz edilmesi ve değerlendirilmesi için birçok sistem geliştirilmiştir. Bunlardan birisi web tabanlı sistem olan Google Earth Engine (GEE)'dir. GEE arayüzü, farklı çözünürlüklere sahip uydu verilerinin hızlı bir biçimde değerlendirilmesini ve analiz edilmesini sağlar. Bu çalışmada 7 farklı istasyona ait toplamda 14 Landsat-8 uydu görüntüsü kullanılarak GEE platformunda kodlar yardımıyla 4 farklı metot ile yüzey sıcaklıkları elde edilmiştir. Elde edilen sıcaklıklar istasyondan ölçülen yakın hava sıcaklığı ile karşılaştırılarak tüm metotlar için karesel ortalama hata ve korelasyon değerleri hesaplanmıştır. Son dönemde çalışma konusu olarak artış gösteren YYS, GEE gibi kullanımı oldukça basit bir platformda ayrıca uydu görüntüsü indirmeye gerek kalmadan hızlı, kolay ve kısa bir sürede elde edilebileceği ortaya konulmuştur.

2022, xii + 63 sayfa

Anahtar Kelimeler: Uzaktan Algılama, Yer Yüzeyi Sıcaklığı, Google Earth Engine, SURFRAD

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE OBTAINING AND ASSESSMENT THE LAND SURFACE TEMPERATURE BY USING DIFFERENT METHODS ON THE GOOGLE EARTH ENGINE PLATFORM

Mitat Can YILDIZ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geomatics Engineering

Supervisor: Prof. Mustafa YILMAZ

Global warming, which is one of the main problems of today, brings climate change with it. Land Surface Temperature (LST) is one of the most important parameters of the climate, as it affects the energy exchange between the atmosphere and the earth. For this reason, LST should be taken into account when carrying out large and small-scale studies. Many systems have been developed for the processing, analysis and evaluation of remote sensing data. One of them is the web-based system Google Earth Engine (GEE). The GEE interface enables rapid evaluation and analysis of satellite data with different resolutions. In this study, using 14 Landsat-8 satellite images from 7 different stations, surface temperatures were obtained with 4 different methods with the help of codes on the GEE platform. The obtained temperatures were compared with the near air temperature measured from the station, and the mean square error and correlation values were calculated for all methods. It has been demonstrated that it can be obtained quickly, easily and in a short time without the need to download satellite images on a very simple to use platform such as LST and GEE, which has increased as a study subject recently.

2022, xii + 63 pages

Keywords: Remote Sensing, Land Surface Temperature, Google Earth Engine, SURFRAD

TEŞEKKÜR

Danışmanlığımı üstlenerek beni bu süreç içerisinde yönlendiren, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen, rahat bir şekilde çalışma yapmama imkân sağlayan Sayın Prof. Dr. Mustafa YILMAZ'a çok teşekkür ederim. Çalışmamda kullanmış olduğum verileri ücretsiz olarak hizmete sunan Küresel İzleme Laboratuvarı'na katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Lisans eğitimim esnasında Jeodezi olmak üzere birçok dersini aldığım ve bana bu Anabilim Dalı'nı sevdiren; öğrencilerine karşı nezaketini, sevgisini, saygısını, şefkatini hiçbir zaman eksik etmeyen Merhum Prof. Dr. Bayram TURGUT hocamı saygıyla, rahmetle anıyor ve öğrencisi olduğum için gurur duyuyorum.

Üniversite hayatım boyunca tanıştığımız ilk günden beridir ilgisini ve gölgesini eksik etmeyen, çalışmalarımnda her daim yol gösteren, tecrübelerini yer ve vakit fark etmeksizin paylaşmaktan imtina etmeyen, sorduğum soruları sabırla dinleyip gerekli cevapları veren üzerimde emeği çok olan değerli Hocam Sayın Arş. Grv. Ömer Gökberk NARİN'e teşekkürü borç bilirim.

Bugüne kadar bana inanan, güvenen, hayatımın her evresinde yalnız olmadığımı hissettiren, sağlamış oldukları maddi ve manevi destekleri ile bugünlere gelmemde en büyük pay sahibi olan annem Hacer YILDIZ'a, babam Necmettin YILDIZ'a, abim Furkan YILDIZ'a ve ikiz kardeşim Zehra YILDIZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mitat Can YILDIZ

Afyonkarahisar 2022

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER DİZİNİ	vii
KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
RESİMLER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. UZAKTAN ALGILAMANIN TEMEL ESASLARI	5
2.1 Elektromanyetik Spektrum	6
2.2 Elektromanyetik Işınım.....	7
2.3 Atmosferdeki Enerji Etkileşimleri	7
2.3.1 Atmosferik Saçılma.....	8
2.3.2 Atmosferik Soğurma	9
2.3.3 Atmosferik İletme	9
2.4 Yeryüzünün Elektromanyetik Enerji ile Etkileşimi.....	9
3. MATERYAL ve METOT	10
3.1 Yer Yüzeyi Sıcaklığı Belirleme Yöntemleri.....	10
3.1.1 Tek Pencere Algoritması (Mono Window Algorithm, MWA).....	10
3.1.2 Tek Kanal Algoritması (Single Channel Algorithm, SCA)	13
3.1.3 Işınımsal Transfer Denklemi (Radiative Transfer Equation, RTE)	14
3.1.4 Bölünmüş Pencere Algoritması (Split Window Algorithm, SWA).....	15
3.2 NDVI Tabanlı Yer Yüzey Yayınlılık (ϵ_i) Hesabı	15
3.3 Su Buharı (w_i) Hesabı	17
3.4 Atmosferik Geçirgenlik (τ_i) Hesabı	17
3.5 Landsat 8 ile YYS Çıkarımı.....	18
3.5.1 Piksel Değerinin Atmosfer Üstü Spektral Işınlıma Dönüşümü	18

3.5.2 Atmosfer Üstü (TOA) Yüzey Yansıtması.....	19
3.5.3 Spektral Yansıtım Değerinden Sensör Parlaklık Sıcaklığına Dönüşüm	19
3.6 Landsat 8.....	20
3.7 Atmosferik Düzeltme Parametresi Hesaplayıcısı (ACPC)	21
3.8 Google Earth Engine.....	23
3.8.1 Kod Düzenleyici.....	24
3.8.2 Dokümanlar Sekmesi	24
3.8.3 Komut Dosyası Yöneticisi	25
3.8.4 Varlıklar Yöneticisi.....	25
3.8.5 Arama Motoru.....	26
3.8.6 Harita.....	26
3.8.7 Katman Yöneticisi.....	27
3.8.8 Müfettiş Sekmesi.....	27
3.8.9 Konsol Sekmesi.....	28
3.8.10 Görevler Sekmesi	29
3.8.11 Geometri Araçları.....	29
4. UYGULAMA.....	30
4.1 SURFRAD Ağı.....	30
4.1.1 Uygulamada Kullanılan SURFRAD İstasyonları ve Verileri	31
4.2 GEE Kod Düzenleyicisinde YYS İçin Gerekli Parametrelerin Hesaplanması....	34
4.2.1 İstasyon Koordinatlarının ve Uydu Verilerinin Tanımlanması.....	34
4.2.2 Uydu Görüntülerinin İşlenmesi.....	35
4.2.3 Parlaklık Sıcaklığının Hesaplanması	35
4.2.4 NDVI Hesabı.....	37
4.2.5 Pv ve Yayınırılık Hesabı	38
4.2.6 Atmosferik Geçirgenlik Değerinin Elde Edilmesi	40
4.2.7 Atmosferik Sıcaklık Tahmini (T_o) ve Su Buharı (w_i) Parametrelerinin Hesabı	43
4.2.8 GEE’de YYS’lerin Elde Edilmesi.....	44
4.3 YYS ve Yakın Hava Sıcaklığının Karşılaştırılması.....	47
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	52
6. KAYNAKLAR.....	54

ÖZGEÇMİŞ.....	57
EKLER	58



SİMGELER DİZİNİ

Simgeler

B_{λ}	Siyah cisim parlaklığı
C_i	Yüzey pürüzlülüğü
ε_s	Toprak yayınlılığı
ε_v	Bitki yayınlılığı
θ_{SE}	Lokal güneş yükseklik açısı
θ_{SZ}	Lokal güneş zenit açısı
ρ_{NIR}	Yakın kızıl ötesi bant
ρ_{RED}	Kırmızı bant
μm	Mikrometre
BT	Parlaklık sıcaklığı
cm^2	Santimetre kare
g	Gram
K	Kelvin
L_{sen}	Sensör radyans değeri
m	Metre
mb	Milibar
nm	Nanometre
$^{\circ}C$	Santigrat Derece
P_v	Fractional Vegetation
RH	Nisbi nem
sr	Steradyan
T_a	Ortalama atmosferik sıcaklık
T_o	Yüzeye yakın hava sıcaklığı
w	Su buharı
W	Watt
$\Delta\varepsilon$	Yeryüzü yayınlılık farkı
ε	Yer yüzeyi yayınlılığı
λ	Dalga boyu
τ	Atmosferik yayınlılık
ψ	Atmosferik fonksiyon

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

ACPC	Atmosferik Düzeltme Parametresi Hesaplayıcısı
API	Application Programming Interface
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
BSRN	Baseline Surface Radiation Network
CHIRPS	Rainfall Estimates from Rain Gauge and Satellite Observations
DN	Digital Number
GCOS	Global Climate Observing System
GEE	Google Earth Engine
IDE	Integrated Development Environment
KOH	Karesel Ortalama Hata
LST	Land Surface Temperature
MODIS	Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer
MWA	Mono Window Algorithm
NAIP	National Agriculture Imagery Program
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NCEP	National Centers for Environmental Prediction
NDVI	Normalized Different Vegetation Index
NIR	Near Infrared
NOAA	Naitonal Oceanic and Atmospheric Administration
OLI	Operational Land Imager
RT	Real Time
RTE	Radiative Transfer Equation
SCA	Split Window Algorithm
SURFRAD	Surface Radiation Budget
SWA	Split Window Algorithm
TIRS	Thermal Infrared Sensor
TOA	Top of Atmosphere
USGS	United States Geological Survey
WGS84	Word Geodetic System 84
YYS	Yer Yüzeyi Sıcaklığı

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1 GEE'nin çalışma prensibi.	2
Şekil 2.1 Uzaktan algılama bileşenleri (İnt.Kyn.1).	5
Şekil 2.2 Elektromanyetik Spektrum (İnt.Kyn.2).	6
Şekil 2.3 Elektromanyetik dalga (E: Elektrik Alan, M: Manyetik Alan).	7
Şekil 2.4 Elektromanyetik enerji ile yeryüzü arasındaki ilişki (a:yutulur, b:geçirilir, c:yansıtılır).	9
Şekil 3.1 MWA genel iş-akış şeması.	12
Şekil 3.2 Atmosferik düzeltme parametresi hesaplayıcısı arayüzü (İnt.Kyn.4).	22
Şekil 3.3 Google Earth Engine Kod Düzenleyicisi bileşenlerinin şeması.	23
Şekil 3.4 GEE Kod Düzenleyici.	24
Şekil 3.5 GEE dokümanlar sekmesi.	24
Şekil 3.6 GEE komut dosyası yöneticisi.	25
Şekil 3.7 GEE varlıklar yöneticisi.	25
Şekil 3.8 GEE arama motoru.	26
Şekil 3.9 GEE harita ekranı.	26
Şekil 3.10 GEE katman yöneticisi.	27
Şekil 3.11 GEE müfettiş sekmesi.	28
Şekil 3.12 GEE konsol sekmesi.	28
Şekil 3.13 Google Earth Engine geometri araçları.	29
Şekil 4.1 Uygulamada kullanılan SURFRAD İstasyonlarının harita üzerindeki dağılışı.	32
Şekil 4.2 GEE'de görüntülerin işlenmesi.	35
Şekil 4.3 GEE'de Bant-10'a ait parlaklık sıcaklığı değerinin hesaplanması.	36
Şekil 4.4 GEE'de Bant-11'a ait parlaklık sıcaklığı değerinin hesaplanması.	36
Şekil 4.5 GEE'de NDVI, NDVI _{min} ve NDVI _{max} değerlerinin hesaplanması.	37
Şekil 4.6 GEE'de NDVI _{min} ve NDVI _{max} değerlerinin konsol sekmesinde görüntülenmesi.	37
Şekil 4.7 GEE'de NDVI _{min} ve NDVI _{max} değerlerinin konsol sekmesinde görüntülenmesi.	38
Şekil 4.8 GEE'de NDVI tabanlı yayınlılık: Bant-10.	39
Şekil 4.9 GEE'de NDVI tabanlı yayınlılık: Bant-11.	39
Şekil 4.10 ACPC'den kullanıcının hizmetine sunulan atmosferik geçirgenlik raporu örneği.	41

Şekil 4.11 GEE’de atmosferik geçirgenlik parametresinin tanımlanması.	42
Şekil 4.12 GEE’de atmosferik sıcaklık tahmini ve su buharı hesabı.	43
Şekil 4.13 GEE’de MWA yöntemi ile YYS’nin elde edilmesi.	44
Şekil 4.14 GEE’de SCA yöntemi ile YYS’nin elde edilmesi.	45
Şekil 4.15 GEE’de RTE yöntemi ile YYS’nin elde edilmesi.....	45
Şekil 4.17 MWA ile referans alınan veri grafiği.	48
Şekil 4.18 SCA ile referans alınan veri grafiği.	48
Şekil 4.19 RTE ile referans alınan veri grafiği.....	49
Şekil 4.20 SWA ile referans alınan veri grafiği.	49
Şekil 4.21 Kullanılan yöntemler için KOH değerleri.....	50
Şekil 4.22 Elde edilen bütün sıcaklıkların korelasyonları.	51

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Ortalama atmosfer sıcaklığı tahmini	11
Çizelge 3.2 Landsat 8 termal bantların bitki örtüsü ve toprak yayınlılık değerleri.....	16
Çizelge 3.3 Landsat 8 TIRS için atmosferik geçirgenlik hesaplaması formülleri.....	18
Çizelge 3.4 Landsat 8 termal bantlarının sabit katsayıları ve değerleri	20
Çizelge 3.5 Landsat 8 Bant Özellikleri	21
Çizelge 4.1 Uygulamada kullanılan SURFRAD istasyonları ve konum bilgileri.....	31
Çizelge 4.2 SURFRAD istasyonlarından yapılan ölçümlerin değerleri.....	33
Çizelge 4.3 GEE’de kullanılan uydu verilerinin ID’leri	34
Çizelge 4.4 GEE’de elde edilen parlaklık sıcaklıkları	36
Çizelge 4.5 GEE’de elde edilen NDVI, NDVİmin ve NDVİmax değerleri	38
Çizelge 4.6 GEE’de elde edilen P_v , ε_1 ve ε_2 değerleri	40
Çizelge 4.7 İstasyonlara ait atmosferik geçirgenlik, artan ve azalan ışınlım katsayıları..	41
Çizelge 4.8 GEE’den elde edilen atmosferik geçirgenlik değerleri	42
Çizelge 4.9 GEE’den elde edilen atmosferik sıcaklık ve su buharı değerleri	43
Çizelge 4.10 GEE’de elde edilen YYS sonuçları.....	47

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 2.1 Rayleigh Saçılması örneği	8
Resim 4.1 SURFRAD İstasyonları (1:BND, 2:DRA, 3:GWN, 4:PSU, 5:FPK, 6:SXF, 7:TBL)	31

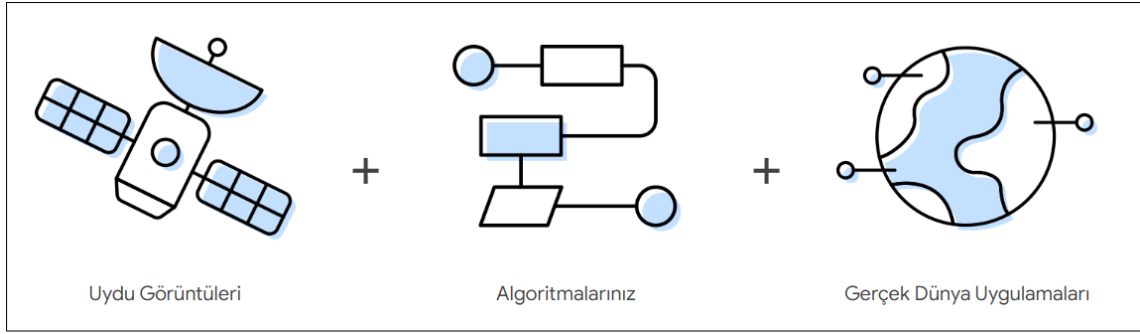


1. GİRİŞ

Günümüz gelişen ve her geçen gün daha da gelişmekte olan teknolojisi göz önünde bulundurulduğunda, Yer Yüzeyi Sıcaklığı (YYs) için uzaktan algılama biliminden yararlanmakta fayda vardır. Geniş kapsamlı bir bilim dalı olan uzaktan algılama; yeryüzü üzerindeki herhangi bir cisme fiziki olarak temas olmaksızın, nesneler veya olaylar hakkında güvenilir bilgi etme sanatı, bilimi ve tekniğidir. Isıl uzaktan algılama YYS'nin belirlenebilmesi için uygulanabilirlik açısından şüphesiz en etkin yol olarak gösterilebilir. Isıl uzaktan algılama maliyet açısından diğer bilim dallarına göre oldukça düşük ve aynı zamanda geniş çalışma sahalarına bile uygulaması elverişli bir yöntemdir. Yüzey sıcaklığı ısı uzaktan algılamanın önde gelen konularından biri olup son yıllarda üzerinde çalışmalar yapılan bir terimdir (Şekertekin vd. 2018).

Ülkemizde bulunan eski adıyla Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın ismi 29 Ekim 2021 tarihinde Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı olarak değiştirilmiştir. Bu değişiklikte anlaşılaacağı üzere iklim sürekli olarak takip edilmesi, incelenmesi ve değerlendirilmesi gereken önemli bir kavramdır. YYS ise iklime etki eden önemli faktörlerin başında gelmektedir. Böylelikle bu parametrenin kolay yollardan elde edilip hızlı bir şekilde analizi ve değerlendirilmesi daha da değerli hale gelmiştir. Uygulama amaçlı birçok yazılım veya platform mevcuttur.

Web tabanlı geliştirilen bir sistem olan Google Earth Engine (GEE) büyük ölçüde serbestçe kullanılabilir uydu görüntülerine erişmek ve sorunsuz bir şekilde işlemek için bulut platformu sağlar. GEE, çok petabaytlık -bilgisayarlarda kullanılan veri büyüklüğünü temsil eden bir birimdir- uydu görüntülerini bir katalog halinde sunarak bunları mekânsal analiz ile birleştirir. Kullanıcılar dünyanın yüzeyindeki değişiklikleri tespit etmek, haritalamak ve farklılıkları ölçmek için bu platformu kullanırlar. GEE; akademik, ticari ve araştırma amaçlı olarak kullanıcıların hizmetine ücretsiz olarak sunulmaktadır. GEE, bulut depolama vasıtasıyla uydu görüntülerini kullanıcının hizmetine sunar ve kullanıcı kodlar kullanarak çalışmanın amacına göre bu verileri işleyerek sonuç elde etmesi kısaca çalışma prensibi olarak nitelendirilebilir (Gorelick vd. 2017).



Şekil 1.1 GEE'nin çalışma prensibi.

Bu tezin uygulama aşamasında yüzey sıcaklıkları elde edilirken kullanılan yöntemler maddeler halinde verilmiştir. Bunlar;

- Tek Pencere Algoritması (Mono Window Algorithm, MWA)
- Tek Kanal Algoritması (Single Channel Algorithm, SCA)
- Işınım Transfer Denklemi (Radiative Transfer Equation, RTE)
- Bölünmüş Pencere Algoritması (Split Window Algorithm, SWA)

Bu yöntemler 'Materyal ve Metot' konu başlığı adı altında detaylı olarak açıklanmıştır.

Literatürde YYS ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. GEE platformunda gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde YYS'nin 4 farklı yöntemle değerlendirildiği bir çalışma bulunmamaktadır. GEE platformuyla ilgili genel olarak zamansal değişim, sınıflandırma ve değişim analizi gibi uzaktan algılama konularını içeren çalışmalar bulunmaktadır. GEE platformunun dışında gerçekleştirilen YYS konulu çalışmaların büyük bir çoğunluğunda tek bir yöntem üzerinden sonuca ulaşılırken, birden fazla yöntemin kullanıldığı çalışmalarda bulunmaktadır.

Sekertekin ve Bonafoni (2020) çalışmalarında, arazi ve atmosfer arasındaki etkileşimi etkilediğinden birçok bilim disiplini için önemli olan YYS hakkında çalışma yapmışlardır. YYS tahminini etkileyen ana faktörlerden biri olan yer yüzeyi yansırılığı, farklı modeller ve uzaktan algılama verilerini kullanarak YYS belirleme yöntemlerinin performansını değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında MWA, SCA ve RTE yöntemleriyle Landsat 5,7 ve 8 uydu görüntüleri kullanmışlardır. Yöntemler arasındaki doğruluk analizi sonucunda en iyi performans MWA yönteminde görülmüştür. Ayrıca analiz edilen tüm yöntemleri ArcGIS araç kutusu olarak oluşturmuşlardır.

Ermida vd. (2020) Landsat serilerinden YYS tahmini için GEE açık kaynak kodu çalışması yapmışlardır. YYS belirleme yöntemi olarak MWA yöntemini, uydu verisi olarak Landsat 4,5,7 ve 8 kullanmışlardır. Landsat görüntülerine ek olarak YYS belirlenebilmesi için göz önünde bulundurulması gereken su buharı ve yer yüzeyi yayınlılığı faktörlerini GEE veri deposundan farklı verilerden türetmişlerdir. Sonuç olarak 12 farklı noktadan yapılan YYS doğruluk analizinde KOH'ları Landsat 5 için 2,0 Kelvin, Landsat 7 için 2,1 Kelvin ve Landsat 8 için 2,1 Kelvin değerlerini elde etmişlerdir. Bunun yanı sıra Landsat uydularının yerel veya küçük ölçekli çalışmalar için yüksek çözünürlükte YYS tahmini sağlama potansiyeline sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Şekertekin vd. (2018) yapmış oldukları çalışmada Adana ilinin Ceyhan ilçesine ait ASTER uydu verileriyle MWA yöntemi kullanılarak gece ve gündüz YYS değerlerini elde etmişlerdir. Bu değerleri Yüzey Isı Adası (YIA) analizi amacıyla elde etmişlerdir. Elde edilen değerlerin analizi sonucunda, en yüksek YYS değerine sahip alanın gündüz vakti nadasa bırakılan alan, gece vakti kentsel alan olduğu sonucuna varmışlardır. Buna ek olarak uzaktan algılama verilerinin mekansal ve zamansal analizlere olanak sağlaması, sürdürülebilirlik açısından önemli olduğunu ifade etmişlerdir.

Ergene (2016) yapmış olduğu çalışmada İstanbul iline ait Landsat 8 uydu verileri kullanarak MWA ve SWA yöntemleriyle YYS değerleri elde etmiştir. Elde edilen değerler meteorolojik istasyon verileri ile karşılaştırıldığında, SWA yönteminde elde edilen değerlerin MWA yöntemine göre daha yüksek doğrulukta olduğu sonucuna varmıştır. Daha sonra SWA yöntemiyle elde edilen YYS'ler çeşitli indeksler ile karşılaştırılıp arazinin YYS üzerindeki etkisini analiz etmiştir. Regresyon analizinin korelasyonunu 0,788 olarak elde etmiştir. Regresyon sonucuna göre arazi örtüsü indekslerinin YYS üzerinde büyük etkiye sahip olduğu sonucuna varmıştır. YYS artışının en önemli sebeplerinden birinin yerleşim alanlarındaki nüfus artışı olduğunu ifade etmiştir.

Li vd. (2013) yapmış oldukları çalışmada uydulardan türetilen YYS'nin mevcut durumunu ve perspektifi ele almışlardır. YYS'nin iklim değişikliği, bitki örtüsü izleme,

hidrolojik döngü, kentsel iklim ve çevre çalışmaları olmak üzere birçok uygulamada temel olarak esas alınması gereken bir kavram olduğunu ifade etmişlerdir. Arazi üzerindeki yüzey sıcaklığının karmaşıklığı göz önünde alındığında, geniş alanlarda yapılan arazi ölçümleri pratik olmadığından farklı yollara başvurulması gerektiğini vurgulamışlardır. Bu sebeple gelişen uydu teknolojileri yardımıyla elde edilen veriler, YYS'yi yüksek mekansal ve zamansal çözünürlükte elde etmek için olanak sağladığını belirtmişlerdir. YYS belirlemek için geliştirilen farklı yaklaşımları bir arada değerlendirerek, bu yaklaşımlarda kullanılan parametreleri ayrı ayrı irdelenmiştir. Bütün yaklaşımları referans göstererek bilgilendirme amaçlı çalışma yapmışlardır.

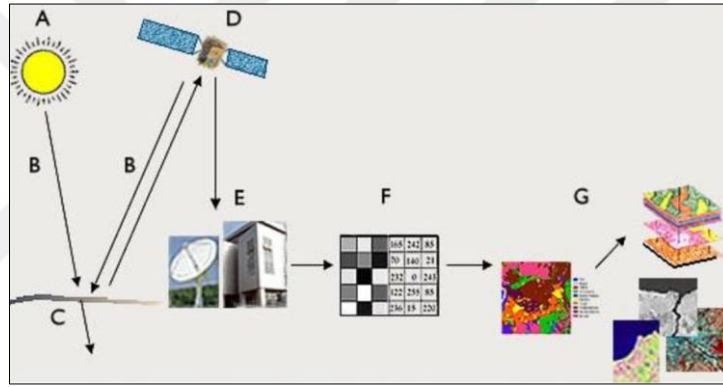
Sun vd. (2012) çalışmalarında Çin'in güneyindeki en büyük şehirlerden birisi olan Guangzhaou'da YYS ile arazi örtüsü arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışmalarında Landsat 5 uydu görüntüsü ve YYS belirleme tekniği olarak SWA yöntemi kullanılmıştır. YYS ve arazi kullanımı arasındaki ilişkileri analiz etmek için ArcGIS yazılımında farklı arazi örtüsü indeksleri oluşturulmuştur. Sonuç olarak kentsel yapılaşma alanlarının çoğunun şehrin orta kısmında, YYS alanlarının ise çoğunlukla orta ve güney kısımda yer aldığı ortaya konulmuştur. Kentsel yapılaşma ve çorak arazi yoğunluğu ile YYS artarken, bitki örtüsü ile YYS'nin azaldığı, saf suyun YYS'yi düşüreceği, kirli suyun YYS'yi arttıracak çıkarımında bulunmuşlardır.

Bu çalışmanın amacı, MWA, SCA, RTE ve SWA olmak üzere 4 farklı yöntem ile YYS'lerin elde edilmesi için GEE platformunda kod dizini oluşturmaktır. Bu sayede yüzey sıcaklığı ve benzeri birçok uzaktan algılama çalışma konularının, web tabanlı sistem olan GEE platformunda uygulanabilirliğinin hızlı, kolay ve pratik bir şekilde gerçekleştirildiğini gözler önüne sermek amaçlanmıştır. Diğer bir hususta tüm YYS belirleme yöntemlerinden eş zamanlı olarak değerler elde edilip, elde edilen değerlerin Karesel Ortalama Hata (KOH)'ları ve korelasyonları hesaplanarak doğruluk analizlerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. UZAKTAN ALGILAMANIN TEMEL ESASLARI

Uzaktan algılama; incelenecek bölge, cisim veya nesneye fiziki olarak temas olmaksızın algılayıcılar vasıtasıyla olaylar hakkında güvenilir bilgi elde etme sanatı, bilimi ve tekniğidir (Lillesand vd. 2004). Uzaktan algılamanın sayısal ortamda çalışma imkanının olması, oldukça geniş çalışma alanlarında uygulanabilirliği, veri depolaması ve hızlı veri aktarımı sebeplerinden ötürü klasik yöntemlere göre daha avantajlıdır. Bütün bu sebepler beraberinde zamandan tasarruf etmeyi sağlar.

Uzaktan algılama bileşenleri 7 ögeden oluşmaktadır. Bu ögeler aynı zamanda veri elde edilmesine ve işlenmesine ilişkin temel işlem adımlarını oluştururlar (Şekil 2.1).



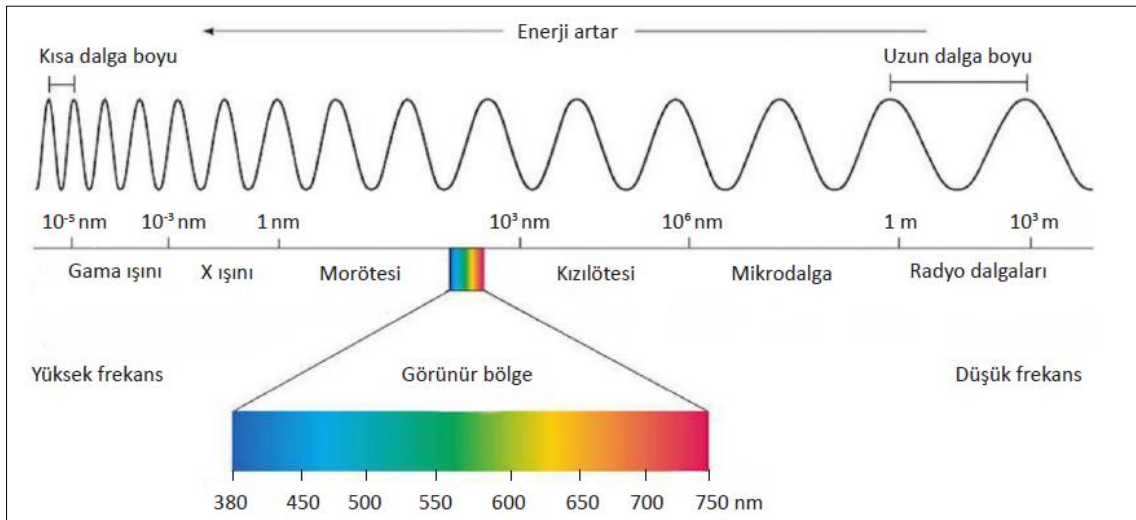
Şekil 2.1 Uzaktan algılama bileşenleri (İnt.Kyn.1).

Burada A: enerji kaynağı, B: ışınım ve atmosfer, C: hedef ile etkileşim, D: enerjinin algılayıcı tarafından kayıt edilmesi, E: verinin alınması ve işlenmesi, F: yorumlama ve analiz, G: uygulamayı temsil etmektedir.

Uydu ve uzay teknolojilerinin son yıllarda gösterdiği gelişim uzaktan algılamanın önünü açmış ve bu alanda yapılan çalışmaların sayısını arttırmıştır. Hakkında en çok araştırma ve çalışma yapılan konuların başında uzaktan algılamanın dalı olan ısı (termal) uzaktan algılama gelmektedir. Isıl uzaktan algılama; elektromanyetik spektrumun termal kızılötesi bölgesinden elde edilen verilerin alınması, işlenmesi ve değerlendirilmesi ile ilgilenir (Prakash 2000).

2.1 Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik spektrum; ışık hızı ile hareket eden farklı dalga boyu aralıklarına sahip enerjilerin bir araya gelerek oluşturduğu enerji topluluğudur. Elektromanyetik spektrum, elektromanyetik tayf olarak da bilinir. Elektromanyetik spektrum farklı bölümlere ayrılmıştır. Her bir bölümün kendine göre belirli dalga boyu aralıkları ve işlevleri bulunmaktadır (Şekil 2.2).



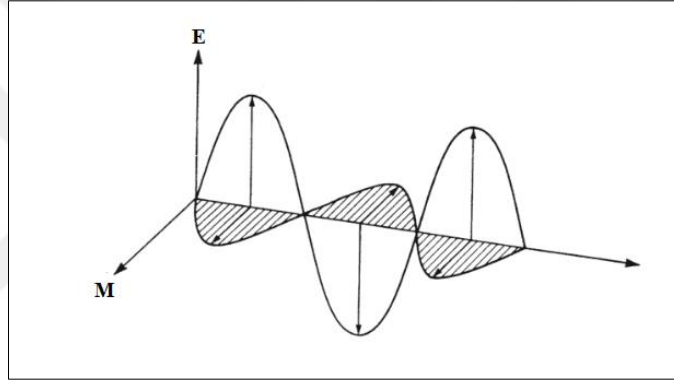
Şekil 2.2 Elektromanyetik Spektrum (İnt.Kyn.2).

Elektromanyetik spektrumun yorumlanabilmesi için genlik, dalga boyu ve frekans gibi kavramları bilmemiz gerekmektedir. Genlik dikey ekseninde bir dalganın tepesinin çukuruna olan uzaklığının yarısıdır yani tepenin sıfıra olan uzaklığıdır. Dalga boyu, peş peşe gelen iki dalganın tepesi veya çukuru arasındaki uzaklıktır. Frekans ise herhangi bir noktadan birim saniyede geçen dalga boyu sayısıdır. Frekans ile dalga boyu arasında ters orantılı bir ilişki bulunmakta olup dalga boyu uzadıkça frekans azalırken dalga boyu kısalıdıkça frekans artmaktadır.

Elektromanyetik spektrum insan gözünün algıladığı ve algılamadığı ışık türlerini içermektedir. Görünür bölge olarak nitelendirilen bölge 380 nm ve 750 nm arasında algılamaktadır. Görünür bölge dışında gama ışını, X ışını, morötesi, kızılötesi, mikrodalga ve radyo dalgaları olmak üzere farklı temel bölgeler bulunmaktadır.

2.2 Elektromanyetik Işınım

Herhangi bir cisimden yayılan elektromanyetik ışınının nitel ve nicel özellik açısından irdelenmesiyle cisimler hakkında bilgi elde edilir. Nesneler, diğer nesneler ile bir etkileşim içerisinde. Bu etkileşim nesnelerin diğer nesneler tarafından yayılan ışınımı da yansıtması olarak açıklanabilir. Yayılan veya yansıyan ışınının kaydedilmesi dünya yüzeyindeki bitki örtüsü, su kütlesi, yapı, toprak ve kaya gibi özelliklerin karakteri hakkında bilgi verir. Uzaktan algılama görüntülerinin yorumlanması, elektromanyetik ışınının güçlü bir şekilde anlaşılmasına ve atmosfer ile etkileşimine bağlıdır (Campbell ve Wynne 2011).



Şekil 2.3 Elektromanyetik dalga (E: Elektrik Alan, M: Manyetik Alan).

Elektromanyetik ışınının özelliklerini saptamak için esas alınan bazı özellikleri ve durumları mevcuttur. Elektromanyetik ışınım, yayılma yönüne dik bir elektrik alandan oluşur. Ayrıca manyetik alandan da oluşur ve bu alan doğrultusunda diktir (Şekil 2.3).

2.3 Atmosferdeki Enerji Etkileşimleri

Güneş, elektromanyetik enerji için esas enerji kaynağıdır. Güneşten gelen elektromanyetik dalgalar uzay boşluğunda yayılır. Yayılan bu enerji atmosferden geçerek yeryüzüne ulaşır. Atmosferden geçtiği esnada gaz molekülleri ve atmosferik parçacıklar ile bir etkileşim halindedir. Bu etkileşim genel olarak saçılma, soğurma ve iletme halinde olmaktadır. Etkileşimler, atmosfere ve elektromanyetik spektrumun özelliklerine göre farklılık göstermektedir.

2.3.1 Atmosferik Saçılma

Enerjinin yönünün değişmesi durumuna saçılma denir. Saçılma, ışınımın dalga boyuna, gaz moleküllerinin yoğunluğuna ve elektromanyetik ışınımın katettiği yola bağlıdır. Saçılma Rayleigh Saçılması, Mie Saçılması ve Rastgele Saçılma (Seçmesiz Saçılma) olmak üzere üç farklı şekilde saçılma olur (Sunar 2011).

Rayleigh Saçılması; büyüklükleri gelen güneş ışınımının dalga uzunluğuna göre daha küçük olan gaz molekülleri nedeni ile ortaya çıkar. Gökyüzünün mavi görünmesi, güneşin doğuş ve batışındaki ortaya çıkan kıvrılığın sebebi rayleigh saçılmasıdır. Güneşin batışı esnasında gökyüzünün kızıllaşmasına örnek olarak gösterilmiştir (Resim 2.1). Eğer saçılma olmasaydı gökyüzü mavi değil siyah görünürdü (Lillesand vd. 2004).



Resim 2.1 Rayleigh Saçılması örneği.

Mie Saçılması; büyüklükleri gelen güneş ışınımının dalga boyuna hemen hemen eşit olan duman, su buharı ve tuz kristalleri nedeniyle ortaya çıkar. Rayleigh saçılması mie saçılmasına göre daha baskın özellik göstermektedir. Gölgelelerin tamamen koyu bir renk yerine mavimsi olarak görünmesi mie saçılmasına örnek olarak verilebilir.

Rastgele Saçılma; diğer bir deyişle seçmesiz saçılma olarakta bilinir. Su damlaları ve büyük toz parçaları bu tip dağılmaya neden olan bir dağılma tipidir. Görünür bölgede bulunan mavi, yeşil ve kırmızı ışığın eşit miktarda saçılması sonucunda beyaz renk oluşur. Sis ve bulutların beyaz renkte oluşması seçmesiz saçılmaya örnek gösterilebilir.

2.3.2 Atmosferik Soğurma

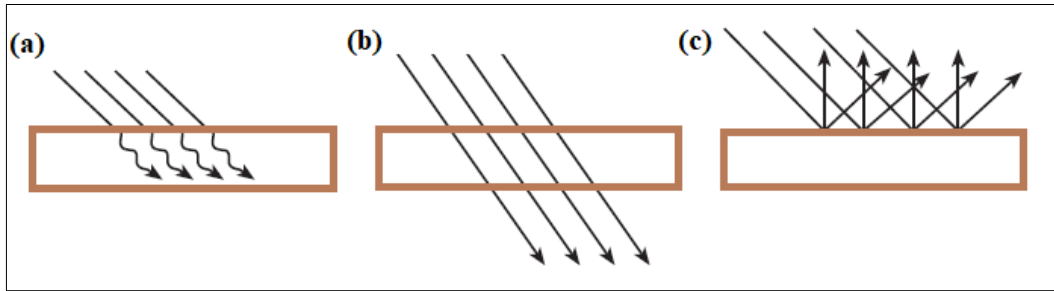
Atmosferik soğurma ya da yutulma ise, elektromanyetik enerjinin yeryüzüne ulaşmadan kaybolması durumudur. Soğurmaya neden olan en etkili faktör su buharı, ozon ve karbondioksittir. Bu bileşenler elektromanyetik spektrumdaki belirli dalga boyu aralıklarında etkindir (Sunar 2011).

2.3.3 Atmosferik İletme

Atmosferik iletme, elektromanyetik enerjinin algılanan belirli dalga boyu genişliğinde doğrudan atmosferden geçmesi durumuna denir. Işınımın geçtiği aralıklar atmosferik pencere olarak adlandırılır.

2.4 Yeryüzünün Elektromanyetik Enerji ile Etkileşimi

Soğurmada ya da saçılmada yeryüzüne ulaşan elektromanyetik enerji üç farklı biçimde etkileşimde bulunur. Bunlar; bir kısmı yansıtılır, bir kısmı geçirilir ve bir kısmı yutulur (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Elektromanyetik enerji ile yeryüzü arasındaki ilişki (a:yutulur, b:geçirilir, c:yansıtılır).

Bu etkileşimleri matematiksel olarak denklem (2.1)'de ki gibi ifade edilir.

$$E_I(\lambda) = E_R(\lambda) + E_A(\lambda) + E_T(\lambda) \quad (2.1)$$

Yukarıda; E_I gelen enerji, E_R yansıyan enerji, E_A soğurulan enerji, E_T iletilen enerjidir. Bütün bileşenler λ dalga boyunun bir fonksiyonudur (Lillesand vd. 2004).

3. MATERYAL ve METOT

3.1 Yer Yüzeyi Sıcaklığı Belirleme Yöntemleri

Literatürde yüzey sıcaklığının belirlenebilmesi için birçok yöntem bulunmaktadır. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri gerek kullanım açısından gerekse uygulanması açısından oldukça uygundur. Bu sebeple uzaktan algılama verileri YYS'nin belirlenebilmesi için en ideal veri türüdür.

Son yıllarda termal bantların iyileştirilmesi ve geliştirilmesine yönelik çalışmalar gün geçtikçe artmakta ve bu artış yeni çözüm yöntemlerini beraberinde getirmektedir. Uyduların sahip oldukları farklı özelliklerden dolayı algoritmalar üzerinde de farklılıklar mevcuttur. Bütün bu olasılıklar göz önünde bulundurulduğunda çok sayıda metodun var olması oldukça doğaldır. Ancak hangi algoritmanın en iyi sonuç verdiği hala tartışılmakta olup kesin bir kanıya varılmamıştır.

Bu tez çalışmasında 4 farklı yöntem kullanılmıştır. Bunlar:

- Tek Pencere Algoritması (Mono Window Algorithm, MWA)
- Tek Kanal Algoritması (Single Channel Algorithm, SCA)
- Işınımsal Transfer Denklemi (Radiative Transfer Equation, RTE)
- Bölünmüş Pencere Algoritması (Split Window Algorithm, SWA)

Her biri farklı matematiksel işlemlerden oluşan bu yöntemler literatürde en sık kullanılan yöntemlerdir. Bütün yöntemlerin aynı tarihte aynı noktalara uygulanışına ait bilgiler uygulama kısmında, alınan sonuçlar ise sonuç kısmında yer almaktadır.

3.1.1 Tek Pencere Algoritması (Mono Window Algorithm, MWA)

Atmosferik düzeltme yapılırken birçok zorluğun olması ve uydu sensörünün tek termal bandından YYS'nin elde edilmesi için uygun bir algoritma bulunmaması üzerine MWA yöntemi geliştirilmiştir (Qin vd. 2001).

Landsat uydusuna ait termal bant üzerinden bir takım parametreler yardımıyla matematiksel hesaplamalar yapılarak YYS görüntüleri elde edilmektedir. Bahsi geçen parametreler; kullanılan bandın parlaklık sıcaklığı, ortalama atmosferik sıcaklık, yeryüzü yayınlılığı ve atmosferik geçirgenliktir.

MWA ile YYS değerlerini şu formül ile hesaplanmaktadır:

$$YYS = \{a * (1 - C - D) + [b * (1 - C - D) + C + D] * BT - D * T_a\} / C \quad (3.1)$$

Burada a ve b katsayıları kullanılan sensöre göre belirlenmekte olup bu çalışma için $a = -67,355351$, $b = 0,458606$ 'dır. BT ise Kelvin cinsinden parlaklık sıcaklığını temsil etmektedir. T_a ortalama atmosferik sıcaklıktır. C ve D parametrelerinin hesabı için denklem (3.2) ve (3.3)'de gösterilmiştir:

$$C = \varepsilon * \tau \quad (3.2)$$

$$D = (1 - \tau)[1 + (1 - \varepsilon) * \tau] \quad (3.3)$$

Bu formüllerde ε simgesi yeryüzü yayınlılığını, τ ise atmosferik geçirgenliği temsil etmektedirler. Ortalama atmosferik sıcaklığının hesaplanabilmesi için yüzeye yakın hava sıcaklığı (T_o)'nın bilinmesi gerekir ve çalışma alanı için uygun modele göre formül seçilerek kullanılır (Qin vd. 2001). T_a hesabı ise çizelge (3.1)'de gösterilmiştir ve bu çalışma için orta-enlem yaz mevsimi modeli kullanılmıştır.

Çizelge 3.1 Ortalama atmosfer sıcaklığı tahmini.

Model	Ortalama Atmosfer Sıcaklığı (Kelvin)
USA 1976 Standart	$T_a = 25.940 + 0.8805 * T_o$
Tropikal Mevsim	$T_a = 17.977 + 0.9172 * T_o$
Standart Orta-Enlem Yaz Mevsimi	$T_a = 16.011 + 0.9262 * T_o$
Standart Orta-Enlem Kış Mevsimi	$T_a = 19.270 + 0.9112 * T_o$

MWA için genel iş-akış şeması oluşturulmuştur ve şekil (3.1)'de verilmiştir.

3.1.2 Tek Kanal Algoritması (Single Channel Algorithm, SCA)

Yüzey sıcaklığını belirlemeye yönelik yapılan birçok çalışma yüzey yayınlılığı verilerinden yüzey sıcaklığını almak için algoritmalar geliştirmiştir. Bu algoritmalar, uydulardaki farklı termal sensörler için belirlenmiştir. Yani bir termal sensör kombinasyonu için kullanılan algoritma, diğer termal sensör için kullanılamaz (Jimenez ve Sobrino 2003).

Jimenez ve Sobrino (2003), YYS'yi sadece bir termal bant ile elde etmek için tek kanallı bir yöntem geliştirmişlerdir ve bu yöntemi şu denklem ile ifade etmişlerdir:

$$YYS = \gamma \left[\frac{1}{\varepsilon} (\psi_1 L_{sen} + \psi_2) + \psi_3 \right] + \delta \quad (3.4)$$

Denklem (3.4)'de ε yer yüzeyi yayınlılığını, L_{sen} görüntüde termal bandın karşılık geldiği radyans değerini, ψ_1 , ψ_2 , ψ_3 değerleri atmosferik fonksiyonları ifade etmektedir. Denklem (3.5)'de bu fonksiyonların nasıl elde edildiği tanımlanmıştır:

$$\psi_1 = \frac{1}{\tau} ; \psi_2 = -L_{\lambda}^{\downarrow} - \frac{L_{\lambda}^{\uparrow}}{\tau} ; \psi_3 = L_{\lambda}^{\downarrow} \quad (3.5)$$

Burada $L_{\lambda}^{\downarrow} (W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1})$ atmosfer tarafından yeryüzüne yapılan ışınlımı, $L_{\lambda}^{\uparrow} (W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1})$ ise atmosfer tarafından yukarı yönde yapılan ışınlımı temsil etmektedir. Bu parametreler Atmosferik Düzeltme Parametresi Hesaplayıcısı (ACPC) kullanarak kolay bir şekilde elde edilebilmektedir. γ ve δ simgeleri ise yaklaşık bir şekilde hesaplanmaktadır. Denklem (3.6) ve denklem (3.7)'de gösterilmiştir:

$$\gamma \approx \frac{BT^2}{b_{\gamma} * L_{sen}} \quad (3.6)$$

$$\delta \approx BT - \frac{T^2}{b_{\gamma}} \quad (3.7)$$

Burada BT termal bandın parlak sıcaklığını, L_{sen} görüntüde termal bandın karşılık geldiği radyans değerini ifade etmektedir. b_{γ} değeri ise $b_{\gamma} = c_2/\lambda_i$ denkleminden

hesaplanmaktadır. Bu formülde $c_2 = 14387,7 \mu m \cdot K$ ve λ_i ise bandın dalga boyudur. Landsat 8 için bant 10 ve bant 11 olmak üzere iki tane termal bant bulunmaktadır. Bant 10 için dalga boyu değeri 10,895'dir. Bant 11 için ise bu değer 12,005 olarak kabul edilmektedir. Böylelikle b_7 değeri Landsat 8'in 10.bandı için 1320 Kelvindir, 11.bandı için ise bu değer 1199 Kelvindir (Sekertekin ve Bonafoni 2020).

3.1.3 Işınımsal Transfer Denklemi (Radiative Transfer Equation, RTE)

Işınımsal transfer denkleminin tersine çevrilmesi ile tek bir termal bant kullanılarak yüzey sıcaklığı elde edilmesi yöntemidir. RTE yönteminde uygulanan işlem adımları oldukça karmaşık matematik fonksiyonlardan oluşmaktadır:

$$L_{\lambda}^{sen} = [\varepsilon B_{\lambda}(T_s) + (1 - \varepsilon)L_{\lambda}^{\downarrow}] \tau + L_{\lambda}^{\uparrow} \quad (3.8)$$

Denklem (3.8)'de $L_{\lambda}^{sen} (W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1})$ ilgili termal bandın sensörde kayıtlı parlaklık değerini, B_{λ} siyah cisim parlaklığını, görüntüde termal bandın karşılık geldiği radyans değerini, $L_{\lambda}^{\downarrow} (W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1})$ atmosfer tarafından yeryüzüne yapılan ışıınımı, $L_{\lambda}^{\uparrow} (W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1})$ ise atmosfer tarafından yukarı yönde yapılan ışıınımı ε yeryüzü yayınlırlığını, τ ise atmosferik geçirgenliği ifade etmektedir.

YYs'deki siyah cisim parlaklığı (B_{λ}) denklem (3.8)'in tersinin alınmasıyla elde edilir (Denklem 3.9).

$$B_{\lambda}(T_s) = \frac{L_{\lambda}^{sen} - L_{\lambda}^{\uparrow} - \tau(1 - \varepsilon)L_{\lambda}^{\downarrow}}{\tau \varepsilon} \quad (3.9)$$

Daha sonra Planck yasasını denklem (3.10)'daki gibi ters çevirerek YYS elde edilir:

$$YYS = \frac{K_2}{\ln \left(\frac{K_1}{\frac{L_{\lambda}^{sen} - L_{\lambda}^{\uparrow} - \tau(1 - \varepsilon)L_{\lambda}^{\downarrow}}{\tau * \varepsilon}} + 1 \right)} \quad (3.10)$$

Burada K_1 ve K_2 meta verilerinden banda özgü termal dönüşüm sabitleridir. Bu değerler kullanılacak termal banda göre değişkenlik göstermektedir. SCA yönteminde ki gibi azalan ışıınım ve yükselen ışıınım değerlerinin de bilinmesi gerekmektedir. RTE yöntemi için SURFRAD istasyonlarından alınan verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yöntem karmaşık işlem adımlarından oluştuğundan pratikte bu yöntemin gerçekleştirilmesi oldukça zordur (Ergene 2016).

3.1.4 Bölünmüş Pencere Algoritması (Split Window Algorithm, SWA)

Sobrino vd. (1996)'nin yapmış olduğu çalışmada iki farklı dalga boyunda eş zamanlı ölçümlerinin radyasyon farkı ile orantılı olmasıyla ilgili bir sonuç üretmişlerdir. SWA yöntemi atmosferik pencerede 8-13 μm dalga boyu aralığında iki farklı termal bant kullanır ve SCA yönteminde olduğu gibi su buharı bilgisi gerektirir (Sobrino vd. 1996). SWA ile YYS hesabı denklem (3.11)'de verilmiştir:

$$YYS = T_i + c_1(T_i - T_j) + c_2(T_i - T_j)^2 + c_0 + (c_3 + c_4w)(1 - \varepsilon) + (c_5 + c_6w)\Delta\varepsilon \quad (3.11)$$

$c_0 = -0,268$; $c_1 = 1,378$; $c_2 = 0,183$; $c_3 = 54,30$; $c_4 = -2,238$; $c_5 = -129,20$; $c_6 = 16,4$
Burada indislerde bulunan i ve j harfleri 2 farklı termal bandı ifade etmektedirler. Yani bu çalışmada Landsat 8 uydusu kullanıldığından uygulama kısmında 10. Ve 11. Bandı temsil etmektedirler. Bu formülde T ilgili termal bandın parlaklık sıcaklıklarını, w su buharını temsil etmektedir. $\Delta\varepsilon$ iki termal bant arasındaki yeryüzü yayınlırlığı farkı, ε ise iki termal bandın yayınlırlıklarının ortalamasıdır (Sobrino vd. 1996).

3.2 NDVI Tabanlı Yer Yüzey Yayınlırlık (ε_i) Hesabı

Yer yüzeyine gelen enerjinin bir kısmı emilmektedir ve bu emilen enerjiyle gelen enerji arasındaki oran yayınlırlığı tanımlar. Yüzey yayınlırlığı bitki örtüsü, yüzey nemi, pürüzlülük ve görüş açlarına göre değişkenlik gösterebilir. Yer yüzey yayınlırlığı hesaplanırken Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) değerleri kullanılmaktadır. NDVI için uydu görüntülerinin görünür bölgedeki kırmızı banttan ve yakın kızılötesi banttan yararlanılır (Denklem 3.12).

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (3.12)$$

Burada; ρ_{NIR} yakın kızılötesi bandı, ρ_{RED} ise kırmızı bandı temsil etmektedir. Uygulamada kullanılan Landsat 8 için kırmızı bandın karşılığı 4.Bant iken yakın kızılötesi bandın karşılığı ise 5.Banttır.

Birçok yer yüzey yayınlılık yöntemi bulunmaktadır. NDVI tabanlı yer yüzey yayınlılık yöntemi uygulanabilirlik açısından diğer yöntemlere göre daha kolaydır. Yu vd. (2014)'nin Landsat 8 uydu görüntülerinden yer yüzeyi yayınlılık tahmini için kullandıkları denklem:

$$\varepsilon_i \begin{cases} a_i \rho_{red} + b_i & NDVI < 0.2 \\ \varepsilon_{v,i} P_v + \varepsilon_{s,i} (1 - P_v) + C_i & 0.2 \leq NDVI \leq 0.5 \\ \varepsilon_{v,i} + C_i & NDVI > 0.5 \end{cases} \quad (3.13)$$

Burada ε_v bitki yayınlılık değeri, ε_s toprak yayınlılık değeri, P_v fraksiyonel bitki örtüsü (fractional vegetation, P_v) olarak tanımlanmaktadır. P_v değeri NDVI değerlerinin oranlanmasıyla elde edilir (Denklem 3.14).

$$P_v = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right]^2 \quad (3.14)$$

Yayınlılık için üç farklı eşik değeri tanımlanmış olup NDVI değerine göre uygun olanı kullanılacaktır. Bitki örtüsü (ε_v) ve toprak (ε_s) yayınlılık değerleri MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer) yayınlılık kütüphanesinden hesaplanmaktadır. Landsat 8 TIRS için bitki örtüsü ve toprak yayınlılık değerleri çizelge (3.2)'de verilmiştir (Yu vd. 2014).

Çizelge 3.2 Landsat 8 termal bantların bitki örtüsü ve toprak yayınlılık değerleri.

Termal Bantlar	Bitki Örtüsü	Toprak
Bant 10	0.9863	0.9668
Bant 11	0.9896	0.9747

Denklemden C_i ise yüzey pürüzlülüğünden dolayı ortaya çıkan bir terim olup denklem (3.15)'deki gibi tahmin edilmektedir.

$$C_i = (1 - \varepsilon_{s,i}) \varepsilon_{v,i} \cdot F' \cdot (1 - P_v) \quad (3.15)$$

F' geometrik bir faktördür ve değer olarak 0,55 kabul edilir (Sabrino vd. 2000).

3.3 Su Buharı (w_i) Hesabı

Su buharı, atmosferik geçirgenliğin elde edilebilmesi için bilinmesi gereken önemli parametrelerden biridir. Su buharını hesaplayabilmek için nisbi nem değeri ve yüzeye yakın yer sıcaklığı değerleri gerekmektedir. Bu değerler meteoroloji istasyonlarından elde edilebilmektedir. Su buharı aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir:

$$w_i = 0.0981 * \left\{ 10 * 0.6108 * \exp \left[\frac{17.27 * (T_0 - 273.15)}{237.3 + (T_0 - 273.15)} \right] * RH \right\} + 0.1697 \quad (3.16)$$

Burada;

w_i : Su buharı (g/cm^2),

T_0 : Yakın yüzey sıcaklığı (Kelvin),

RH: Bağıl nemi (%) ifade etmektedir (Sekertekin ve Bonafoni 2020).

3.4 Atmosferik Geçirgenlik (τ_i) Hesabı

Su buharı hesaplandıktan sonra atmosferik geçirgenlik işlemine geçilir. Atmosferik geçirgenlik MWA, SCA ve RTE yöntemleri için atmosferik düzeltme parametre hesaplayıcısından elde edilirken SWA yöntemi için su buharına bağlı olarak denklemler yardımıyla hesaplanmaktadır. Bu denklemler çizelge (3.3)'de verilmiştir (Yu vd. 2014).

Çizelge 3.3 Landsat 8 TIRS için atmosferik geçirgenlik hesaplaması formülleri.

Model	Su Buharı Aralığı (g/cm^2)	Denklem
USA 1976	0.2-3.0	$\tau_{10} = -0.01646w^2 - 0.04546w + 0.9744$ $\tau_{11} = -0.01403w^2 - 0.09748w + 0.9731$
Standart	3.0-6.0	$\tau_{10} = 0.006416w^2 - 0.1914w + 1.212$ $\tau_{11} = 0.01647w^2 - 0.2854w + 1.268$
Standart	0.2-3.0	$\tau_{10} = -0.0164w^2 - 0.04203w + 0.9715$ $\tau_{11} = -0.01218w^2 - 0.07735w + 0.9603$
Orta-Enlem	3.0-6.0	$\tau_{10} = -0.00168w^2 - 0.1329w + 1.127$ $\tau_{11} = 0.09186w^2 - 0.2137w + 1.181$
Yaz Mevsimi		

3.5 Landsat 8 ile YYS Çıkarımı

Bu tez çalışmasında Landsat 8 uydu verileri kullanılmıştır. YYS’yi elde edebilmek için parlaklık sıcaklığı değerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu değeri hesaplayabilmek için ham uydu görüntüsüne birtakım işlemler uygulanmakta olup bu işlem adımları sırasıyla uygulanmıştır.

3.5.1 Piksel Değerinin Atmosfer Üstü Spektral Işınıma Dönüşümü

Ham uydu görüntüsünün piksel değerleri Dijital Number (DN) olarak adlandırılır. Görüntüler 32 bit kayan nokta hesaplamaları kullanılarak mutlak parlaklık birimlerinde işlenir. Bu değerler bitmiş 1.Seviye üründe 16 bit tam sayı değerlerine dönüştürülür. Daha sonra meta veri dosyasında bulunan radyasyon ölçeklendirme faktörleri kullanılarak denklem (3.17)’de olduğu gibi spektral radyasyona dönüştürülebilirler (İnt.Kyn.3).

$$L_{\lambda} = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (3.17)$$

Burada L_{λ} elde edilen spektral radyans değeridir ve birimi $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ ‘dir. Q_{cal} ise görüntünün piksel değerini temsil etmektedir. M_L ve A_L uydu görüntüsünün meta verisinde bulunan değerlerdir.

3.5.2 Atmosfer Üstü (TOA) Yüzey Yansıtması

Seviye 1 ürünündeki 16 bitlik tamsayı değerleri de TOA yansıtma oranına dönüştürülebilir. Seviye 1 DN değerlerini TOA yansıtmasına dönüştürmek için aşağıdaki denklem kullanılır (İnt.Kyn.3):

$$p'_\lambda = M_p * Q_{cal} + A_p \quad (3.18)$$

Burada p'_λ güneş açısı düzeltme olmadan TOA spektral yansıtma değeridir ve birimsizdir. M_p ve A_p görüntünün meta verisinde bulunan sabit katsayılardır. Daha sonra denklem (3.18)'de hesaplanan değere güneş yükseklik açısı düzeltmesi getirilmiştir ve bu düzeltme denklem (3.19)'da verilmiştir (İnt.Kyn.3).

$$p_\lambda = \frac{p'_\lambda}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{p'_\lambda}{\sin(\theta_{SE})} \quad (3.19)$$

Burada:

p_λ : TOA spektral yansıtım değeri,

θ_{SE} : Lokal güneş yükseklik açısı,

θ_{SZ} : Lokal güneş zenit açısıdır.

3.5.3 Spektral Yansıtım Değerinden Sensör Parlaklık Sıcaklığına Dönüşüm

Sensör parlaklık sıcaklığı YYS hesabı için bilinmesi gereken en önemli parametrelerden birisidir. Dönüşüm formülü denklem (3.20)'de gösterilmiştir.

$$BT = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (3.20)$$

Burada BT parlaklık sıcaklığıdır ve birimi Kelvin'dir. L_λ ilk adımda hesaplanan spektral yansıtım değeridir ve birimi $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ 'dir. K_1 ve K_2 ise görüntünün meta verisinden alınan banda özgü termal dönüşüm sabitidir. Bu işlem adımı uydunun termal bandına uygulanmaktadır.

Bütün bu dönüşümlerde kullanılacak denklemler Landsat 8 kullanıcı el kitapçığından temin edilmiştir. Landsat 8 için meta veriden alınan sabit sayılar çizelge (3.4)'de verilmiştir.

Çizelge 3.4 Landsat 8 termal bantlarının sabit katsayıları ve değerleri.

Parametreler	10.Bant	11.Bant
λ	10.8	12
M_L	0.0003342	0.0003342
A_L	0.1	0.1
K_1	774.8853149414062	480.8883056640625
K_2	1321.078857421875	1201.1441650390625

Landsat 8 uydusu kullanabilmek için öncelikle uydunun teknik özelliklerini ve bantların özelliklerini bilmek gerekir.

3.6 Landsat 8

Landsat uydusu Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) ve Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS)'nin ortak olarak hazırladıkları bir uzay projesidir. Landsat uyduları dünyamızı 1972 yılından beridir çeşitli sürümler ile izlemektedir. Landsat 8 ise bu projenin son üyesi olup 2013 yılından beridir görevini yerine getirmekte ve getirmeye devam etmektedir. Gelişen günümüz teknolojisi ile her geçen gün uzaktan algılama ile elde edilen verilerin çözünürlükleri yükselmekte ve yükselmeye devam etmektedir. Landsat 8 uydusu 30 metre çözünürlükte farklı çalışma alanları için farklı dalga boyları aralıklarında veri toplamakta olup iki sensör taşımaktadır. Bunlar;

- Operational Land Imager (OLI)
- Thermal Infrared Sensor (TIRS)'lerdir.

OLI sensörü 9 tane spektral banttandır oluşurken TIRS sensörü 2 tane termal banttandır oluşmaktadır. Landsat 8 uydusuna ait özellikler çizelge (3.5)'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5 Landsat 8 Bant Özellikleri.

Sensör	Bant	Çözünürlük	Dalga Boyu	Açıklama
OLI	B1	30 m	0.43 – 0.45 μm	Aerosol
OLI	B2	30 m	0.45 – 0.51 μm	Mavi
OLI	B3	30 m	0.53 – 0.59 μm	Yeşil
OLI	B4	30 m	0.64 – 0.67 μm	Kırmızı
OLI	B5	30 m	0.85 – 0.88 μm	Yakın Kızılötesi(NIR)
OLI	B6	30 m	1.57 – 1.65 μm	Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR-1)
OLI	B7	30 m	2.11 – 2.29 μm	Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR-2)
OLI	B8	15 m	0.52 – 0.90 μm	Pankromatik
OLI	B9	30 m	1.36 – 1.38 μm	Sirrus
TIRS	B10	30 m	10.6 – 11.19 μm	Termal Kızılötesi (TIRS-1)
TIRS	B11	30 m	11.5 – 12.51 μm	Termal Kızılötesi (TIRS-2)

USGS, Landsat 8 için Tier-1 (T1), Tier-2 (T2) ve gerçek zamanlı (RT) olmak üzere üç farklı kategoride veri üretmektedir. GEE ise kullanıcıya yüzey yansıtma (SR), atmosfer üstü (TOA) ve ham görüntüler olmak üzere üç farklı veri seti sunmaktadır.

3.7 Atmosferik Düzeltme Parametresi Hesaplayıcısı (ACPC)

Atmosferik iletim ve yükselme parlaklığının hesabı güç ve uzun zaman gerektirmektedir. Kullanıcı, atmosferik verilerin nereden alınacağını bilmeli, bir ışınım transfer modeli için uygun biçime dönüştürmeli ve sonuçları uygun bant geçişi üzerine entegre etmelidir. Atmosferik Düzeltme Parametresi Hesaplayıcısı (ACPC) bu hesaplamayı kolaylaştırmaktadır (Barsi vd. 2005).

ACPC, girdi olarak belirli bir tarih, saat ve konuma entegreli Ulusal Çevresel Tahmin Merkezleri (NCEP) tarafından modellenmiş atmosferik küresel modeller kullanır. SURFRAD ışınım transfer kodu ve bir dizi algoritma kullanılarak, yüzeye özgü atmosferik iletim, yukarı ve aşağı doğru radyasyonlar elde edilir. Bu hesaplanan parametreler Landsat'ın tek bantlı termal görüntülerine uygulanabilmektedir (Barsi vd. 2003).

ACPC, internet üzerinden ücretsiz olarak kullanıcıya hizmet vermekte olup adeta bir hesap makinası işlevi görmektedir. Çok kısa bir sürede YYS hesabında kullanılacak olan parametreleri rapor halinde kullanıcıya sunmaktadır. Hesap makinasına ‘<https://atmcorr.gsfc.nasa.gov/>’ adresinden ulaşılabilir. ACPC arayüzü şekil (3.2)’te gösterilmiştir.

Year:	Month:	Day:
GMT Hour:	Minute:	
Latitude: + is North, - is South	Longitude: + is East, - is West	
☒ Use atmospheric profile for closest integer lat/long help ☐ Use interpolated atmospheric profile for given lat/long help		
☒ Use mid-latitude summer standard atmosphere for upper atmospheric profile help ☐ Use mid-latitude winter standard atmosphere for upper atmospheric profile help		
☒ Use Landsat-8 TIRS Band 10 spectral response curve ☐ Use Landsat-7 Band 6 spectral response curve ☐ Use Landsat-5 Band 6 spectral response curve ☐ Output only atmospheric profile, do not calculate effective radiances		
Optional: Surface Conditions <i>(If you do not enter surface conditions, model predicted surface conditions will be used. If you do enter surface conditions, all four conditions must be entered.)</i>		
Altitude (km):	Pressure (mb):	
Temperature (C):	Relative Humidity (%):	
Results will be sent to the following address: Email:		
Calculate Clear Fields		

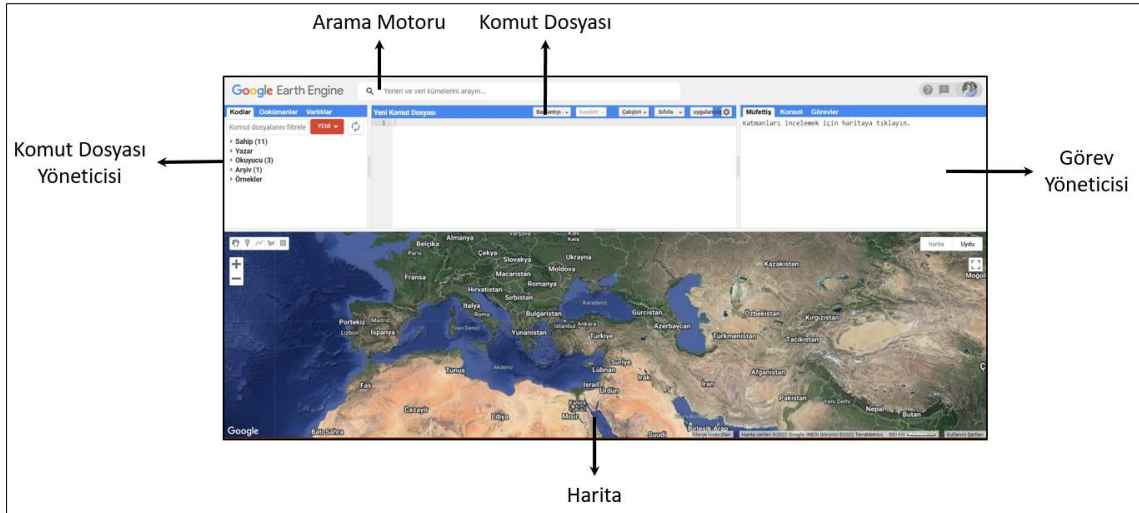
Şekil 3.2 Atmosferik düzeltme parametresi hesaplayıcısı arayüzü (İnt.Kyn.4).

Bu tez çalışmasında YYS belirleme yöntemlerinde gerekli olan $L_{\lambda}^{\uparrow}$, $L_{\lambda}^{\downarrow}$ ve τ parametreler, atmosferik düzeltme parametresi hesaplayıcısından gerekli bilgiler girilerek hesaplanmaktadır. Elde edilen veriler birkaç dakika içerisinde posta yoluyla kullanıcıya ulaşmaktadır.

3.8 Google Earth Engine

GEE büyük miktarda serbestçe kullanılabilir uydu görüntülerine erişmek ve sorunsuz bir şekilde işlemek için bir bulut platformu sağlar. GEE web tabanlı bir sistem olup, Landsat, Sentinel, MODIS ve ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) gibi uydulardan elde edilen verileri kümeler halinde bünyesinde depolamaktadır. Ayrıca NAIP (National Agriculture Imagery Program) verilerini, CHIRPS (Rainfall Estimates from Rain Gauge and Satellite Observations) iklim verilerini, yağış verilerini, deniz yüzeyi sıcaklık verilerini ve yükseklik verilerini içeren aranabilir bir veri kataloğu bulunmaktadır. Bu sistem sayesinde görüntülerin işlenmesi, değerlendirilmesi ve analizi hızlı bir biçimde çevrim içi bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

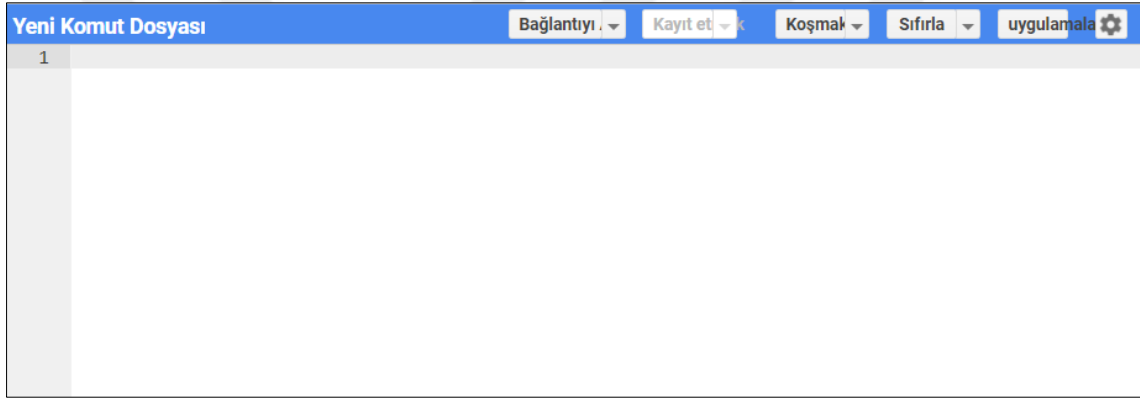
GEE veri kataloğu, Google veri merkezleri tarafından desteklenen ölçeklenebilir bilgi işlem gücü ve mevcut coğrafi mekânsal iş akışlarını sorunsuz bir şekilde uygulamamıza olanak tanıyan API (Application Programming Interface)'lar ile eşleştirilmiştir (İnt.Kyn. 5). Veri setleri, bilgi işlem gücü, uygulama programlama ara yüzleri ve kod düzenleyicisi GEE'nin ana bileşenlerindendir. GEE Kod Düzenleyici bileşenlerinin şeması gösterilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Google Earth Engine Kod Düzenleyicisi bileşenlerinin şeması.

3.8.1 Kod Düzenleyici

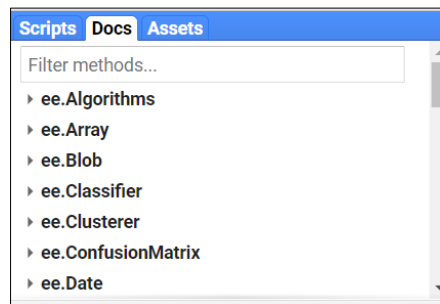
GEE: Kod Düzenleyici, JavaScript API'sı için web tabanlı bir IDE (Integrated Development Environment)'dir. Kod Düzenleyici özellikleri, karmaşık coğrafi mekânsal iş akışlarının hızlı ve kolay bir şekilde geliştirilmesini sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Kod Düzenleyici kodların yazımının gerçekleştirildiği ve bu kodların yazımında bazı ipuçları otomatik olarak verirken, yapılan hataları göstererek düzeltmemize imkan sağlamaktadır. Kod Düzenleyici'de kodun tamamını silmek, kaydetmek, çalıştırmak ve kodun linkini paylaşabilmek için bazı sekmeler bulunmaktadır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 GEE Kod Düzenleyici.

3.8.2 Dokümanlar Sekmesi

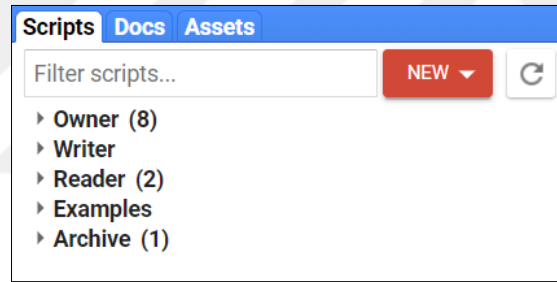
Dokümanlar sekmesi, kod düzenleyicisinin hemen solunda bulunur ve JavaScript API dokümanlarını içerir. Bu dokümanlar sekmesinde yer alan birçok fonksiyonun nasıl kullanılabileceğine dair ipuçları verilmektedir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 GEE dokümanlar sekmesi.

3.8.3 Komut Dosyası Yöneticisi

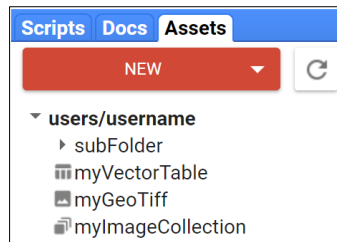
Komut sekmesi API dokümanları menüsünün solunda bulunur. GEE tarayıcıda aynı anda oturumu açık olan yalnızca bir tane Google hesabı ile kullanılabilir. GEE Kod Düzenleyicide kaydedilen bir kod komut dosyası yöneticisinde depolanır ve daha sonra erişebilmek için saklanır. Aynı zamanda üzerinde herhangi bir işlem yapıldığında farklı bir şekilde farklı bir klasörde de saklanabilir. Bu sekmede sahip olunan kodlar, başka bir yazara ait olan kodlar ama bu kodlar üzerinde değişiklik yapılanları ve değişiklik yapılabilenler olmak üzere Google tarafından korunan ve depolanan bir havuz sistemi bulunmaktadır. Bunların yanında örnek olarak GEE tarafından ücretsiz paylaşılan bir takım çalışmaların olduğu kodlarda hazır olarak burada yer almaktadır. Kullanıcı bu sekmede menüleri düzenleyebilir ve adlandırma yaparak kendine özgü bir klasör sistemi oluşturabilir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 GEE komut dosyası yöneticisi.

3.8.4 Varlıklar Yöneticisi

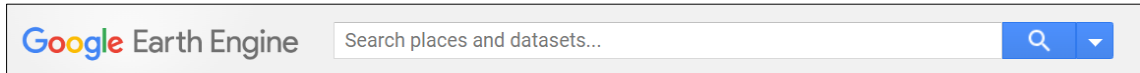
Varlıklar yöneticisi, API dokümanları menüsünün sağında bulunur. GEE'ye kullanıcı kendi görüntü varlıklarını geotiff, shape files, csv gibi dosya formatlarında yükleyebilir ve bu varlıkları varlıklar yöneticisi sekmesinden yönetir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 GEE varlıklar yöneticisi.

3.8.5 Arama Motoru

Arama motoru kod düzenleyicinin üst kısmında yer almaktadır. Harf veya kelime arama motoruna girildikçe arama çubuğunda bu anahtar kelimeyle ilgili eşleşen yerler, mekanlar, raster ve çizelge şeklinde veri kümelerini listeler (Şekil 3.8). Arama motoru kullanılarak veri kümeleri bulunabilir ve kod düzenleyicinin içine aktarılabilir. Ayrıca o veri kümesi hakkında bilgiye erişilebilmektedir.



Şekil 3.8 GEE arama motoru.

3.8.6 Harita

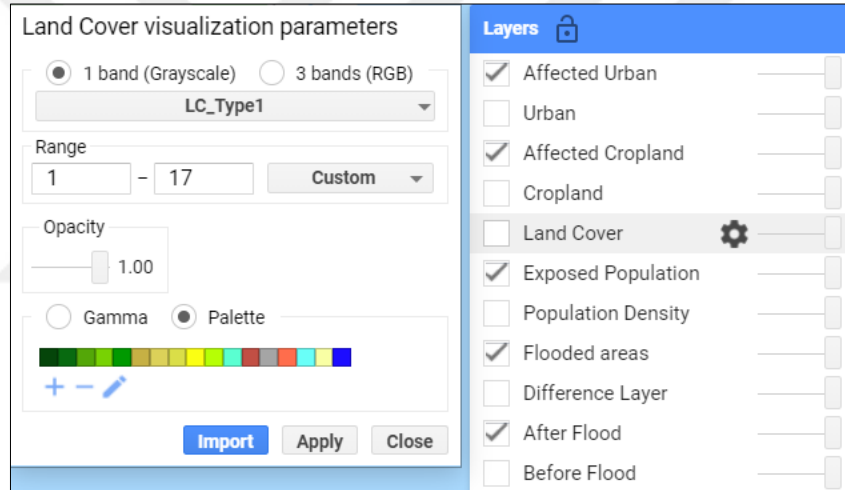
Harita ekranı kod düzenleyicinin altında bulunur. API'deki harita nesnesi, kod düzenleyicideki harita görüntüsünü ifade eder. Harita ekranında yakınlaştırma-uzaklaştırma araç çubuğu, geometri araçları, katmanlar ve altlıklar (harita, uydu) gibi araçlar mevcuttur. Bu harita kod düzenleyici ile entegreli şekilde çalışır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 GEE harita ekranı.

3.8.7 Katman Yöneticisi

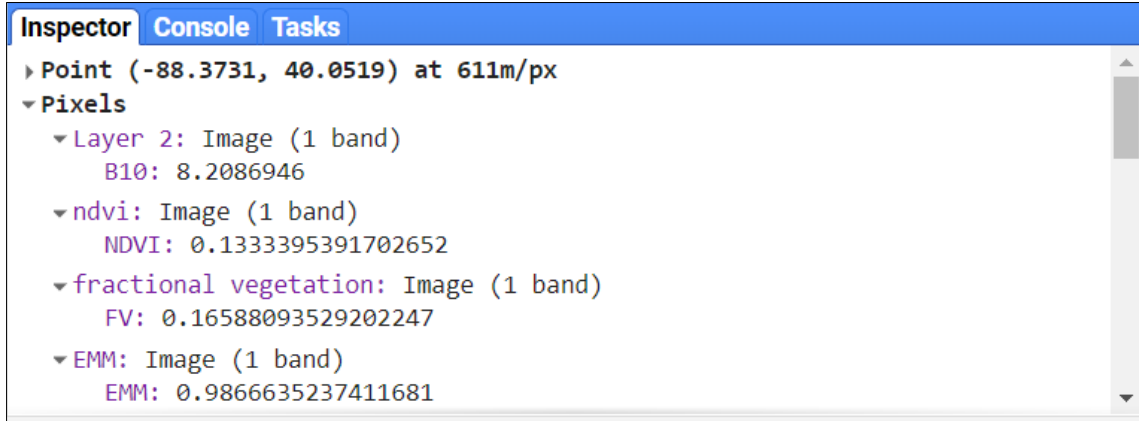
Katman yöneticisi harita ekranı üzerinde sağ üst köşesinde bulunmaktadır. Haritaya eklenen katmanlar liste halinde bu katman yöneticisinde sıralanmaktadır. Katmanların sol tarafında bulunan kutucuk yardımıyla herhangi bir katmanı etkinleştirebilmekte ya da devre dışı bırakılabilmektedir. Katmanların sağ tarafında bulunan çubuk ise katmanların harita üzerindeki saydamlıklarını ayarlamaya yarar. Katmanların her birinin ayar butonu bulunmakta olup bu ayarlara geldiğimizde katmanlar için görselleştirme parametreleri için harita ekranında küçük bir pencere açılmaktadır. Bu pencerede yapılan ayarlar isteğe göre sadece harita üzerine uygulanabilir ya da içe aktar seçeneği ile komut dosyasına yeni bir değişken olarak tanımlanabilmektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 GEE katman yöneticisi.

3.8.8 Müfettiş Sekmesi

Müfettiş sekmesi kod düzenleyicinin hemen sağında yer alan sekmedir. Harita ve kod düzenleyici ile uyumlu bir biçimde çalışmaktadır. Yani haritada eş zamanlı olarak sorgulama yapmamızı sağlar. Müfettiş sekmesi ne zaman etkinleştirilse o zaman harita üzerinde imleç, haritada işaretlenen konumun veya geometrinin sonuçlarını kullanıcıya sunar. Şekilde örnek olarak bir uygulamanın müfettiş sekmesi sonuçları haritadan işaretlenerek gösterilmiştir (Şekil 3.11).

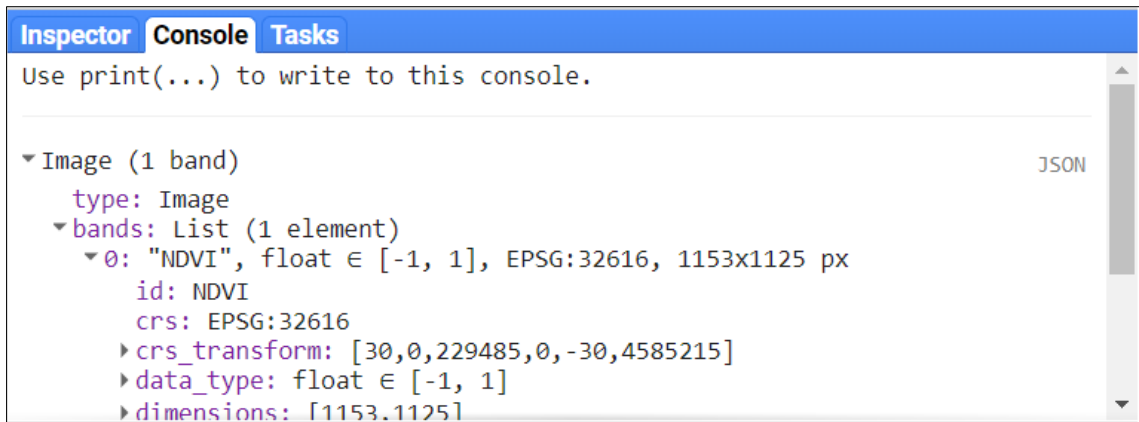


Şekil 3.11 GEE müfettiş sekmesi.

Şekildeki tanımlamalara ve değerlere dikkat edilmemesi gerekmektedir. Çalışmanın amacına göre bu sonuçlar ve bu tanımlamalar değişkenlik göstermektedir. Ayrıca müfettiş sekmesinden sonuç alınabilmesi için kod düzenleyicide ‘print’ komutunun kesinlikle kullanılması gerekmektedir.

3.8.9 Konsol Sekmesi

Konsol sekmesinin çalışma mekanizması müfettiş sekmesiyle birebir aynıdır. Müfettiş sekmesinin hemen sağında bulunmaktadır. Kod düzenleyicide ‘print’ kodu kullanılarak metin, nesne veya grafik gibi şeyler tanımlanmışsa, sonuç konsolda görüntülenmektedir. Şekilde örnek bir çalışmanın konsol sekmesinde görüntülenen sonuçlar verilmiştir (Şekil 3.12).



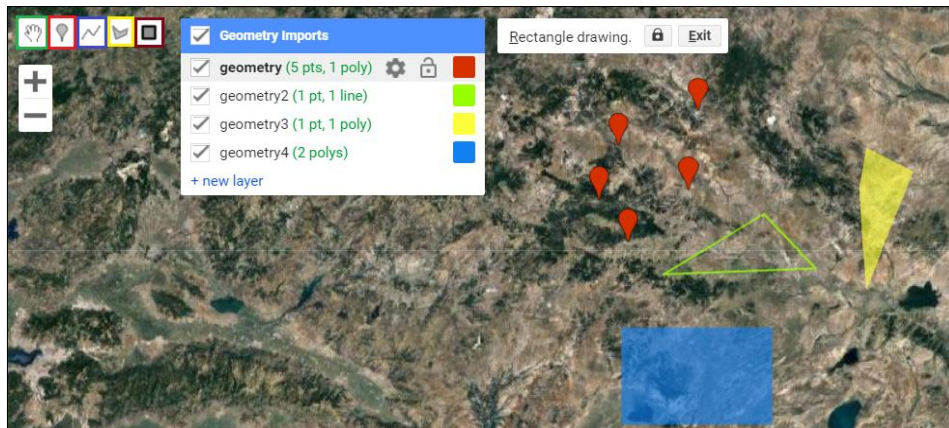
Şekil 3.12 GEE konsol sekmesi.

3.8.10 Görevler Sekmesi

Görevler sekmesi ise konsol sekmesinin sağında bulunmaktadır. Uzun süren çalışmalar veya dışa aktarılacak istenen sonuçlar için bu sekme kullanılmaktadır. Elde edilen veriyi dışa aktarmak için görevler sekmesi yönetilmelidir. Görüntüler için çözünürlük veya boyut özellikleri, çizelgeler için biçimini seçmemizi isteyen bir iletişim kutusu görünmektedir. Dışa aktarma işlemini başlattıktan sonra görev yöneticisinden görev durumu kontrol edilebilir ve iptal etmek için butona basılabilmektedir.

3.8.11 Geometri Araçları

Geometri araçları harita ekranının sol üst kenarında bulunmaktadır. Bu araçlar kullanılarak harita üzerinde geometriler oluşturulur ve bu geometriler kod olarak komut dosyasına otomatik olarak tanımlanır. Şekilde yeşil kutu içerisinde bulunan araç çizimi durdurmaya ve harita ekranını kaydırmak için kullanılır. Kırmızı kutu içerisindeki araç ise haritaya nokta atarak o konumun işaretlenmesini sağlamaktadır. Mavi kutu içerisindeki araç ise haritada çizgi çizmek için kullanılmaktadır. Sarı kutu içerisinde gösterilen araçla şekil çizilebilmekte ve bu şekil bir alana sahip olur. Kahverengi kutu ile belirtilen son araç ise harita üzerinde dikdörtgen bir alan oluşturur. Bu çizim araçlarından herhangi birini kullanmak otomatik olarak yeni bir geometri katmanı oluşturur ve komut dosyasının içine aktarmaktadır. Yeni bir katman açmak için geometri içe aktarma sekmesi açılarak 'new layer (yeni katman)' düğmesine işaretlenir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13 Google Earth Engine geometri araçları.

4. UYGULAMA

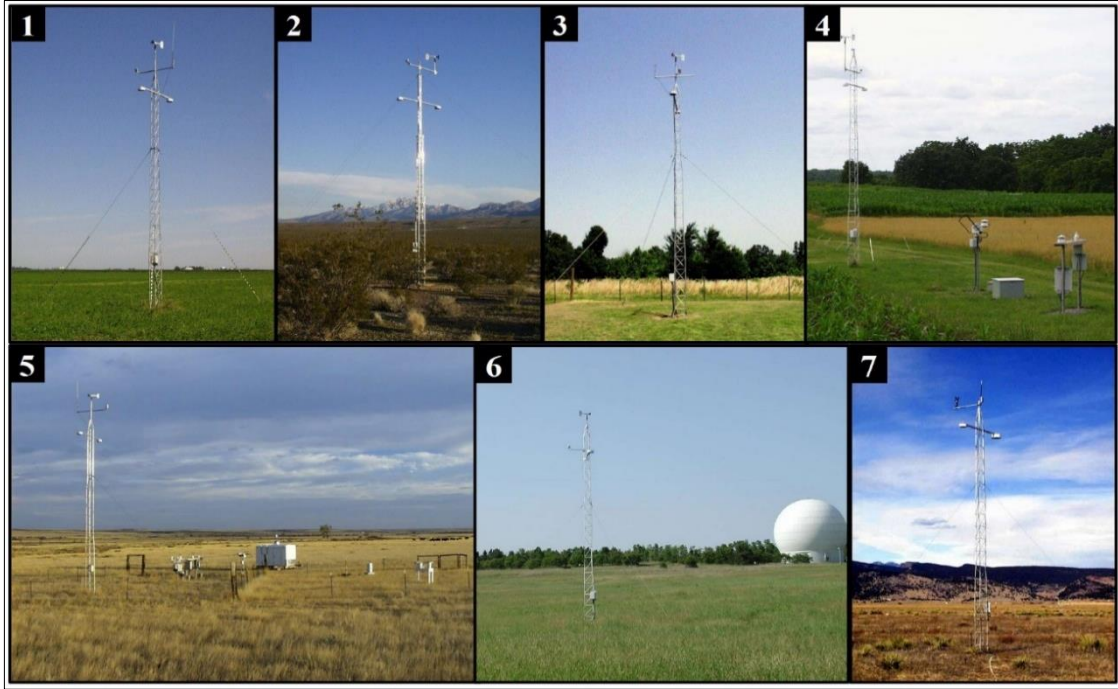
4.1 SURFRAD Ağı

SURFRAD, Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi (NOAA) 'nin Küresel Programlar Ofisi'nin desteği ile 1993 yılında kurulan ve hâlihazırda erişime açık küresel bir programdır. Programın temel amacı Amerika Birleşik Devletleri (ABD) üzerindeki yüzey radyasyonu doğru, sürekli, uzun vadeli ölçümleriyle iklim araştırmalarını desteklemektir. SURFRAD'dan elde edilen gözlemler uydu tabanlı yüzey radyasyonu tahminlerini değerlendirmek için kullanılmıştır (İnt.Kyn.6). Bunun yanı sıra klimatoloji, hidrolojik çalışmalarda, hava tahmini ve iklim modellerini doğrulamak gibi birçok çalışmada kullanılmaktadır.

SURFRAD ağı mevcutta 7 istasyondan oluşmakta olup, uydu sistemi yüzey radyasyonu sürekli modda ölçen ilk ve tek ABD ulusal ölçekli ağıdır. Bu ağı oluşturan istasyonların kodları ve bulunduğu eyaletler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- **BND:** Bondville, Illinois
- **DRA:** Desert Rock, Nevada
- **FPK:** Fort Peck, Montana
- **GWN:** Goodwin Creek, Mississippi
- **PSU:** Penn State University, Pennsylvania
- **SXF:** Sioux Falls, South Dakota
- **TBL:** Table Mountain, Boulder, Colorado

Aktif bir biçimde faaliyetlerine devam eden SURFRAD istasyonlarının tümü gösterilmiştir (Resim 4.1). Bu istasyonlar anlık olarak veri toplamakta ve bu verileri ücretsiz olarak kullanıcıların hizmetine sunmaktadır. Veri toplamaya ilk olarak 1995 yılında dört istasyon ile başlandı. 1998 yılında 2 istasyon daha eklendi ve son istasyonun kurulumu ise 2003 yılında tamamlanarak hizmete başladı. Hizmete başladığından bu yana, ağın ürünlerine ve altyapısına çeşitli eklemeler ve iyileştirmeler yapıldı (Augustine vd. 2005).



Resim 4.1 SURFRAD İstasyonları (1:BND, 2:DRA, 3:GWN, 4:PSU, 5:FPK, 6:SXF, 7:TBL).

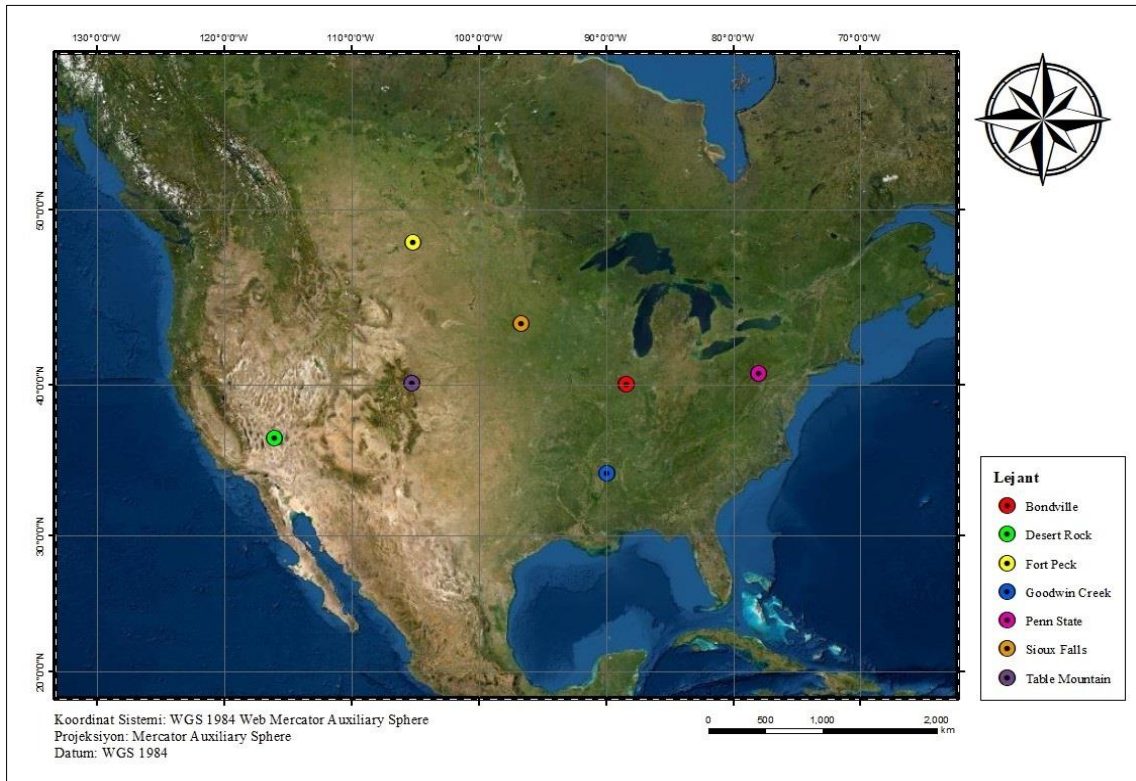
4.1.1 Uygulamada Kullanılan SURFRAD İstasyonları ve Verileri

Tüm SURFRAD istasyonları, Uluslararası Temel Yüzey Radyasyon Ağı (BSRN) üyesidir. Bu üyelik sayesinde, SURFRAD ağı 2004'te Küresel İklim Gözlem Sistemi (GCOS)'nin resmi bir parçası haline geldi. İstasyonlardan alınan veriler İsviçre Zürih'teki BSRN arşivlerine aylık bölümler halinde düzenli olarak gönderilir (Augustine vd. 2005).

Çizelge 4.1 Uygulamada kullanılan SURFRAD istasyonları ve konum bilgileri.

İstasyon Kodu	İstasyon Adı	Enlem	Boylam	Yükseklik (km)
BND	Bondville	40.05192° N	88.37309° W	0.230
DRA	Desert Rock	36.62373° N	116.01947° W	1.007
FPK	Fort Peck	48.30783° N	105.10170° W	0.634
GWN	Goodwin Creek	34.2547° N	89.8729° W	0.098
PSU	Penn State Uni.	40.72012° N	77.93085° W	0.376
SXF	Sioux Falls	43.73403° N	96.62328° W	0.473
TBL	Table Mountain	40.12498° N	105.23680° W	1.689

Çizelge (4.1)’de uygulamada kullanılan istasyonlara ait konum bilgileri ve yükseklikleri verilmiştir. Yapılan çalışmanın amacına göre istasyona ait yüksek doğruluklu koordinatlarına internet sitesi (<https://gml.noaa.gov/grad/surfrad/sitepage.html>) üzerinden erişilebilmektedir. Bu koordinatlar kullanılan uydu görüntüleriyle aynı sistemdedir (World Geodetic System 84, WGS84). Şekil (4.1)’de istasyonların yeryüzü üzerindeki dağılımını gösteren harita ArcGIS yazılımında hazırlanmıştır. Bu haritanın hazırlanmasındaki amaç her bir istasyonun farklı lokasyonlarda bulunduğunu ve haliyle farklı iklim çeşitlerinin etkisi altında olabileceğini gözler önüne sermektir.



Şekil 4.1 Uygulamada kullanılan SURFRAD İstasyonlarının harita üzerindeki dağılışı.

Bu uygulamada SURFRAD istasyonlarının kullanılmasının en temel nedeni verilerin ücretsiz olarak temin edilebilmesidir. SURFRAD veri dosyaları, bir istasyon için bir günlük veri içerir ve ASCII (American Standart Code for Information Interchange) - Latin alfabesi üzerine kurulu karakter kümesidir- metninde yazılır. Dosya adları için ise belli bir adlandırma kuralı bulunmaktadır. Bu kural “stayyjjj.dat” şeklindedir, burada sta istasyonun kodunu, yy yılın son iki basamağını (yani yy 22 için 2022’yi temsil eder), jjj ise jülyen gününü ifade eder.

Uygulamada kullanılan istasyonlar için farklı zamana ait 2 farklı uydu görüntüsü seçilmiş olup bu uydu görüntüleriyle eş zamanlı olan SURFRAD veri dosyaları indirilmiştir. Bu dosyalar içerisinde istasyon adı, enlem, boylam, yükseklik, yıl, jülyen günü, ay, gün, saat, dakika, gerçek güneş zenit açısı, yükselen ve alçalan solar değerleri, rüzgar hızı, rüzgar yönü, net radyasyon, net kızılötesi gibi birçok veri bilgisi bulunmaktadır. Yapılan çalışmaların amacına uygun olarak bu veriler ayıklanmaktadır. Bu uygulamada ise gerçek bağıl nem, toprak üstü 10 metre hava sıcaklığı ve istasyon basıncı bilgileri uygulanacak yöntemlerde hesaplanacak olan parametreler için gereklidir. SURFRAD istasyonları verilerinden uygulamada kullanılmak üzere çekilen ölçüm değerleri verilmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 SURFRAD istasyonlarından yapılan ölçümlerin değerleri.

İstasyon	Tarih ve Saat	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	İstasyon Basıncı (mb)
BND	04.09.2013 / 16:38	23.9	57.2	996
	10.09.2021 / 16:36	23.1	45.7	994.4
DRA	22.05.2013 / 18:24	25.8	13.2	891
	28.05.2021 / 18:21	28.7	10.8	900.4
FPK	24.09.2013 / 17:49	18.9	32.9	939.2
	30.09.2021 / 17:48	19.3	22.7	949.2
GWN	24.05.2013 / 16:33	19.9	55.2	1014.2
	14.05.2021 / 16:31	20.3	30.2	1014.4
PSU	04.05.2015 / 15:51	24.3	24.1	978.5
	20.05.2021 / 15:51	26.5	28.7	986.6
SXF	29.04.2015 / 17:11	16.8	24.2	963.5
	29.04.2021 / 17:12	16.5	35.5	975.1
TBL	06.06.2013 / 17:40	19.2	48.9	833.2
	12.06.2021 / 17:37	22.5	34.7	834

4.2 GEE Kod Düzenleyicisinde YYS İçin Gerekli Parametrelerin Hesaplanması

4.2.1 İstasyon Koordinatlarının ve Uydu Verilerinin Tanımlanması

Bu uygulamada, ilk olarak GEE’de çalışma alanı olarak belirlenen istasyon noktaları ve her nokta için kullanılacak uydu veri seti kod düzenleyicisine tanımlanır. Bu işlem her nokta için farklı kod sayfalarında uygulanması gerektiğine dikkat edilmelidir. Her nokta için iki farklı zamana ait uydu görüntüsü tanımlanmış olup toplamda 14 uydu görüntüsü kullanılıp her görüntü için 4 farklı yöntemde YYS değerleri elde edilecektir. İstasyon noktaları için GEE’de kullanılan uydu görüntülerinin ID’leri çizelge (4.3)’de verilmiştir.

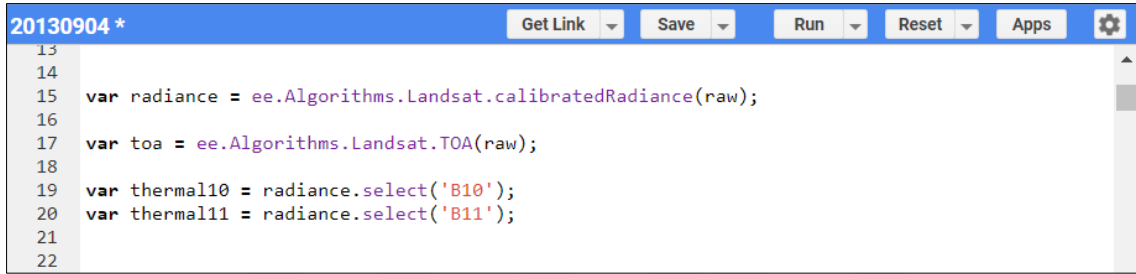
Çizelge 4.3 GEE’de kullanılan uydu verilerinin ID’leri.

İstasyon	Tarih ve Saat	GEE ID
BND	04.09.2013 / 16:38	LANDSAT/LC08/C01/T1/LC08_023032_20130904
	10.09.2021 / 16:36	LANDSAT/LC08/C01/T1/LC08_023032_20210910
DRA	22.05.2013 / 18:24	LANDSAT/LC08/C01/T1/LC08_040035_20130522
	28.05.2021 / 18:21	LANDSAT/LC08/C01/T1/LC08_040034_20210528
FPK	24.09.2013 / 17:49	LANDSAT/LC08/C01/T1/LC08_035026_20130924
	30.09.2021 / 17:48	LANDSAT/LC08/C01/T1/LC08_036026_20210930
GWN	24.05.2013 / 16:33	LANDSAT/LC08/C01/T1/LC08_022036_20130524
	14.05.2021 / 16:31	LANDSAT/LC08/C01/T1/LC08_022036_20210514
PSU	04.05.2015 / 15:51	LANDSAT/LC08/C01/T1/LC08_016032_20150504
	20.05.2021 / 15:51	LANDSAT/LC08/C01/T1/LC08_016032_20210520
SXF	29.04.2015 / 17:11	LANDSAT/LC08/C01/T1/LC08_029030_20150429
	29.04.2021 / 17:12	LANDSAT/LC08/C01/T1/LC08_029030_20210429
TBL	06.06.2013 / 17:40	LANDSAT/LC08/C01/T1/LC08_033032_20130606
	12.06.2021 / 17:37	LANDSAT/LC08/C01/T1/LC08_033032_20210612

Bu veriler kod düzenleyiciye tanımlanırken en temel kodlardan olan ‘ee.Image()’ komutu kullanılmıştır. Bu komut GEE görüntüsünü temsil eden bir nesne olarak tanımlanır.

4.2.2 Uydu Görüntülerinin İşlenmesi

GEE'nin bulut depolaması kullanılarak kod düzenleyiciye çağrılan ham uydu görüntülerinin YYS çıkarımında kullanılabilmesi için bir takım işlemlerden geçmesi gerekmektedir. Ham uydu görüntüleri ölçeklendirilmiş parlaklığı temsil eden dijital numaralara sahip görüntüler içerir. Görüntüye ait meta veri dosyasında bulunan radyasyon ölçeklendirme faktörleri matematiksel işlemler sonucunda spektral radyasyona dönüştürülebilirken GEE'de sadece bir satırlık kod yazılarak bu işlem gerçekleştirilebilmektedir. Bu durum TOA yansıtması içinde geçerlidir (Şekil 4.2).



```
13
14
15 var radiance = ee.Algorithms.Landsat.calibratedRadiance(raw);
16
17 var toa = ee.Algorithms.Landsat.TOA(raw);
18
19 var thermal10 = radiance.select('B10');
20 var thermal11 = radiance.select('B11');
21
22
```

Şekil 4.2 GEE’de görüntülerin işlenmesi.

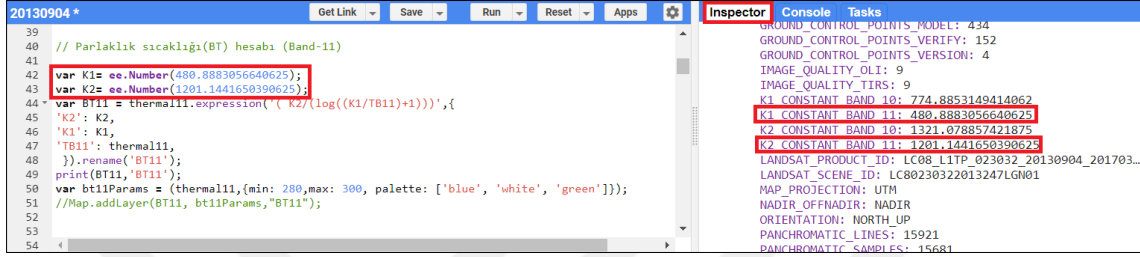
GEE'nin dokümanlar sekmesinde bütün kodlar ve kodlara ait bilgiler mevcuttur. Çalışmanın amacına uygun olarak kullanılacak kodlar dokümanlar sekmesinden temin edilmiştir. Radyans dönüşümü yapıldıktan sonra YYS hesabı için kullanılacak olan termal bantların (B10 ve B11) seçilerek kod olarak tanımlanır.

4.2.3 Parlaklık Sıcaklığının Hesaplanması

Landsat 8 için kullanıcı kitapçığında parlaklık sıcaklığının nasıl hesaplandığı bilgisi yer almaktadır. 3. Bölümde ‘Materyal ve Metot’ kısmında gerekli formüller verilmiştir. Bu formüllerde kullanılan katsayılar her termal bant için ayrı olup GEE’de ‘Inspector (Denetçi)’ sekmesinde ilk adımda tanımlanan uydu görüntüsünün özelliklerinde bulunmaktadır. Bu sekmede bulunan değerler kod düzenleyicisine tanımlanarak parlaklık sıcaklığı değerleri hesaplanır. Şekil (4.3)’de bant 10, şekil (4.4)’te ise bant 11’e ait parlaklık değeri ve bu hesapta kullanılan değerlerin meta verideki konumları gösterilmiştir. Tüm görüntülere ait elde edilen değerler çizelge (4.4)’de verilmiştir.



Şekil 4.3 GEE’de Bant-10’a ait parlaklık sıcaklığı değerinin hesaplanması.



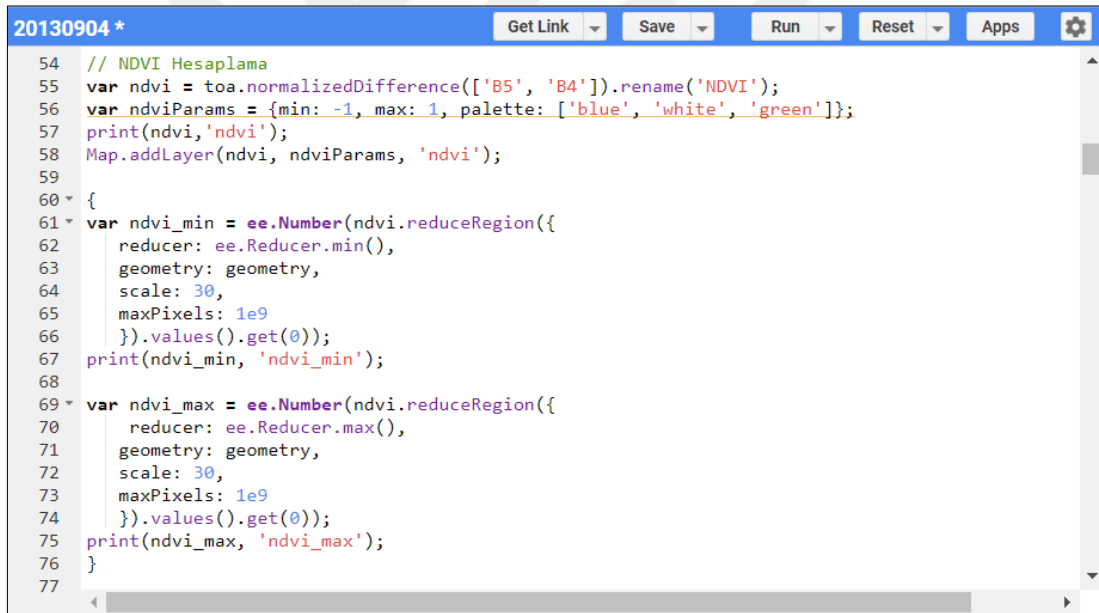
Şekil 4.4 GEE’de Bant-11’a ait parlaklık sıcaklığı değerinin hesaplanması.

Çizelge 4.4 GEE’de elde edilen parlaklık sıcaklıkları.

İstasyon	Tarih ve Saat	Parlaklık Sıcaklığı B10 (Kelvin)	Parlaklık Sıcaklığı B11 (Kelvin)
BND	04.09.2013 / 16:38	301.42	298.79
	10.09.2021 / 16:36	298.19	296.40
DRA	22.05.2013 / 18:24	312.75	310.71
	28.05.2021 / 18:21	319.36	317.12
FPK	24.09.2013 / 17:49	296.47	294.39
	30.09.2021 / 17:48	303.32	301.55
GWN	24.05.2013 / 16:33	299.96	298.58
	14.05.2021 / 16:31	301.49	299.81
PSU	04.05.2015 / 15:51	300.97	298.48
	20.05.2021 / 15:51	304.02	301.08
SXF	29.04.2015 / 17:11	300.53	299.43
	29.04.2021 / 17:12	299.17	297.87
TBL	06.06.2013 / 17:40	309.92	306.33
	12.06.2021 / 17:37	312.24	310.36

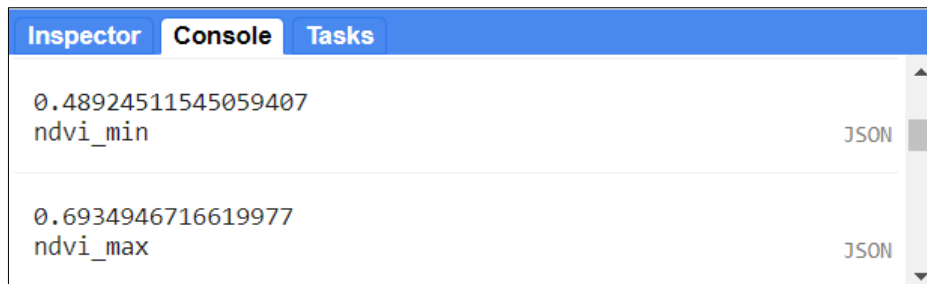
4.2.4 NDVI Hesabı

Pv değerinin hesabı için gerekli olan NDVI değeri GEE’de tek bir kod yardımıyla hesaplanabilmektedir ve elde edilen değerler müfettiş sekmesinde kullanıcıya sunulmaktadır. NDVI hesabı GEE üzerinde farklı şekillerde de hesaplanabilmektedir ve bu yöntemler sonucunda aynı değerler elde edilmiştir. NDVI hesabı yapılırken daha önceki aşamalarda hesaplanan TOA yansıtması kırmızı ve yakın kızılötesi bantlar kullanılarak elde edilmiştir. Çalışmanın amacına bağlı olarak NDVI görüntüsü kodlar yardımıyla harita ekranında görüntülenebilir hatta belirli formatlarla bu görüntü dışa aktarılabilir. NDVI değerinin yanında $NDVI_{min}$ ve $NDVI_{max}$ değerleride görüntü histogramından hesaplanacak şekilde kod girilmiştir ve bu değerler ise konsol sekmesinde kullanıcıya sunulmaktadır (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6).



```
20130904 *
// NDVI Hesaplama
54 var ndvi = toa.normalizedDifference(['B5', 'B4']).rename('NDVI');
55 var ndviParams = {min: -1, max: 1, palette: ['blue', 'white', 'green']};
56 print(ndvi, 'ndvi');
57 Map.addLayer(ndvi, ndviParams, 'ndvi');
58
59 {
60   var ndvi_min = ee.Number(ndvi.reduceRegion({
61     reducer: ee.Reducer.min(),
62     geometry: geometry,
63     scale: 30,
64     maxPixels: 1e9
65   })).values().get(0);
66   print(ndvi_min, 'ndvi_min');
67
68   var ndvi_max = ee.Number(ndvi.reduceRegion({
69     reducer: ee.Reducer.max(),
70     geometry: geometry,
71     scale: 30,
72     maxPixels: 1e9
73   })).values().get(0);
74   print(ndvi_max, 'ndvi_max');
75 }
76
77
```

Şekil 4.5 GEE’de NDVI, $NDVI_{min}$ ve $NDVI_{max}$ değerlerinin hesaplanması.



```
Inspector Console Tasks
0.48924511545059407
ndvi_min JSON
0.6934946716619977
ndvi_max JSON
```

Şekil 4.6 GEE’de $NDVI_{min}$ ve $NDVI_{max}$ değerlerinin konsol sekmesinde görüntülenmesi.

NDVI, NDVI_{min} ve NDVI_{max} değerleri görüntünün histogramından hesaplanmaktadır ve elde edilen değerler izelge (4.5)'de verilmiştir.

Çizelge 4.5 GEE'de elde edilen NDVI, NDVI_{min} ve NDVI_{max} değerleri.

İstasyon	Tarih ve Saat	NDVI	NDVI _{min}	NDVI _{max}
BND	04.09.2013 / 16:38	0.62099	0.48925	0.69349
	10.09.2021 / 16:36	0.54046	0.44143	0.62277
DRA	22.05.2013 / 18:24	0.10347	0.06771	0.13429
	28.05.2021 / 18:21	0.10062	0.04539	0.13375
FPK	24.09.2013 / 17:49	0.41691	0.34236	0.42443
	30.09.2021 / 17:48	0.16345	0.15108	0.18740
GWN	24.05.2013 / 16:33	0.70182	0.63271	0.74603
	14.05.2021 / 16:31	0.63055	0.58366	0.66952
PSU	04.05.2015 / 15:51	0.36482	0.16674	0.65509
	20.05.2021 / 15:51	0.57941	0.27051	0.57941
SXF	29.04.2015 / 17:11	0.28066	0.25838	0.34519
	29.04.2021 / 17:12	0.24849	0.21521	0.36006
TBL	06.06.2013 / 17:40	0.31348	0.26626	0.35495
	12.06.2021 / 17:37	0.38230	0.32558	0.48947

4.2.5 Pv ve Yayınırılık Hesabı

YYs hesabı için gerekli olan parametrelerden birisi olan yayınırılık için öncelikle Pv değerinin hesaplanması gerekmektedir. Bir nceki adımda elde edilen NDVI_{min} ve NDVI_{max} değerleri Pv için elde edilmiştir. Pv değerinin GEE'de nasıl elde edileceğine yönelik kod şekil (4.7)'de verilmiştir.

```
// fractional vegetation hesabı
var Pv = ((ndvi.subtract(ndvi_min)).divide(ndvi_max.subtract(ndvi_min))).rename('Pv');
var Pv = Pv.pow(2);
```

şekil 4.7 GEE'de NDVI_{min} ve NDVI_{max} değerlerinin konsol sekmesinde görüntülenmesi.

Landsat 8 uydu görüntülerinden yer yüzeyi yayınlılık tahmini için kullanılan denklemler ‘Materyal ve Metot’ bölümünde anlatılmıştır. Bu denklemler üç farklı eşik aralığına sahiptir. Çalışmada elde edilen NDVI değerine göre hangi denklemin kullanılması gerektiği belirlenir ve GEE kod düzenleyicisine tanımlanır. Aynı zamanda bitki ve toprak yayınlılık değerleri de her iki termal bant için ayrı olarak tanımlanır. NDVI tabanlı yayınlılığını Bant-10’a göre GEE’de kodlanması şekil (4.8)’de, Bant-11’e göre kodlanması ise şekil (4.9)’da gösterilmiştir.

```
//NDVI tabanlı Yayınlılık (Emissivity)-Bant-10
//Es:soil(toprak), Ev:vegetation(bitki), De=(1-Es)*(1-Pv)*0.F*Ev
var Es = ee.Number(0.9668);
var Ev = ee.Number(0.9863);
var F = ee.Number(0);

var De = thermal10.expression('((1-Es)*(1-Pv)*F*Ev)', {
  'Ev':Ev,
  'Es':Es,
  'Pv':Pv,
  'F':F,
});

var EM = thermal10.expression(
  '(Ev+De)', {
    'Ev':Ev,
    'De':De,
  }).rename('EMM');
print(EM, 'EM');
```

Şekil 4.8 GEE’de NDVI tabanlı yayınlılık: Bant-10.

```
//NDVI tabanlı Yayınlılık (Emissivity)-Bant-11
var Es2 = ee.Number(0.9747);
var Ev2 = ee.Number(0.9896);

var De2 = thermal11.expression('((1-Es2)*(1-Pv)*F*Ev2)', {
  'Ev2':Ev2,
  'Es2':Es2,
  'Pv':Pv,
  'F':F,
});

var EM2 = thermal11.expression(
  '(Ev2+De2)', {
    'Ev2':Ev2,
    'De2':De2,
  }).rename('EMM2');
print(EM2, 'EM2');

var EM2Params = {min: 0.985, max: 0.99, palette: ['blue', 'white', 'green']};
Map.addLayer(EM2, EM2Params, 'EMM2');
```

Şekil 4.9 GEE’de NDVI tabanlı yayınlılık: Bant-11.

Verilen şekillerde NDVI'nin eşik aralığının 0,5'den büyük olduğu durumlar için geçerlidir. NDVI değerine göre bu adımda kod düzenleyicisine tanımlanacak kodlar değişkenlik göstermektedir. Kullanılacak denkleme göre kodun değiştirilmesine dikkat edilmelidir. Bütün görüntüler için elde edilen P_v ve yayınlılık değerleri verilmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6 GEE'de elde edilen P_v , ε_1 ve ε_2 değerleri.

İstasyon	P_v	ε_1	ε_2
BND	0.4161	0.9968	0.9976
	0.2982	0.9989	0.9993
DRA	0.2884	0.9608	0.9833
	0.3906	0.9607	0.9833
FPK	0.8251	0.9894	0.9920
	0.1161	0.9665	0.9836
GWN	0.3719	0.9976	0.9982
	0.2983	0.9989	0.9993
PSU	0.1645	0.9851	0.9887
	1.000	0.9863	0.9896
SXF	0.0658	0.9849	0.9885
	0.0528	0.9849	0.9885
TBL	0.2834	0.9852	0.9888
	0.1198	0.9850	0.9886

4.2.6 Atmosferik Geçirgenlik Değerinin Elde Edilmesi

YYs belirleme yöntemleri içerisinde SWA yönteminde iki termal bant kullanılırken diğer yöntemlerde tek bant kullanılmaktadır. SWA yönteminde iki farklı termal bandın kullanılmasından dolayı atmosferik geçirgenliğin hesabının farklı bir şekilde hesaplanması gerekmektedir. SWA için 'Materyal ve Metot' kısmında verilen denklemler kullanılırken diğer YYs yöntemleri için ACPC kullanılmıştır. ACPC ara yüzüne konum, tarih, saat, sıcaklık, bağıl nem ve basınç gibi bilgiler girilerek birkaç saniye içerisinde atmosferik geçirgenlik parametresi posta yoluyla kullanıcıya ulaşmaktadır. Postanın içeriğine dair görüntü şekil (4.10)'da verilmiştir.

Input summary	
Date (yyyy-mm-dd):	2021-06-12
Lat/Long:	40.125/-105.237
GMT Time:	17:37
L8 TIRS Band 10 Spectral Response Curve	
Mid-latitude summer standard atmosphere	
User input surface conditions	
Surface altitude (km):	1.68900
Surface pressure (mb):	834
Surface temperature (C):	22.5000
Surface relative humidity (%):	34.7000
Output summary	
Band average atmospheric transmission: 0.92	
Effective bandpass upwelling radiance: 0.63 W/m ² /sr/um	
Effective bandpass downwelling radiance: 1.11 W/m ² /sr/um	

Şekil 4.10 ACPC'den kullanıcının hizmetine sunulan atmosferik geçirgenlik raporu örneği.

ACPC kullanılarak her nokta için atmosferik geçirgenlik, $L_{\lambda}^{\uparrow}$ ve $L_{\lambda}^{\downarrow}$ değerleri elde edilmiştir. Elde edilen değerler çizelge (4.7)'de verilmiştir.

Çizelge 4.7 İstasyonlara ait atmosferik geçirgenlik, artan ve azalan ışınlam katsayıları değerleri.

İstasyon	τ	$L_{\lambda}^{\uparrow}$ (W/m ² /sr/μm)	$L_{\lambda}^{\downarrow}$ (W/m ² /sr/μm)
BND	0.78	1.83	2.99
	0.87	1.07	1.81
DRA	0.95	0.39	0.71
	0.93	0.54	0.98
FPK	0.89	0.78	1.35
	0.95	0.32	0.57
GWN	0.87	1.04	1.74
	0.85	1.1	1.87
PSU	0.85	1.12	1.89
	0.89	0.86	1.47
SXF	0.95	0.35	0.62
	0.93	0.46	0.81
TBL	0.87	0.99	1.7
	0.92	0.63	1.11

Gerekli olan parametrelerin değerleri her görüntü in farklı kod sayfasında tanımlanmıştır. şekil (4.11)’de verilen kodlar yardımıyla her iki bant inde atmosferik geçirgenlikler hesaplanmıştır. Elde edilen değerler izelge (4.8)’de verilmiştir.

```
// ACPC

var t = ee.Number(0.92); // t:Band average atmospheric transmission
print(t,'Atmosferik Geçirgenlik');
var Lar = ee.Number(0.63); // Lar:Effective bandpass upwelling radiance (W/m^2/sr/um)
var Laz = ee.Number(1.11); // Laz:Effective bandpass downwelling radiance (W/m^2/sr/um)

//SWA in atmosferik geçirgenlik hesabı(10-11.Bantlar)

var t10 = ((-0.0164*(w*w))- (0.04203*w)+0.9715);
print(t10,'Atmosferik Geçirgenlik (t10)-SWA in');

var t11 = ((-0.01218*(w*w))- (0.07735*w)+0.9603);
print(t11,'Atmosferik Geçirgenlik (t11)-SWA in');
```

şekil 4.11 GEE’de atmosferik geçirgenlik parametresinin tanımlanması.

Çizelge 4.8 GEE’den elde edilen atmosferik geçirgenlik değerleri.

İstasyon	Tarih ve Saat	τ_{10}	τ_{11}
BND	04.09.2013 / 16:38	0.84	0.78
	10.09.2021 / 16:36	0.88	0.82
DRA	22.05.2013 / 18:24	0.94	0.91
	28.05.2021 / 18:21	0.94	0.91
FPK	24.09.2013 / 17:49	0.92	0.88
	30.09.2021 / 17:48	0.94	0.90
GWN	24.05.2013 / 16:33	0.88	0.82
	14.05.2021 / 16:31	0.92	0.88
PSU	04.05.2015 / 15:51	0.92	0.88
	20.05.2021 / 15:51	0.90	0.86
SXF	29.04.2015 / 17:11	0.94	0.91
	29.04.2021 / 17:12	0.93	0.89
TBL	06.06.2013 / 17:40	0.89	0.85
	12.06.2021 / 17:37	0.91	0.86

4.2.7 Atmosferik Sıcaklık Tahmini (T_o) ve Su Buharı (w_i) Parametrelerinin Hesabı

Su buharı, atmosferik geçirgenliğin elde edilmesi için doğrudan kullanılan bir parametredir. Su buharının hesaplanabilmesi için atmosferik sıcaklık tahmininin yapılması gerekir. Bunun için SURFRAD istasyonlarında yapılan ölçümlerden alınan bağıl nem, basınç ve yüzeye yakın hava sıcaklığı gibi veriler kullanılmaktadır.

Bu aşamada ilk olarak GEE'ye bağıl nem ve yüzeye yakın hava sıcaklığı tanımlanır. Daha sonra atmosferik sıcaklık tahmini için gerekli kod yazılır. Atmosferik sıcaklık değeri bulunduktan sonra su buharı hesabına geçilir. Su buharı için kullanılan denklem GEE'ye tanımlanır ve bu aşama tamamlanır. GEE'ye tanımlanan kodlar şekil (4.12)'de gösterilmiştir.

```
var To = ee.Number(23.9+273.15);
print(To, 'Yüzeye Yakın Hava Sıcaklığı (To)');
var Ta = ee.Number(16.011).add(ee.Number(0.9262).multiply(To));
print(Ta, 'Atmosferik Sıcaklık Tahmini (Ta)');
var RH = 0.572;
var To = 23.9;

//Su buharı (wi) hesabı
var w = 0.0981*10*0.6108*Math.exp((17.27*To)/(237.3+To))*RH+0.1697;
print(w, 'Su Buharı (w)');
```

Şekil 4.12 GEE'de atmosferik sıcaklık tahmini ve su buharı hesabı.

Temsili olarak verilen kod bütün uydu görüntülerine uygulanmıştır ve elde edilen değerler çizelge (4.9)'da verilmiştir.

Çizelge 4.9 GEE'den elde edilen atmosferik sıcaklık ve su buharı değerleri.

İstasyon	Tarih ve Saat	Atmosferik Sıcaklık (Kelvin)	Su buharı (g/cm^2)
BND	04.09.2013 / 16:38	291.14	1.834
	10.09.2021 / 16:36	290.40	1.437
DRA	22.05.2013 / 18:24	292.90	0.600
	28.05.2021 / 18:21	295.58	0.587
FPK	24.09.2013 / 17:49	286.51	0.874
	30.09.2021 / 17:48	286.88	0.668

Çizelge 4.9 (Devam) GEE’den elde edilen atmosferik sıcaklık ve su buharı değerleri.

İstasyon	Tarih ve Saat	Atmosferik Sıcaklık (Kelvin)	Su buharı (g/cm^2)
GWN	24.05.2013 / 16:33	287.43	1.428
	14.05.2021 / 16:31	287.80	0.875
PSU	04.05.2015 / 15:51	291.51	0.888
	20.05.2021 / 15:51	293.55	1.144
SXF	29.04.2015 / 17:11	284.56	0.624
	29.04.2021 / 17:12	284.28	0.823
TBL	06.06.2013 / 17:40	286.79	1.237
	12.06.2021 / 17:37	289.84	1.098

4.2.8 GEE’de YYS’lerin Elde Edilmesi

YYS için bütün parametreler elde edildikten sonra sıcaklıkların elde edilmesi aşamasına geçilir. Dört farklı yöntemin aynı kod sayfasında kodlanarak elde edilmesi için uygun bir zemin hazırlanmıştır. Bu işlem adımına geçmeden önce bütün parametreler GEE kod düzenleyiciye tanımlanmış ya da GEE platformunda elde edilmişti. Bu aşamada MWA yönteminin denklemi GEE’ye tanımlanarak noktalara ait YYS değerleri elde edilmiştir. Şekil (4.13)’de MWA yöntemine, şekil (4.14)’te SCA, şekil (4.15)’de RTE ve şekil (4.16)’da SWA yöntemlerine ait YYS denklemlerinin GEE’de kodlanması gösterilmiştir.

```
// Yer Yüzeyi Sıcaklığı Hesabı - Mono Window Algorithma (Tek Pencere Yöntemi)
// LST = (a*(1-c-d)+[b*(1-c-d)+c+d]*BT-(d*Ta))/c
var a = ee.Number(-67.355351);
var b = ee.Number(0.458606);
var d = thermal10.expression('((1-t)*(1+((1-e)*t)))',
{
  't':t,
  'e':EM.select('EMM')
});
var LST_MWA = thermal10.expression(
  '((a*(1-c-d))+(((b*(1-c-d))+c+d)*BT))-(d*Ta))/c', {
  'a': a,
  'b': b,
  'c': EM.select('EMM').multiply(t),
  'd': d,
  'BT': BT10,
  'Ta': Ta
}).rename('LST_MWA');
Map.addLayer(LST_MWA, {min: 270, max: 310, palette:
['blue', 'limegreen', 'yellow', 'darkorange', 'red']}, 'LST_MWA');
```

Şekil 4.13 GEE’de MWA yöntemi ile YYS’nin elde edilmesi.

```
// Yer Yüzeyi Sıcaklığı Hesabı - Single Channel Algorithma (Tek Kanal Yöntemi)
var psi1 = thermal10.expression('(1/t)',
{
  't':t
});

var psi2 = thermal10.expression('(-Laz-(Lar/t))',
{
  'Laz': Laz,
  'Lar': Lar,
  't': t
});

var by = ee.Number(1320);
var y = thermal10.expression(
  '(BT*BT)/(by*Lsen)', {
    'BT': BT10,
    'by': by,
    'Lsen':thermal10
  }).rename('y');

var delta = thermal10.expression(
  'BT-((BT*BT)/by)', {
    'BT': BT10,
    'by': by
  }).rename('delta');

var LST_SCA = thermal10.expression(
  '((y*(((1/e)*((psi1*Lsen)+psi2))+psi3))+delta)', {
    'y': y,
    'e': EM.select('EMM'),
    'psi1': psi1,
    'psi2': psi2,
    'psi3': Laz,
    'Lsen': thermal10,
    'delta':delta
  }).rename('LST_SCA');
Map.addLayer(LST_SCA, {min: 300, max: 310, palette:
```

Şekil 4.14 GEE’de SCA yöntemi ile YYS’nin elde edilmesi.

```
// Yer Yüzeyi Sıcaklığı Hesabı - Radiative Transfer Equation Method (RTE)
var k1= ee.Number(774.8853149414062);
var k2= ee.Number(1321.078857421875);
var B1Ts = thermal10.expression('((Lsen-Lar-(t*(1-e)*Laz))/(t*e))',
{
  'Lsen': thermal10,
  'Lar': Lar,
  'Laz': Laz,
  't': t,
  'e': EM.select('EMM')
}).rename('B1Ts');

var LST_RTE= thermal10.expression('(k2/(log((k1/B1Ts)+1)))',
{
  'k1': k1,
  'k2': k2,
  'B1Ts': B1Ts
}).rename('LST_RTE');
Map.addLayer(LST_RTE, {min: 300, max: 310, palette:
```

Şekil 4.15 GEE’de RTE yöntemi ile YYS’nin elde edilmesi.

```
// Yer Yüzeyi Sıcaklığı Hesabı - Split Window Algorithmı (SWA)
var x = radiance.expression(
  '((e10+e11)/2)',
  {
    'e10':EM.select('EMM'),
    'e11':EM2.select('EMM2')
  }).rename('x');

var y = radiance.expression(
  '(e10-e11)',
  {
    'e10':EM.select('EMM'),
    'e11':EM2.select('EMM2')
  }).rename('y');

var c0 = ee.Number(-0.268);
var c1 = ee.Number(1.378);
var c2 = ee.Number(0.183);
var c3 = ee.Number(54.30);
var c4 = ee.Number(-2.238);
var c5 = ee.Number(-129.20);
var c6 = ee.Number(16.40);
var LST_SWA = radiance.expression(
  '(BT10+(c1*(BT10-BT11)))+(c2*(BT10-BT11)*(BT10-BT11))+(c0+(((c3+c4)*w)*(1-x)))+(c5+(c6*w))*y)',
  {
    'c0':c0,
    'c1':c1,
    'c2':c2,
    'c3':c3,
    'c4':c4,
    'c5':c5,
    'c6':c6,
    'x':x,
    'y':y,
    'w':w,
    'BT10':BT10,
    'BT11':BT11
  }).rename('LST_SWA');
Map.addLayer(LST_SWA, {min: 300, max: 310, palette:
```

Şekil 4.16 GEE’de SWA yöntemi ile YYS’nin elde edilmesi.

Şekildeki kodlar GEE’ye tanımlandıktan sonra kodu çalıştır butonuna basılarak birkaç saniye içerisinde bütün hesaplamalar yapılır. Yapılan hesaplamaların sonucu harita ekranı ve konsol sekmesine yansır. Harita ekranında herhangi bir noktaya ait sonuçlara ise müfettiş sekmesinden erişilir.

Kod sayfası her görüntü için farklı kaydedilerek, kaydedilen kod sayfası üzerinden işlemler gerçekleştirilir. Böylece çalışma daha kısa sürede tamamlanır. Bütün noktalar için kodlar çalıştırılarak dört farklı yöntemde YYS’ler elde edilir. Elde edilen değerler çizelge (4.10)’da verilmiştir.

Kullanıcı elde edilen görüntüleri dilerse “.tiff” formatında Google Drive dosyasına kodlar yardımıyla kaydedebilir. Daha sonrasında bu görüntüleri indirerek farklı yazılımlarda kullanabilmektedir.

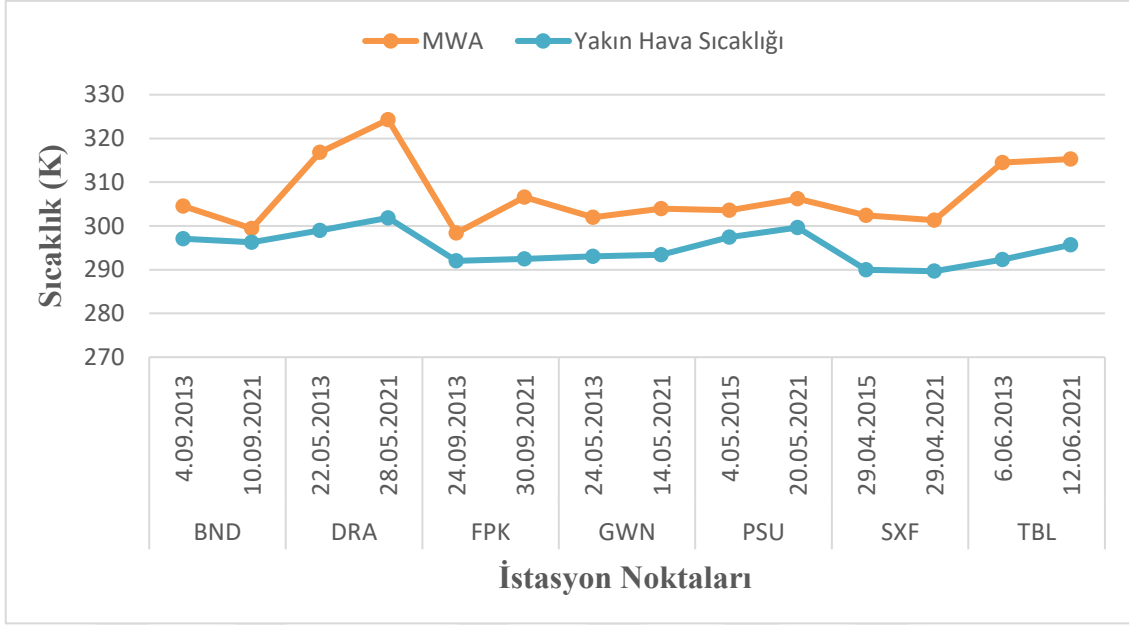
Çizelge 4.10 GEE’de elde edilen YYS sonuçları.

İstasyon	Tarih ve Saat	MWA (Kelvin)	SCA (Kelvin)	RTE (Kelvin)	SWA (Kelvin)
BND	04.09.2013 / 16:38	304.51	304.51	304.43	306.36
	10.09.2021 / 16:36	299.42	299.44	299.42	301.08
DRA	22.05.2013 / 18:24	316.84	316.90	316.78	319.62
	28.05.2021 / 18:21	324.3	324.62	324.44	326.67
FPK	24.09.2013 / 17:49	298.38	298.91	298.86	300.57
	30.09.2021 / 17:48	306.60	306.98	306.88	308.95
GWN	24.05.2013 / 16:33	301.99	301.79	301.75	302.17
	14.05.2021 / 16:31	303.98	304.63	304.55	304.15
PSU	04.05.2015 / 15:51	303.59	304.67	304.57	306.27
	20.05.2021 / 15:51	306.23	306.88	306.81	310.45
SXF	29.04.2015 / 17:11	302.42	302.52	302.48	302.87
	29.04.2021 / 17:12	301.32	301.71	301.66	302.00
TBL	06.06.2013 / 17:40	314.45	314.28	314.15	318.18
	12.06.2021 / 17:37	315.30	315.28	315.20	316.36

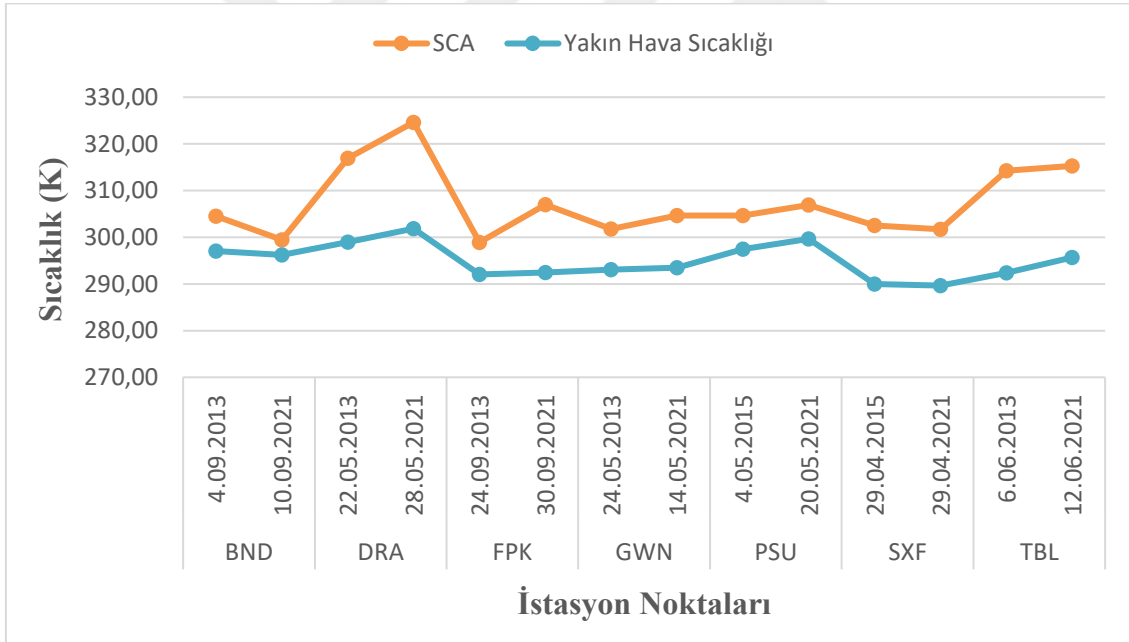
4.3 YYS ve Yakın Hava Sıcaklığının Karşılaştırılması

SURFRAD istasyonlarından alınan sıcaklıklar ile çalışma sonucunda elde edilen dört farklı yöntemle ait YYS’ler karşılaştırılmıştır. Yedi farklı istasyon noktası ve her bir istasyona ait iki farklı uydu görüntüsü kullanıldığından toplamda bir yöntem için 14 değer, tüm yöntemler için 56 değer elde edilmiştir.

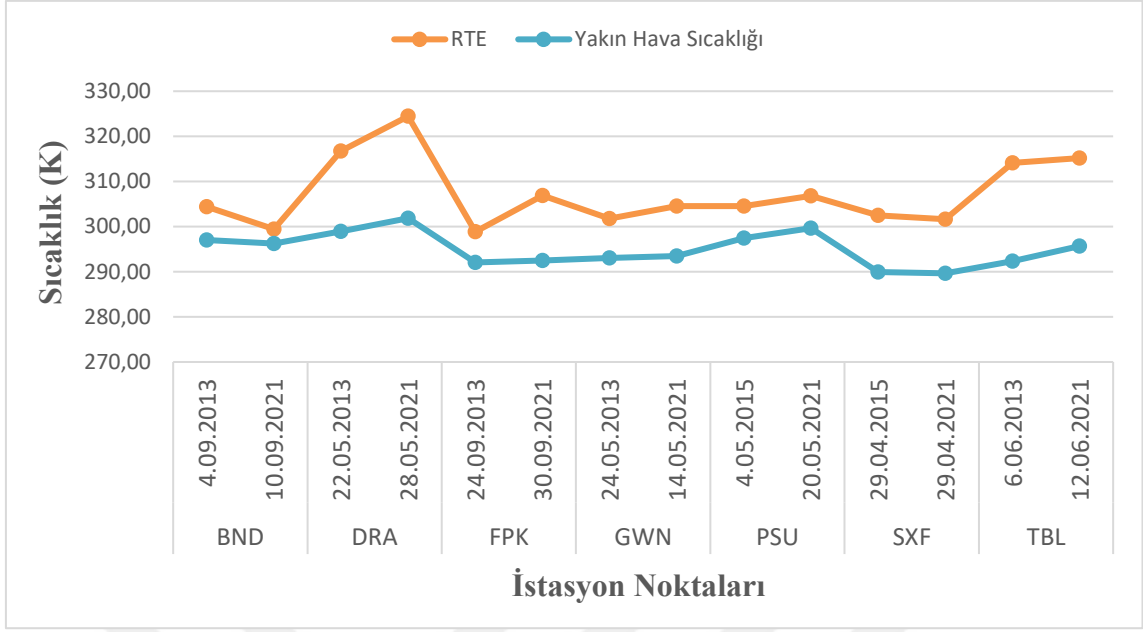
Yakın hava sıcaklık verileri kelvin biriminde olup SURFRAD istasyonlarından temin edilmiştir. Bu sıcaklık değerleri yer üstü 10 metre hava sıcaklığına aittir ve bu yükseklik göz ardı edilerek sıcaklık değerleri referans veri olarak kullanılmıştır. Bütün yöntemlere ait karşılaştırmalar grafik halinde verilmiştir. MWA ile karşılaştırılması şekil (4.17), SCA ile karşılaştırılması şekil (4.18), RTE ile karşılaştırılması şekil (4.19) ve SWA ile karşılaştırılması şekil (4.20)’de verilmiştir. Bütün yöntemlerin bir arada gösterimi grafik olarak gösterilmiştir (Ek-1).



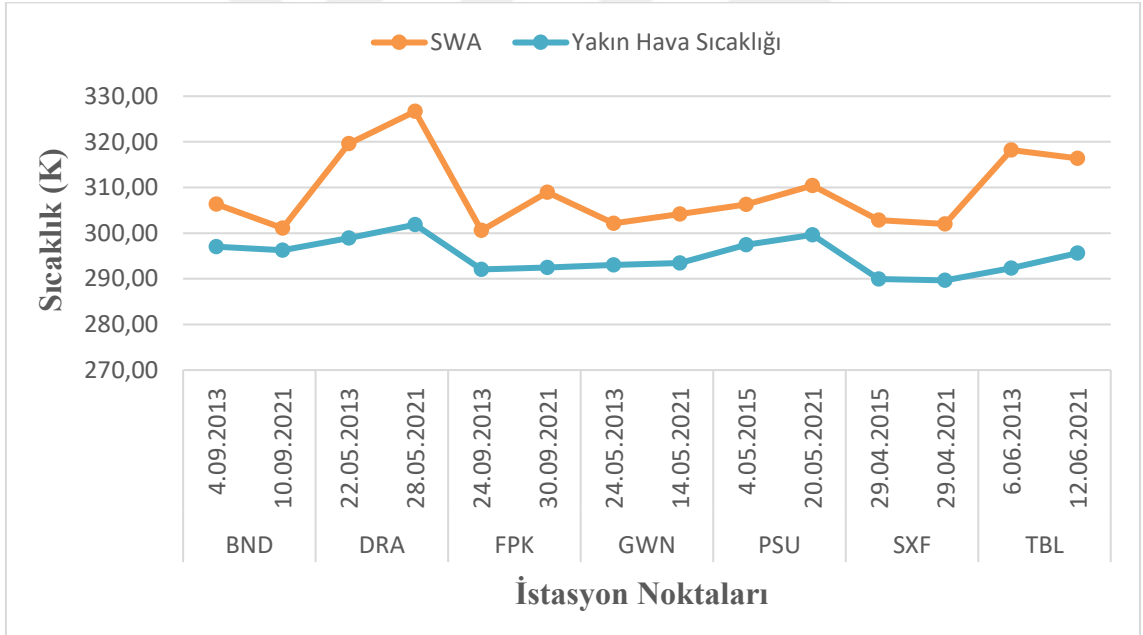
Şekil 4.17 MWA ile referans alınan veri grafiği.



Şekil 4.18 SCA ile referans alınan veri grafiği.



Şekil 4.19 RTE ile referans alınan veri grafiği.

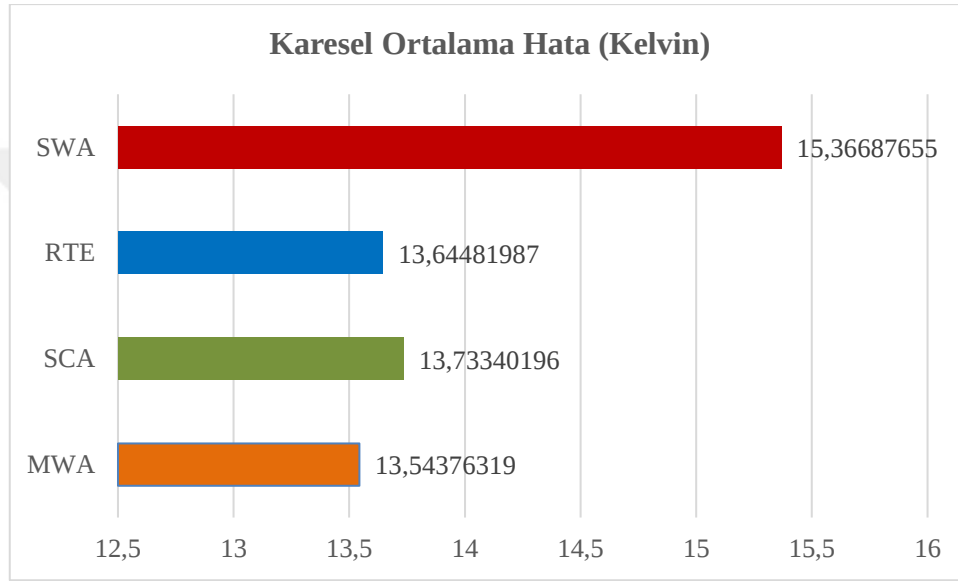


Şekil 4.20 SWA ile referans alınan veri grafiği.

Doğruluk derecesi ölçütü olarak KOH baz alınmıştır. KOH doğruluk ölçütleri arasında en sık kullanılan hata çeşididir. KOH değerlerini hesaplamak için denklem (4.1) kullanılmalıdır (Güllü ve Narin 2019).

$$KOH = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n}} \quad (4.1)$$

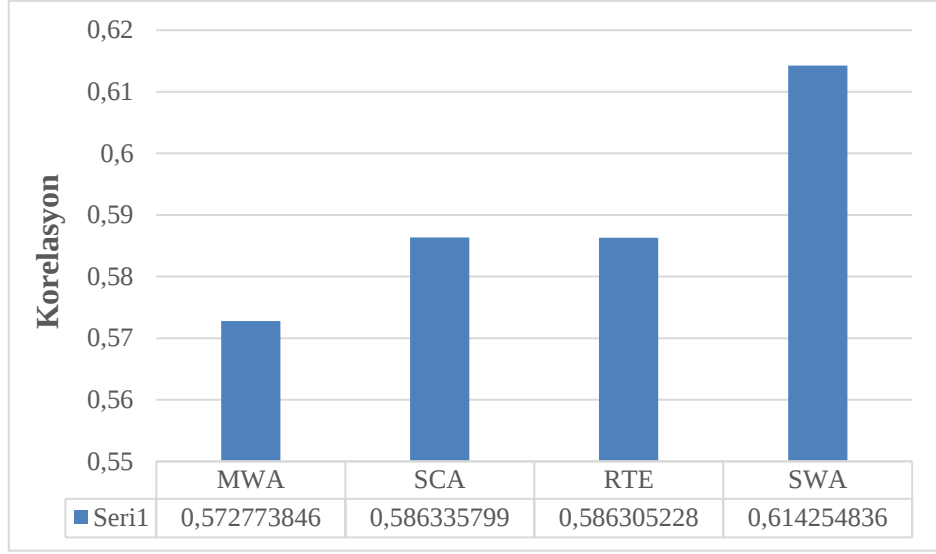
Burada v istasyondan ölçülen sıcaklık ile elde edilen sıcaklık arasındaki farkı, n veri sayısını temsil eder. KOH hesaplanırken öncelikle sıcaklık farklarının kareleri alınarak toplanır ve ölçü sayısına bölünür. Daha sonra karekök dışına çıkartılarak KOH elde edilmiş olur. Bu çalışma için elde edilen KOH değerleri verilmiştir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21 Kullanılan yöntemler için KOH değerleri.

Elde edilen KOH değerleri küçükten büyüğe doğru MWA, RTE, SCA ve SWA olarak sıralanır. SWA’da diğer yöntemlere göre daha büyük değer çıkmasının nedeni, YYS belirleme aşamasında iki farklı termal bant kullanılmasından dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir.

Son olarak elde edilen sıcaklıklar ile referans alınan sıcaklıklar arasındaki korelasyon incelenmiştir. Elde edilen korelasyon değerleri şekil (4.22)’de verilmiştir.



Şekil 4.22 Elde edilen bütün sıcaklıkların korelasyonları.

Analiz sonucunda en yüksek değer pozitif yönlü olarak %61 korelasyon ile SWA yönteminde, en düşük değer ise pozitif yönlü %57 korelasyon ile MWA yöntemi olmuştur. Korelasyon katsayıları kullanılarak her yöntem için hata dağılım grafikleri doğrusal fonksiyon olarak üretilmiştir (Ek-2).

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

İnsanoğlu yeteri kadar farkında olmasa bile küresel ısınma her geçen gün etkisini daha da arttırmaktadır. Buna bağlı olarak iklim değışiklikleri yaşanmakta ve hava sıcaklıkları sürekli bir değışim içerisinde. Günümüz önde gelen sorunlarından olan iklim değışikliğinin en önemli parametrelerinden biri YYS'dir. YYS'yi elde edebilmek için birçok yöntem ve metot bulunmaktadır. Uzaktan algılama bilimi sağladığı avantajlar ile çalışmada uygulanabilirliği açısından oldukça elverişlidir. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin kullanılması hem sonuç açısından hem de değeriendirilmesi açısından kolaylık sağlayacaktır.

Bu çalışmada GEE kod düzenleyicisi platformunun sağladığı uydu görüntüsü kütüphanesinden yedi adet SURFRAD istasyonunun her birine ait ikişer uydu görüntüsü olmak üzere toplamda 14 tane Landsat-8 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Doğruluğu daha yüksek bir sonuç elde edebilmek için yakın hava sıcaklığı, basınç ve nem gibi parametrelerin uydu geçiş anıyla bir olması ve bu değerielerin bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle SURFRAD istasyonları seçilmiştir. SURFRAD istasyonlarına ait meteorolojik veriler internetten hızlı, kolay ve ücretsiz bir şekilde temin edilmiştir. Uydu görüntüleri 2013-2021 yıllarında belirlenmiş olup hemen hemen aynı ay ve mevsimler seçilerek sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır. GEE kullanılmasının asıl nedeni uydu görüntüsü indirmeye gerek kalmadan çevrim içi bir şekilde hizmet sunmasıdır. Böylelikle zamandan tasarruf edilmekte ve gereksiz veri depolanmamaktadır. Ayrıca kod dizininde herhangi bir sınır olmadığından farklı metotlar bir arada toplanarak tek bir sonuç ekranında görüntülenebilmektedir.

Başlangıçta çalışmanın amacına göre bir kod sayfasında kod dizini oluşturulmuş ve o kod dizini esas alınarak diğer noktalara göre uyarlanmıştır. Gerekli bilgiler her bir kod dizinine tanımlanarak sonuçlar başarıyla elde edilmiştir. SWA yönteminde kullanılacak bazı parametrelerin değeri ACPC kullanılarak elde edilmiş ve koda tanımlanmıştır. Bunun nedeni SWA'nın diğer yöntemlere kıyasla çift termal bant kullanılmasıdır. Ancak ACPC'den değerielerin elde edilmesi ekstra zaman istese bile oldukça kısa sürmüştür.

Bütün istasyonları bir arada değerlendirilmesinden ziyade istasyon bazlı değerlendirilmesi daha doğru olacaktır. İstasyon bazlı YYS'ler karşılaştırıldığında BND istasyonunun 2013 ve 2018 yılında yer üstü 10 metre sıcaklıkları arasındaki fark 0,8 Kelvin iken YYS'leri arasındaki fark dört farklı yöntem içinde yaklaşık 5 K olarak elde edilmiştir. 2013 yılında BND istasyonunda YYS 2021 yılına göre daha yüksekken aynı durum SXF istasyonu içinde geçerlidir. Ancak diğer beş istasyonda elde edilen YYS'ler de artış gözlemlenmiştir. En yüksek artış 8,38 K ile FPK istasyonunda SWA yönteminde, en düşük artış ise 0,85 K ile TBL istasyonunda MWA yönteminde gözlemlenmiştir. Yöntemler arasındaki farklılara bakıldığında MWA, SCA ve RTE yöntemlerinde hemen hemen birbirlerine yakın değerler elde edilirken SWA yönteminde SXF istasyonu hariç diğer istasyonlarda gözle görülebilir derecede farklar oluşmuştur. Bu farkın oluşmasında kesin bir kanı bulunmamakla beraber SWA yönteminde çift termal bant kullanımı etkili olduğu düşünülmektedir. Çalışmanın boyutuna ve amacına göre farklı çıkarımlarda ve değerlendirilmelerde bulunulabilir.

Çalışmanın zayıf yönü ise NDVI tabanlı yer yüzey yayınlılığı kod düzenleyicisine manuel olarak tanımlanmıştır. Yani hangi eşik aralığındaysa o formüle göre her bir istasyon için ayrı ayrı elle girilmiştir. Bu durum çalışmanın sonucunu etkilememiştir ama azda olsa vakit kaybına sebep olmuştur. Çalışmanın bu zayıf yönü eşik aralıklarına göre koşul içeren gerekli kodlar yardımıyla giderilebilir. Bu çalışma için kullanıcının belirli bir düzeyde kod bilgisi bilmesi gerekmektedir. Ancak GEE'nin sağlamış olduğu avantajlardan biriside herhangi bir kullanıcı tarafından hazırlanmış kod sayfasını kullanıcı istediği takdirde o kod sayfasını diğer kullanıcıların kullanımına açık hale getirebilir. Böylelikle kod düzenleyicisine çalışma alanı ve bilgileri tanımlanarak kod bilgisine gerek duymadan sonuç elde edilebilir. Literatüre bakıldığında GEE ile ilgili yapılan sınırlı sayıda çalışma olması ve YYS'nin birden fazla yöntem ile bir arada elde edilmemesi açısından bu çalışma daha da değer kazanmıştır. Sonuç olarak GEE YYS'nin elde edilmesi için oldukça kullanışlı bir platformdur.

6. KAYNAKLAR

- Augustine J A, Hodges G B, Cornwall C R, Michalsky J J, Medina C I, 2005, An Update on SURFRAD-The GCOS Surface Radiation Budget Network for the Continental United States, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 22, 1460-1472.
- Barsi J A, J L Barker, J R Schott, 2003, An Atmospheric Correction Parameter Calculator for a Single Thermal Band Earth-Sensing Instrument, *International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 21-25 July 2003, Toulouse.
- Barsi J A, Schott J R, Palluconi F D, Hook S J, 2005, Validation of a Web-Based Atmospheric Correction Tool for Single Thermal Band Instruments, In *Proceedings of the Earth Observing Systems X*, 5882, 136-142.
- Campbell J B, Wynne R H, 2011, *Introduction to Remote Sensing*, Guilford Press, 669p, New York.
- Ergene E M, 2016, Landsat 8 Uydu Görüntüsü Kullanılarak Yeryüzü Sıcaklıklarının Uzaktan Algılama Tekniği ile Belirlenmesi:İstanbul Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 92s, İstanbul.
- Ermida S L, Soares P, Mantas V, Götsche F M, Trigo I F, 2020, Google Earth Engine Open-Source Code for Land Surface Temperature Estimation From the Landsat Series, *Remote Sensing*, 12, 1471.
- Gorelick N, Hancher M, Dixon M, Ilyushchenko S, Thau D, ve Moore R, 2017, Google Earth Engine: Planetary-Scale Geospatial Analysis for Everyone, *Remote Sensing of Environment*, 202, 18-27.
- Güllü M, Narin Ö G, 2019, *Dengeleme Hesabı Teori & Uygulama*, Nobel Yayınevi, 212s, Afyonkarahisar.
- Jimenez-Munoz J C, Sobrino J A, 2003, A Generalized Single-Channel Method for Retrieving Land Surface Temperature from Remote Sensing Data, *Journal of Geophysical Research*, 109, 8112.
- Li Z L, Tang B H, Wu H, Ren H, Yan G, Wan Z, Sobrino J A, 2013, Satellite-Derived

- Land Surface Temperature: Current Status and Perspectives, Remote Sensing of Environment, 131, 14-37.
- Lillesand T M, Kiefer R W, Chipman J W, 2004, Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley and Sons, 499p, New York.
- Prakash A, 2000, Thermal Remote Sensing: Concepts, Issues and Applications, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 33, 239-243.
- Qin Z, Karnieli A, Berliner P, 2001, A Mono-window Algorithm for Retrieving Land Surface Temperature from Landsat TM Data and Its Application to the Israel-Egypt Border Region, International Journal of Remote Sensing, 22, 3719-3746.
- Sekertekin A, Bonafoni S, 2020, Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 5,7 and 8 Over Rural Areas: Assessment of Different Retrieval Algorithms and Emissivity Models and Toolbox Implementation, Remote Sensing, 12, 294.
- Sobrino J A, Li Z L, Stoll M P, Becker F, 1996, Multi-Channel and Multi-Angle Algorithms for Estimating Sea and Land Surface Temperature with ATSR Data, International Journal of Remote Sensing, 1711, 2089-2114.
- Sobrino J, Raissouni N, 2000, Toward Remote Sensing Methods for Land Cover Dynamic Monitoring: Application to Morocco, International Journal of Remote Sensing, 21, 353-366.
- Sunar, F. 2011, Uzaktan Algılama, Anadolu Üniversitesi Yayınları, 220s, Eskişehir.
- Sun Q, Wu Z, Tan J, 2012, The Relationship Between Land Surface Temperature and Land Use/Land Cover in Guangzhou, China, Environmental Earth Sciences, 65, 1687-1694.
- Şekertekin A, Arslan N, Çiçekli S Y, 2018, Gece ve Gündüz Yer Yüzey Sıcaklığı Görüntüleri ile Yüzey Isı Adası Analizi. VII. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu, 18-21 Eylül 2018, Eskişehir.
- Yu X, Guo X, Wu Z, 2014, Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 TIRS- Comparison Between Radiative Transfer Equation-Based Method, Split Window Algorithm and Single Channel Method, Remote Sensing, 6, 9829-9852.

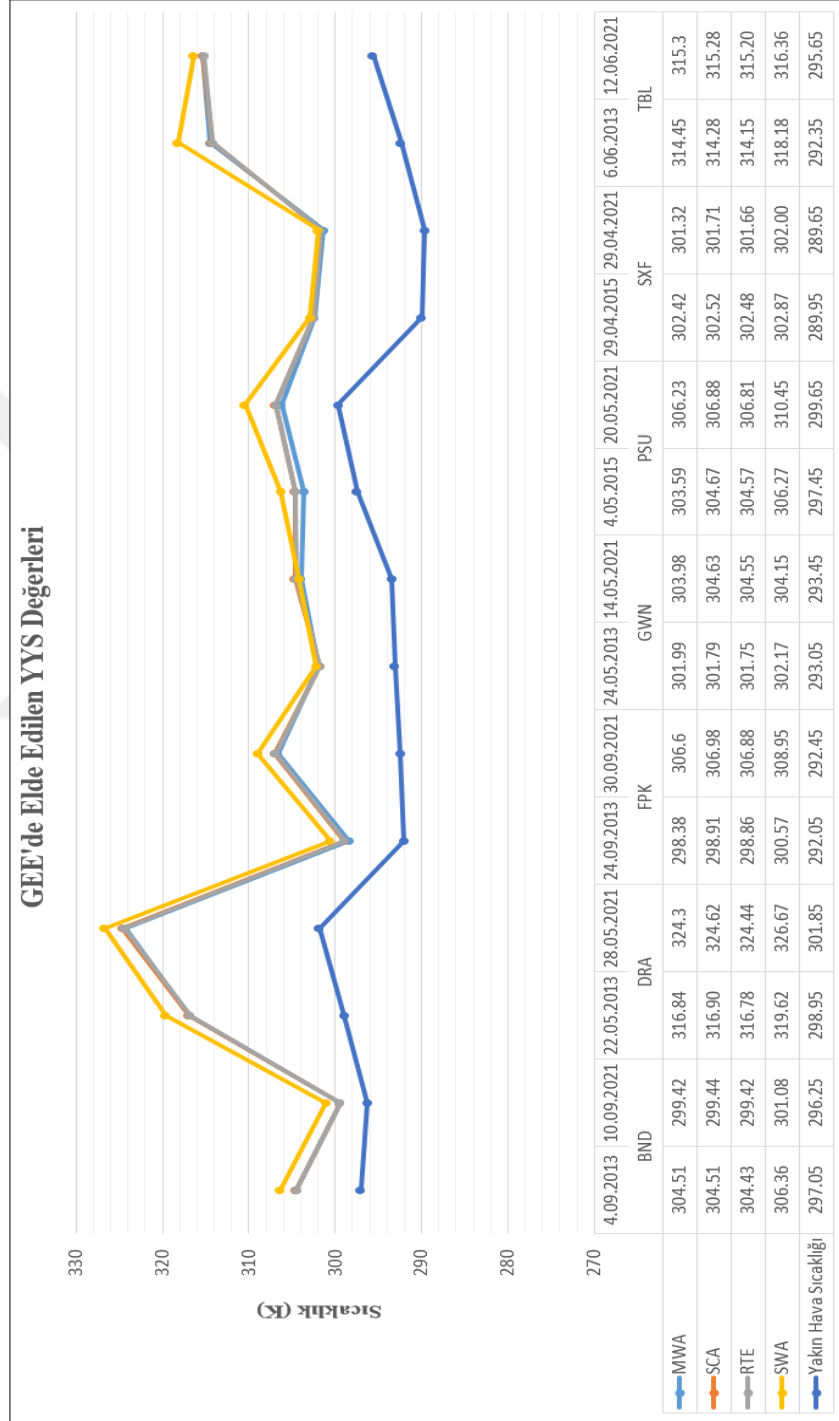
İnternet Kaynakları

- 1- https://docplayer.biz.tr/docs-images/44/7486775/images/page_6.jpg, 21.04.2022
- 2- <https://www.bilgial.com/wp-content/uploads/2019/09/Elektromanyetik-spektrum.png>, 05.02.2022
- 3- <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8-data-users-handbook>, 16.06.2022
- 4- <https://atmcorr.gsfc.nasa.gov/>, 17.06.2022
- 5- <https://earthengine.google.com/platform/>, 22.02.2022
- 6- <https://gml.noaa.gov/grad/surfrad/overview.html>, 21.12.2021

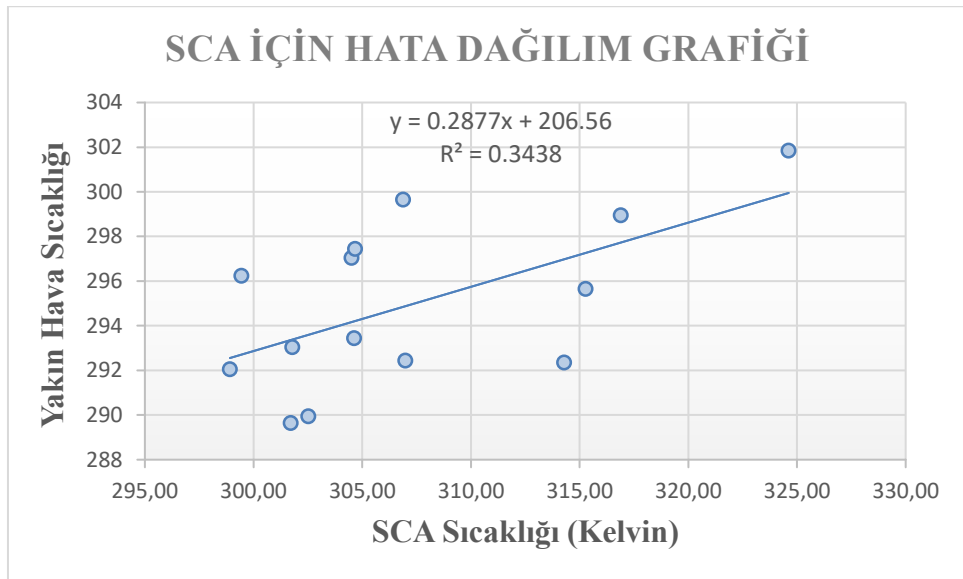
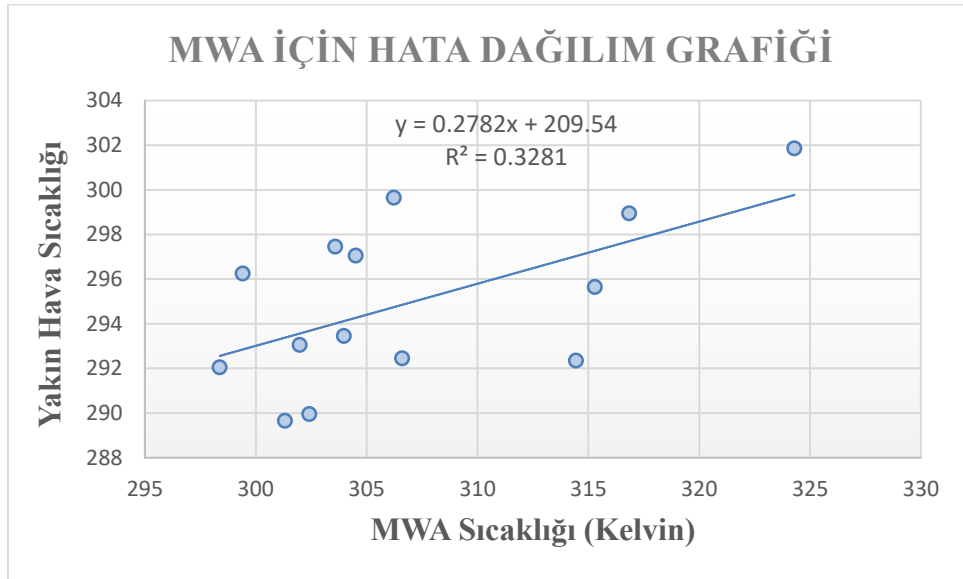


EKLER

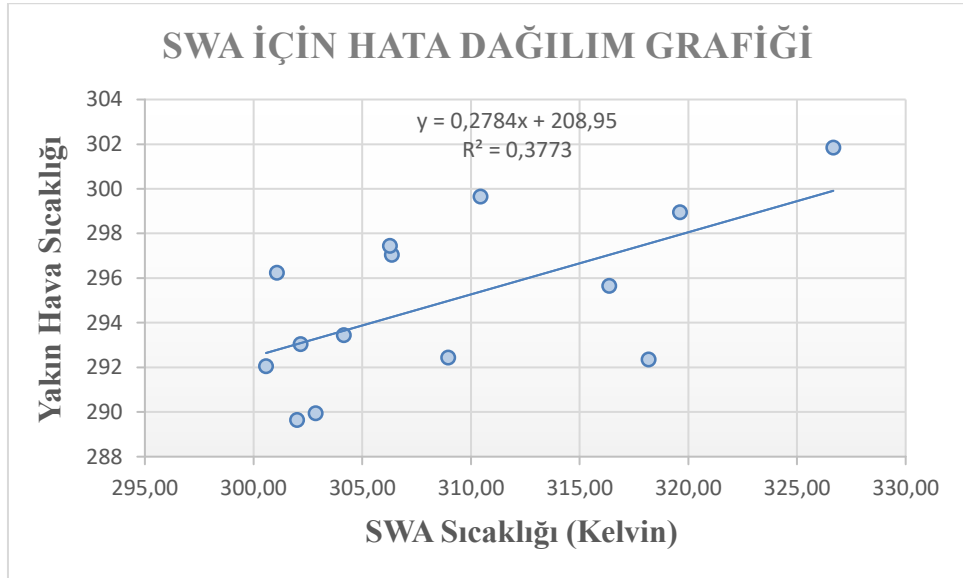
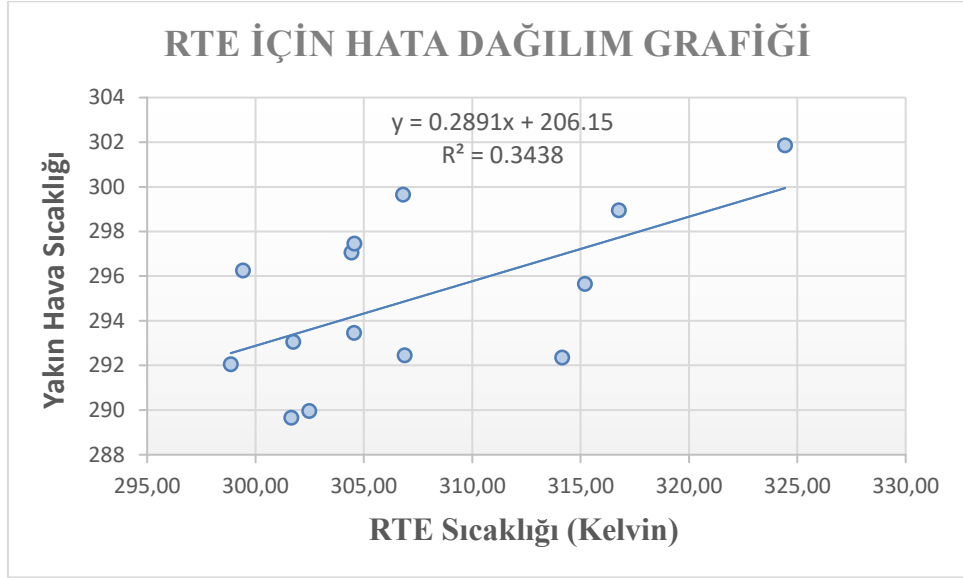
EK 1. YYS'de elde edilen değerlerin bir arada gösterimi



EK 2. Hata dağılım grafikleri



EK 2. (Devam) Hata dağılım grafikleri



EK 3. BND istasyonu 04.09.2013 tarihine ait GEE kod dizini

```

1 var point = /* color: #00ffff */ ee.Geometry.Point([-88.37309, 40.05192]);
2 var BND = point;
3 var colour = {BND: '00FF00'};
4 Map.addLayer(BND, {colour: colour.BND}, 'BND');
5 Map.setCenter(-88.373090, 40.051920, 18);
6
7 var geometry = point.buffer(75).bounds();
8 Map.addLayer(geometry, {}, 'ret');
9
10
11 var raw = ee.Image('LANDSAT/LC08/C01/T1/LC08_023032_20130904')
12 .clip(geometry);
13 Map.addLayer(raw, {bands: ['B4', 'B3', 'B2'], min: 6000, max: 12000}, 'raw');
14
15
16 var radiance = ee.Algorithms.Landsat.calibratedRadiance(raw);
17 Map.addLayer(radiance, {bands: ['B4', 'B3', 'B2'], max: 90}, 'radiance');
18
19
20 var toa = ee.Algorithms.Landsat.TOA(raw);
21 Map.addLayer(toa, {bands: ['B4', 'B3', 'B2'], max: 0.2}, 'toa reflectance');
22
23 var thermal10 = radiance.select('B10');
24 print(thermal10, 'thermal10');
25 var thermal10Params = {thermal10: {min: 280, max: 300, palette: ['blue', 'white', 'green']}};
26 Map.addLayer(thermal10, thermal10Params, "thermal10");
27
28
29 var thermal11 = radiance.select('B11');
30 var thermal11Params = {thermal11: {min: 280, max: 300, palette: ['blue', 'white', 'green']}};
31 Map.addLayer(thermal11, thermal11Params, "thermal11");
32
33
34 // Parlaklık sıcaklığı(BT) hesabı (Band-10)
35 var K1= ee.Number(774.8853149414062);
36 var K2= ee.Number(1321.078857421875);
37 var BT10 = thermal10.expression('( K2/(log((K1/Ly)+1)))',{
38 'K2': K2,
39 'K1': K1,
40 'Ly': thermal10,
41 }).rename('BT10');
42 print(BT10, 'BT10');
43 var bt10Params = {thermal10: {min: 280, max: 300, palette: ['blue', 'white', 'green']}};
44 Map.addLayer(BT10, bt10Params, "BT10");
45
46
47 // Parlaklık sıcaklığı(BT) hesabı (Band-11)
48 var K1= ee.Number(480.8883056640625);
49 var K2= ee.Number(1281.1441650390625);
50 var BT11 = thermal11.expression('( K2/(log((K1/TB11)+1)))',{
51 'K2': K2,
52 'K1': K1,
53 'TB11': thermal11,
54 }).rename('BT11');
55 print(BT11, 'BT11');
56 var bt11Params = {thermal11: {min: 280, max: 300, palette: ['blue', 'white', 'green']}};
57 Map.addLayer(BT11, bt11Params, "BT11");
58
59
60 // NDVI Hesaplama
61 var ndvi = toa.normalizedDifference(['B5', 'B4']).rename('NDVI');
62 var ndviParams = {min: -1, max: 1, palette: ['blue', 'white', 'green']};
63 print(ndvi, 'ndvi');
64 Map.addLayer(ndvi, ndviParams, 'ndvi');
65
66 {
67 var ndvi_min = ee.Number(ndvi.reduceRegion({
68 reducer: ee.Reducer.min(),
69 geometry: geometry,
70 scale: 30,
71 maxPixels: 1e9
72 }).values().get(0));
73 print(ndvi_min, 'ndvi_min');
74
75 var ndvi_max = ee.Number(ndvi.reduceRegion({
76 reducer: ee.Reducer.max(),
77 geometry: geometry,
78 scale: 30,
79 maxPixels: 1e9
80 }).values().get(0));
81 print(ndvi_max, 'ndvi_max');
82 }
83
84 // fractional vegetation hesabı
85 var Pv = ((ndvi.subtract(ndvi_min)).divide(ndvi_max.subtract(ndvi_min))).rename('Pv');
86 var Pv = Pv.pow(2);
87 var PvParams = {min: 0.0, max: 1.0, palette: ['FF0000', '00FF00']};
88 Map.addLayer(Pv, PvParams, "fractional vegetation");
89
90

```

EK 3. (Devam) BND istasyonu 04.09.2013 tarihine ait GEE kod dizini

```
91
92 //NDVI tabanlı Yayınlılık (Emissivity)-Bant-10
93 var Es = ee.Number(0.9668);
94 var Ev = ee.Number(0.9863);
95 var F = ee.Number(0.55);
96
97 var De = thermal10.expression('((1-Es)*(1-Pv)*F*Ev)', {
98   'Ev':Ev,
99   'Es':Es,
100   'Pv':Pv,
101   'F':F,
102 });
103
104 var EM = thermal10.expression(
105   '(Ev+De)', {
106     'Ev':Ev,
107     'De':De,
108   }).rename('EMM');
109 print(EM,'EM');
110
111 var EMPParams = {min: 0.985, max: 0.99, palette: ['blue', 'white', 'green']};
112 Map.addLayer(EM, EMPParams,'EMM');
113
114
115 //NDVI tabanlı Yayınlılık (Emissivity)-Bant-11
116 var Es2 = ee.Number(0.9747);
117 var Ev2 = ee.Number(0.9896);
118
119 var De2 = thermal11.expression('((1-Es2)*(1-Pv)*F*Ev2)', {
120   'Ev2':Ev2,
121   'Es2':Es2,
122   'Pv':Pv,
123   'F':F,
124 });
125
126 var EM2 = thermal11.expression(
127   '(Ev2+De2)', {
128     'Ev2':Ev2,
129     'De2':De2,
130   }).rename('EMM2');
131 print(EM2,'EM2');
132
133 var EM2Params = {min: 0.985, max: 0.99, palette: ['blue', 'white', 'green']};
134 Map.addLayer(EM2, EM2Params,'EMM2');
135
136
137 // Atmosferik Geçirgenlik (Atmospheric Transmittance)
138 var To = ee.Number(23.9+273.15); //Bu değer her çalışma için farklıdır!
139 print(To, 'Yüzeye Yakın Hava Sıcaklığı (To)');
140 var Ta = ee.Number(16.011).add(ee.Number(0.9262).multiply(To));
141 print(Ta, 'Atmosferik Sıcaklık Tahmini (Ta)');
142 var RH = 0.572; //Bu değer her çalışma için farklıdır!
143 var To = 23.9; //Yüzeye Yakın Hava Sıcaklığı (Derece Biriminde)!!!
144
145 //Su buharı (wi) hesabı
146 var w = 0.0981*10*0.6108*Math.exp((17.27*To)/((237.3+To))*RH+0.1697);
147 print(w,'Su Buharı (w)');
148
149
150 //SMA için atmosferik geçirgenlik hesabı(10-11.Bantlar)
151 var t10 = ((-0.0164*(w*w))-0.04203*w)+0.9715;
152 print(t10,'Atmosferik Geçirgenlik (t10)-SMA için');
153
154 var t11 = ((-0.01218*(w*w))-0.07735*w)+0.9603;
155 print(t11,'Atmosferik Geçirgenlik (t11)-SMA için');
156
157 // MWA, SCA ve RTE için atmosferik geçirgenlik ACPC
158 var t = ee.Number(0.78);
159 print(t,'Atmosferik Geçirgenlik');
160 var Lar = ee.Number(1.83);
161 var Laz = ee.Number(2.99);
162
163 // Yer Yüzeyi Sıcaklığı Hesabı - Mono Window Algorithm (Tek Pencere Yöntemi)
164 var a = ee.Number(-67.355351);
165 var b = ee.Number(0.458606);
166 var d = thermal10.expression('((1-t)*(1+((1-e)*t)))',
167 {
168   't':t,
169   'e':EM.select('EMM')
170 });
171 var LST_MWA = thermal10.expression(
172   '((a*(1-c-d))+(((b*(1-c-d))+c+d)*BT))-(d*Ta))/c', {
173     'a': a,
174     'b': b,
175     'c': EM.select('EMM').multiply(t),
176     'd': d,
177     'BT': BT10,
178     'Ta': Ta
179   }).rename('LST_MWA');
180 Map.addLayer(LST_MWA, {min: 270, max: 310, palette: ['blue', 'limegreen', 'yellow', 'darkorange', 'red']}, 'LST_MWA');
```

EK 3. (Devam) BND istasyonu 04.09.2013 tarihine ait GEE kod dizini

```

182 // Yer Yüzeyi Sıcaklığı Hesabı - Single Channel Algorithm (Tek Kanal Yöntemi)
183 var psi1 = thermal10.expression('(1/t)',
184 {
185   't': t
186 });
187 var psi2 = thermal10.expression('(-Laz-(Lar/t))',
188 {
189   'Laz': Laz,
190   'Lar': Lar,
191   't': t
192 });
193 var psi3 = Lar;
194 var by = ee.Number(1320);
195 var y = thermal10.expression(
196   '(BT*BT)/(by*Lsen)', {
197     'BT': BT10,
198     'by': by,
199     'Lsen': thermal10
200   }).rename('y');
201 var delta = thermal10.expression(
202   'BT-((BT*BT)/by)', {
203     'BT': BT10,
204     'by': by
205   }).rename('delta');
206
207 var LST_SCA = thermal10.expression(
208   '((y*((1/e)*((psi1*Lsen)+psi2))+psi3)+delta)', {
209     'y': y,
210     'e': EM.select('EMM'),
211     'psi1': psi1,
212     'psi2': psi2,
213     'psi3': psi3,
214     'Lsen': thermal10,
215     'delta': delta
216   }).rename('LST_SCA');
217 Map.addLayer(LST_SCA, {min: 300, max: 310, palette: ['blue', 'limegreen', 'yellow', 'darkorange', 'red']}, 'LST_SCA');
218
219 // Yer Yüzeyi Sıcaklığı Hesabı - Radiative Transfer Equation Method (RTE)
220 var k1= ee.Number(774.8853149414062);
221 var k2= ee.Number(1321.078857421875);
222 var BLTs = thermal10.expression('((Lsen-Lar-(t*(1-e)*Laz))/(t*e))',
223 {
224   'Lsen': thermal10,
225   'Lar': Lar,
226   'Laz': Laz,
227   't': t,
228   'e': EM.select('EMM')
229 }).rename('BLTs');
230 var LST_RTE= thermal10.expression('(k2/(log((k1/BLTs)+1)))',
231 {
232   'k1': k1,
233   'k2': k2,
234   'BLTs': BLTs
235 }).rename('LST_RTE');
236 Map.addLayer(LST_RTE, {min: 300, max: 310, palette: ['blue', 'limegreen', 'yellow', 'darkorange', 'red']}, 'LST_RTE');
237
238 // Yer Yüzeyi Sıcaklığı Hesabı - Split Window Algorithm (SWA)
239 var x = radiance.expression(
240   '((e10+e11)/2)',
241 {
242   'e10': EM.select('EMM'),
243   'e11': EM2.select('EMM2')
244 }).rename('x');
245
246 var y = radiance.expression(
247   '(e10-e11)',
248 {
249   'e10': EM.select('EMM'),
250   'e11': EM2.select('EMM2')
251 }).rename('y');
252
253 var c0 = ee.Number(-0.268);
254 var c1 = ee.Number(1.378);
255 var c2 = ee.Number(0.183);
256 var c3 = ee.Number(54.30);
257 var c4 = ee.Number(-2.238);
258 var c5 = ee.Number(-129.20);
259 var c6 = ee.Number(16.40);
260 var LST_SWA = radiance.expression(
261   '(BT10+(c1*(BT10-BT11))+(c2*(BT10-BT11)*(BT10-BT11))+c0+(((c3+c4)*w)*(1-x))+((c5+(c6*w))*y))',
262 {
263   'c0': c0,
264   'c1': c1,
265   'c2': c2,
266   'c3': c3,
267   'c4': c4,
268   'c5': c5,
269   'c6': c6,
270   'x': x,
271   'y': y,
272   'w': w,
273   'BT10': BT10,
274   'BT11': BT11
275 }).rename('LST_SWA');
276 Map.addLayer(LST_SWA, {min: 300, max: 310, palette: ['blue', 'limegreen', 'yellow', 'darkorange', 'red']}, 'LST_SWA');

```