

AKÜ FEMÜBİD 22 (2022) 065503 (1380-1387)
DOI: 10.35414/ akufemubid.1181347

AKU J. Sci. Eng. 22 (2022) 065503 (1380-1387)

Araştırma Makalesi / Research Article

Yer Yüzeyi Sıcaklığının Google Earth Engine Kullanılarak Elde Edilmesi ve Değerlendirilmesi

Mitat Can YILDIZ¹, Mustafa YILMAZ¹

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.

Sorumlu yazar e-posta: yldzmitat@gmail.com

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-1090-0726>

e-posta: mustafayilmaz@aku.edu.tr

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4192-3226>

Geliş Tarihi: 28.09.2022

Kabul Tarihi: 29.11.2022

Öz

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 (KOH) 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.

Anahtar kelimeler

Yer Yüzeyi Sıcaklığı;
Uzaktan Algılama;
Google Earth Engine;
Landsat

The Obtaining and Assessment Land Surface Temperature by Using Google Earth Engine

Abstract

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 (MSE) 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.

Keywords

Land Surface
Temperature; Remote
Sensing; Google Earth
Engine; Landsat

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

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. Uzaktan algılama maliyet açısından diğer bilim dallarına

kiyasla daha 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).

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. Bu çalışmada Tek Pencere Algoritması (Mono Window Algorithm, MWA), Tek Kanal Algoritması (Single Channel Algorithm, SCA), Işınımsal Transfer Denklemi (Radiative Transfer Equation, RTE) ve Bölünmüş Pencere Algoritması (Split Window Algorithm, SWA) olmak üzere 4 farklı yöntem kullanılmıştır. Her biri farklı matematiksel işlemlerden oluşan bu yöntemler literatürde en sık kullanılan yöntemlerdir.

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. 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. Kısaca GEE'nin çalışma prensibi, bulut depolama vasıtasıyla uydu görüntülerini kullanıcının hizmetine sunmak ve bu verileri kodlar yardımıyla çalışmanın amacına göre işleyerek sonuç elde etmesi olarak tanımlanabilir (Gorelick *et al.* 2017).

Çalışmanın amacı, birden çok yöntem ile uydu verileri kullanılarak aynı noktaya ait YYS'lerin GEE ara yüzünde kod dizini oluşturularak elde edilmesidir. Bu sayede YYS'nin web tabanlı platformlardan da elde edilebilirliğinin gözler önüne serilmesi amaçlanmıştır. Aynı zamanda birçok yöntem kullanılması sonucunda elde edilen değerlerin Karesel Ortalama Hata (KOH)'ları ve korelasyonları hesaplanarak doğruluk analizlerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Landsat uydusuna ait termal bant üzerinden bir takım parametreler yardımıyla matematiksel hesaplamalar yapılarak YYS görüntüleri elde edilmektedir. 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 *et al.* 2001). MWA ile YYS hesaplamak için Denklem (1) kullanılır.

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

Burada a ve b katsayıları kullanılan sensöre göre belirlenmekte olup bu çalışma için bu değerler sırasıyla -67.355351 ve 0.458606'dır. BT ise Kelvin cinsinden parlaklık sıcaklığını temsil etmektedir. T_a ortalama atmosferik sıcaklıktır. C ve D parametrelerinin hesabı Denklem (2) ve Denklem (3)'de gösterilmiştir.

$$C = \varepsilon * \tau \quad (2)$$

$$D = (1 - \tau)[1 + (1 - \varepsilon) * \tau] \quad (3)$$

Bu formüllerde ε simgesi yeryüzü yayınlırlığını, τ ise atmosferik geçirgenliği temsil etmektedirler. Ortalama atmosferik sıcaklığının hesaplanabilmesi için yüzeye yakın hava sıcaklığı (T_a)'nın bilinmesi gerekir ve çalışma alanı için uygun modele göre formül seçilerek kullanılır (Qin *et al.* 2001).

Yüzey sıcaklığını belirlemeye yönelik yapılan birçok çalışma yüzey yayınlırlığı 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-Munoz ve Sobrino 2003). Jimenez-Munoz ve Sobrino (2003), YYS'yi sadece bir termal bant ile elde etmek için tek kanallı bir yöntem geliştirmişlerdir ve bu yöntemi Denklem (4) ile ifade etmişlerdir:

$$YYS = \gamma \left[\frac{1}{\varepsilon} (\psi_1 L_{sen} + \psi_2) + \psi_3 \right] + \delta \quad (4)$$

ε yer yüzeyi yayınlırlığını, L_{sen} görüntüde termal bandın karşılık geldiği radyans değerini, ψ_1, ψ_2, ψ_3 değerleri atmosferik fonksiyonları ifade etmektedir. Denklem (5)'de bu fonksiyonların nasıl elde edildiği tanımlanmıştır.

$$\psi_1 = \frac{1}{\tau}; \psi_2 = -L_{\lambda}^{\downarrow} - \frac{L_{\lambda}^{\uparrow}}{\tau}; \psi_3 = L_{\lambda}^{\downarrow} \quad (5)$$

Burada $L_{\lambda}^{\downarrow} (W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1})$ atmosfer tarafından yeryüzüne yapılan ışınımı, $L_{\lambda}^{\uparrow} (W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1})$ ise atmosfer tarafından yukarı yönde yapılan ışınımı temsil etmektedir. Bu parametreler Atmosferik Düzeltme Parametresi Hesaplayıcı (ACPC) kullanılarak kolay bir şekilde elde edilebilmektedir. γ ve δ simgeleri ise yaklaşık bir şekilde hesaplanmakta olup Denklem (6) ve Denklem (7)'de gösterilmiştir.

$$\gamma \approx \frac{BT^2}{b_{\gamma} * L_{sen}} \quad (6)$$

$$\delta \approx BT - \frac{T^2}{b_{\gamma}} \quad (7)$$

Burada BT termal bandın parlak sıcaklığını, L_{sen} görüntüde termal bandın karşılık geldiği radyans değerini ifade etmektedir. b_{γ} değeri ise Denklem (8)'de gösterildiği şekilde elde edilmektedir.

$$b_{\gamma} = c_2 / \lambda_i \quad (8)$$

Bu formülde $c_2=14387.7 \mu m \cdot K$ ve λ_i ise temsil ettiği 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_{γ} değeri Bant 10 için 1320 Kelvindir. Bant 11 için ise bu değer 1199 Kelvindir (Sekertekin ve Bonafoni 2020).

Işınımsal transfer denkleminin tersine çevrilmesi ile tek bir termal bant kullanılarak yüzey sıcaklığı elde edilebilmektedir. RTE yönteminde uygulanan işlem adımları oldukça karmaşık matematik fonksiyonlardan oluşmaktadır ve bütün işlemlerin sonucunda ortaya Denklem (9) çıkmaktadır:

$$YYS = \frac{K_2}{\ln \left(\frac{K_1}{\frac{L_{\lambda}^{sen} - L_{\lambda}^{\uparrow} - \tau(1-\varepsilon)L_{\lambda}^{\downarrow}}{\tau * \varepsilon} + 1} \right)} \quad (9)$$

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 ışınım ve yükselen ışınım değerlerinin de bilinmesi gerekmektedir. RTE yöntemi için SURFRAD istasyonlarından alınan verilere ihtiyaç duyulmaktadır.

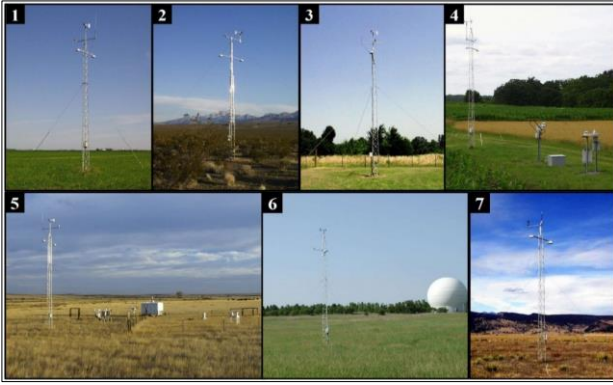
Sobrino vd. (1996)'nin yapmış olduğu çalışmada iki farklı dalga boyunda eş zamanlı ölçümlerinin radyasyon farkı ile orantılı olmasıyla ilgili bir sonuç üretmişlerdir. SWA yöntemi atmosferik pencerede 8-13 μm dalga boyu aralığında iki farklı termal bant kullanır ve SCA yönteminde olduğu gibi su buharı bilgisi gerektirir (Sobrino *et al.* 1996). SWA ile YYS hesabı Denklem (10)'da verilmiştir:

$$YYS = T_i + c_1(T_i - T_j) + c_2(T_i - T_j)^2 + c_0 + (c_3 + c_4w)(1 - \varepsilon) + (c_5 + c_6w)\Delta\varepsilon \quad (10)$$

Burada c_i simgeleri sabit bir katsayıyı temsil etmekte olup bu değerler kullanılan uydu verisine göre değişkenlik göstermektedir. Bu çalışma için $c_0=-0.268$; $c_1=1.378$; $c_2=0.183$; $c_3=54.3$; $c_4=-2.238$; $c_5=-129.2$; $c_6=16.4$ değerleri kullanılmıştır. İndislerde 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 *et al.* 1996).

2.1 SURFRAD Ağı

SURFRAD, Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi Küresel Programlar Ofisi'nin desteği ile 1993 yılında kurulan ve halihazırda erişime açık küresel bir programdır. Programın temel amacı Amerika Birleşik Devletleri (ABD) üzerindeki yüzey radyasyonunu doğru, sürekli ve uzun vadeli ölçümleriyle iklim araştırmalarını desteklemektir. Aktif bir biçimde faaliyetlerine devam eden SURFRAD istasyonlarının tümü şekil 1'de verilmiştir.

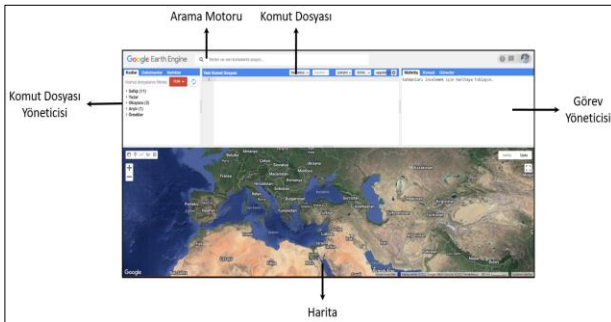


Şekil 1. SURFRAD İstasyonları (1:BND, 2:DRA, 3:GWN, 4:PSU, 5:FPK, 6:SXF, 7:TBL)

Bu istasyonlar anlık olarak veri toplamakta ve bu verileri ücretsiz olarak kullanıcıların hizmetine sunmaktadır. Veri toplamaya ilk olarak 1995 yılında dört istasyon ile başlanmış. 1998 yılında 2 istasyon daha eklenmiş ve son istasyonun kurulumu ise 2003 yılında tamamlanarak hizmete başlamıştır. Hizmet başladığından bu yana, ağın ürünlerine ve altyapısına çeşitli eklemeler ve iyileştirmeler yapılmıştır (Augustine *et al.* 2005).

2.2 Google Earth Engine (GEE)

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 gibi uydulardan elde edilen verileri kümeler halinde bünyesinde depolamaktadır. Bu sistem sayesinde görüntülerin işlenmesi, değerlendirilmesi ve analizi hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Veri setleri, bilgi işlem gücü, uygulama programlama ara yüzleri ve kod düzenleyicisi GEE'nin ana bileşenlerindedir (Şekil 2).



Şekil 2. GEE Kod Düzenleyicisi bileşenlerinin şeması.

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. 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.

2.3 Atmosferik Düzeltme Parametresi Hesaplayıcı (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. ACPC bu hesaplamayı kolaylaştırmaktadır (Barsi *et al.* 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 *et al.* 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'te gösterilmiştir.

Şekil 3. Atmosferik düzeltme parametresi hesaplayıcısı arayüzü.

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

3. Bulgular

Çalışma kapsamında ilk olarak çalışma alanı ve kullanılacak uydu verileri belirlenmiştir. Uydu verileri GEE’de bulut depolama sayesinde indirmeye gerek kalmadan kullanılmıştır. SURFRAD istasyonlarının seçilmesinde YYS için gerekli bazı parametrelerin kolayca temin edilebilmesi etkili olmuştur. Bu veriler internet sitesinden ücretsiz bir şekilde, uydu verileriyle eş zamanlı olacak bir biçimde temin edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. SURFRAD istasyonlarından yapılan ölçümlerin değerleri.

İstasyon	Tarih / Saat	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	Basınç (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
		20.3	30.2	1014.4

	14.05.2021/16:31			
	04.05.2015/15:51			
PSU	20.05.2021/15:51	24.3	24.1	978.5
	29.04.2015/17:11			
SXF	29.04.2021/17:11	16.8	24.2	963.5
	06.06.2013/17:42			
	12.06.2021/17:30	19.2	48.9	833.2
TBL	12.06.2021/17:37	22.5	34.7	834

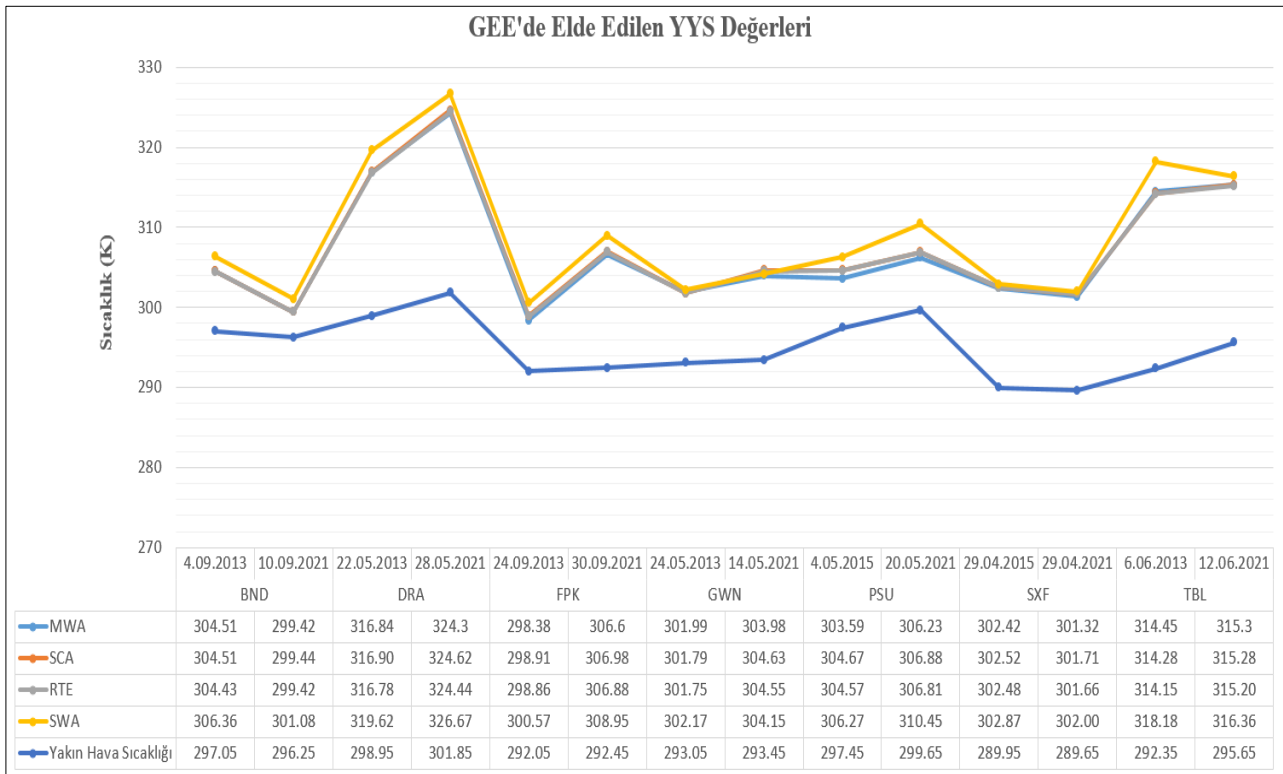
Çalışmada GEE platformuna tanımlanan kodlar işlem adımlarına göre aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- İlk olarak çalışmada kullanılan SURFRAD istasyonlarının koordinatları ve uydu verileri GEE’ye tanımlanır.
- Uydu verilerine Landsat-8 kullanıcı kitapçığında ifade edilen şekilde görüntü ön işleme adımları uygulanır. Bu adım parlaklık sıcaklıklarının belirlenmesi için önemlidir.
- Daha sonra kullanılacak termal bantlar seçilir. Kullanılan uyduya göre bu bantlar değişiklik göstermektedir. Landsat-8 için 10 ve 11. bantlar kullanılır.
- Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) tabanlı yüzey yayınlığı için öncelikle fraksiyonel bitki örtüsü (Pv) parametresi hesaplanmalıdır. Bu faktörün formülü kodlanarak GEE’ye tanımlanır.
- Daha sonra ACPC’den temin edilen veriler (atmosferik geçirgenlik, artan ve azalan ışınım katsayıları) koda tanımlanır. Bu değerler tek termal bant kullanan yöntemler içindir (MWA, RTE ve SCA). Çift termal bant kullanan SWA için gerekli formül GEE’ye tanımlanır.
- Su buharı, atmosferik geçirgenliğin elde edilmesi için doğrudan kullanılan bir parametredir. Su buharının belirlenebilmesi 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 bulunduğundan sonra su buharı hesabına geçilir.

- 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 edilmiştir.
- Son olarak 4 farklı yöntem içinde bir önceki konu başlığında detaylı olarak verilen denklemler kodlanarak GEE'ye tanımlanır.

işlem adımları tamamlandıktan sonra kod dosyası çalıştırılarak saniyeler içerisinde sonuçlar kullanıcıya sunulur. 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. Kullanıcı elde edilen görüntüleri dilerse ".tiff" formatında Google Drive dosyasına kodlar yardımıyla kaydedebilir. Daha sonrasında bu görüntüleri indirerek farklı yazılımlarda kullanabilmektedir. Yedi farklı istasyon noktası ve her bir istasyona ait iki farklı uydu görüntüsü kullanıldığından toplamda 56 YYS değeri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar grafik halinde gösterilmiştir (Şekil 4). Sonuçların değerlendirilmesi için istasyonlardan temin edilen yakın yer üstü 10 metre sıcaklıklar baz alınmıştır.

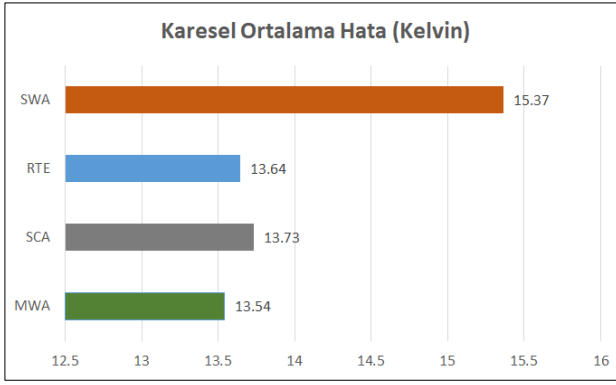


Şekil 4. Landsat-8 uydu verileri kullanılarak GEE'de elde edilen YYS değerleri

Doğruluk derecesi ölçütü olarak KOH baz alınmıştır. KOH doğruluk ölçütleri arasında en sık kullanılan hata çeşididir. KOH değerlerini hesaplamak için Denklem (11) kullanılmalıdır (Güllü ve Narin 2019).

$$KOH = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n}} \quad (11)$$

Burada v istasyondan ölçülen sıcaklık ile elde edilen sıcaklık arasındaki farkı, n veri sayısını temsil eder. Bu çalışma için elde edilen KOH değerleri Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Çalışma sonucunda elde edilen KOH değerleri

KOH değerleri incelendiğinde en iyi sonuç 13.54 ile MWA yönteminde elde edilmiştir. SWA yönteminde elde edilen KOH değerinin diğer yöntemlere göre daha yüksek olmasının nedeni çift termal bant kullanılmasıdır.

Son olarak elde edilen sıcaklıklar ile referans alınan sıcaklıklar arasındaki korelasyon incelenmiştir. 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.

4. Tartışma ve Sonuç

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 değerlerin bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle SURFRAD istasyonları kullanılmıştır. SURFRAD istasyonlarına ait meteorolojik veriler internetten hızlı, kolay ve ücretsiz bir şekilde temin edilebilmektedir. 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 çevrimiçi 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.

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 farklara 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 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 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. Herhangi bir kullanıcı tarafından hazırlanan kod sayfası GEE kütüphanesi aracılığıyla diğer kullanıcıların erişimine açık hale getirilebilir olması GEE'nin olumlu yanlarından birisidir. Böylelikle kod düzenleyicisine çalışma alanı ve bilgileri tanımlanarak kod bilgisine gerek duymadan sonuçlar elde edilebilir. Genellemenin yapacak olursak, GEE'nin yer yüzey sıcaklığı çalışmaları için oldukça kullanışlı bir platform olduğu sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Çalışmada kullanılan verileri ücretsiz olarak hizmete sunan Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi'nin Küresel İzleme Laboratuvarı (GML)'na katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

5. Kaynaklar

- Augustine J. A., Hodges G. B., Cornwall C. R., Michalsky J. J., and 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., Barker J.L., and Schott J.R., 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., and 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.
- Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., and Moore R., 2017. Google Earth Engine: Planetary-Scale Geospatial Analysis for Everyone, *Remote Sensing of Environment*, **202**, 18-27.
- Güllü M. ve Narin Ö.G., 2019, Dengeleme Hesabı Teori & Uygulama. Nobel Yayınevi, 212s, Afyonkarahisar.
- Jimenez-Munoz J.C., and Sobrino J.A., 2003. A Generalized Single-Channel Method for Retrieving Land Surface Temperature from Remote Sensing Data. *Journal of Geophysical Research*, **109**, 8112.
- Qin Z., Karnieli A., and 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., and 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., and Becker F., 1996. Multi-Channel and Multi-Angle Algorithms for Estimating Sea and Land Surface Temperature with ATSR Data. *International Journal of Remote Sensing*, **17**, 2089-2114.
- Şekertekin A., Arslan N. ve Çiçekli S.Y., 2018. Gece ve Gündür Yer Yüzey Sıcaklığı Görüntüleri ile Yüzey Isı Adası Analizi. VII. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu, 18-21 Eylül 2018, Eskişehir.