

BULUT MASKELEME UYGULAMASININ YER YÜZEY SICAKLIĞI TAHMİNLERİNİN GÜVENİLİRLİĞİNE ETKİSİ

Mehmet Seren Korkmaz¹, Ali Çalışkan², Atanur Aksoy²

¹Samsun Üniversitesi, Özdemir Bayraktar Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, İklim Bilimi ve Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, Ondokuzmayıs, Samsun

²Samsun Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Meteoroloji Mühendisliği Programı, Canik, Samsun
mehmetskorkmaz@samsun.edu.tr, 240758001@samsun.edu.tr, 240758002@samsun.edu.tr

Özet

Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS) verileri, özellikle iklim değişikliğiyle ilgili çalışmalar başta olmak üzere birçok araştırma alanında yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu veri setleri, çeşitli algoritmalar ve yöntemlerle hesaplanarak farklı çevrimiçi platformlar aracılığıyla kullanıcılara sunulmaktadır. Ancak bu mekânsal veriler, atmosferin üst katmanlarında faaliyet gösteren uzaktan algılama araçlarıyla elde edildiğinden, atmosfer kolonunda farklı yükseklik ve türlerde bulunan bulutların etkisine sıklıkla maruz kalmaktadır. Bu nedenle, tüm bölgeler için yüksek doğrulukta YYS değerleri üretmek çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Bu sorunun çözümü için çeşitli bulut maskeleme teknikleri geliştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında, bulut örtüsünün YYS hesaplanması üzerindeki etkisi Landsat 8 Seviye 1 verilerinden faydalanılarak incelenmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemleri araçları yardımıyla kolaylıkla uygulanabilen pratik bir bulut maskeleme yöntemi, yaz mevsimine ait üç farklı Landsat 8 Seviye 1 görüntüsüne uygulanmıştır. Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarına ait, farklı yıllardan temin edilen Landsat 8 Seviye 1 uydu ürünleri, Ankara ilinin dokuz merkez ilçesi için kullanılmıştır. Çalışma sonuçları, bulut maskelemesi uygulanmadan kullanılan YYS katmanlarının, gerçek yüzey koşullarıyla uyuşmayan, gerçek dışı derecede düşük minimum sıcaklık değerleri ürettiğini göstermektedir. Bu durum, tüm mekânsal veri kümesinde ortalama yüzey sıcaklıklarının hesaplanmasında önemli hatalara yol açmaktadır. Çalışmada, maskeleme yapılmış ve yapılmamış katmanlar arasındaki ortalama YYS farkı %3,63 olarak hesaplanmıştır. Ancak daha çarpıcı olan bulgu, minimum sıcaklıklar arasındaki farkın 24 °C'ye kadar ulaşmasıdır. Son yıllarda araştırmacılar bulut filtreleme algoritmaları ve maskeleme yöntemlerini giderek daha fazla kullanmaya başlasa da aylık, yıllık veya başka dönemsel olarak üretilen mekânsal veri setlerinde bu işlemler çoğu zaman göz ardı edilmektedir. Bunun bir sonucu olarak, üretilen YYS haritaları gerçek yüzey koşullarını tam olarak yansıtmayabilir. Bu nedenle, sıklıkla referans alınan ve YYS verilerinden türetilen Kentsel Isı Adası (Urban Heat Island - UHI) haritalarında da yanlış temsil durumu ortaya çıkabilmektedir. Bunun önüne geçmek için indirilen tüm görüntülere mutlaka bulut maskeleme işlemi yapılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Yer Yüzey Sıcaklığı, Landsat 8, Bulut Maskeleme.

THE IMPACT OF CLOUD MASKING ON THE RELIABILITY OF LAND SURFACE TEMPERATURE ESTIMATES

Abstract

Land Surface Temperature (LST) data are widely utilized in many research fields, particularly in studies related to climate change. These datasets are often made available to users through various online platforms, calculated using different formulations and methods. However, since such spatial data are derived from remote sensing instruments operating from the upper layers of the atmosphere, they are frequently influenced by the presence of clouds of varying altitudes and types along the atmospheric column. As a result, it is often not possible to generate highly accurate LST values across all regions. To address this issue, numerous cloud masking techniques have been developed. The impact of cloud cover on LST calculation is investigated using Landsat 8 Level-1 data within the scope of this study. A practical cloud masking method, which can be easily implemented with the help of Geographic Information System tools, is applied to three different Landsat 8 Level-1 images from the summer season. Landsat 8 images from different years for the months of June, July, and August were utilized for the nine central districts of Ankara Province. The results show that when LST layers are used without any cloud masking, they often produce unrealistically low minimum temperature values that are inconsistent with actual surface conditions. Consequently, this leads to significant errors in the calculation of average surface temperatures across the entire spatial dataset. At the end of the study, the difference in average LST values between masked and unmasked layers is calculated as 3.63%. More striking, however, is the observed difference in minimum temperatures between masked and unmasked data, which reached up to 24 °C. Although researchers have increasingly adopted cloud filtering algorithms and masking techniques in recent years, these processes are often overlooked in spatial datasets produced on a monthly, yearly, or other periodic basis. As a result, the generated LST maps may not accurately reflect actual surface conditions. Therefore, misrepresentation may also occur in Urban Heat Island (UHI) maps, which are frequently referenced and derived from LST data. To prevent this, all provided satellite images must be subjected to cloud masking prior to analysis.

Keywords: Land Surface Temperature, Landsat 8, Cloud Masking.

Sorumlu Yazar: Mehmet Seren Korkmaz

Geliş Tarihi: 9 Mayıs 2025

Kabul Tarihi: 24 Haziran 2025

Yayın Tarihi: 30 Haziran 2025

Atıf Şekli: Korkmaz, M.S., Çalışkan, A., Aksoy, A. (2025). Bulut Maskeleme Uygulamasının Yer Yüzey Sıcaklığı Tahminlerinin Güvenilirliğine Etkisi, *Atmosfer ve İklim Dergisi*, 1(2), 37-47.

Makale Tipi: Araştırma Makalesi

e-ISSN: 3023-8560

GİRİŞ

Uzaktan algılama teknolojisi, farklı platformlar ve sensörler aracılığıyla Dünya gözlemleri için önemli bir kaynaktır. Geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında, daha ucuz, araştırma tasarımıyla bağlı olarak daha doğru ve daha hızlı sonuçlarla geniş ölçekte çalışma imkânı sunar (Sekertekin ve Bonafoni, 2020). Kentsel alanların iklim dinamikleri; hızlı kentleşme, nüfus artışı ve küresel sıcaklık artışı gibi etkenlerle yeniden şekillenmektedir. Bu dönüşümleri izlemek ve anlamak için kullanılan araçlar arasında Yer Yüzey Sıcaklığı (YYs - İngilizce: Land Surface Temperature - LST), önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir. YYS, Dünya yüzeyiyle atmosfer arasındaki enerji ve su değişiminde temel bir rol oynar; bu yönüyle hem meteoroloji hem de iklim çalışmalarında önemlidir (Yu vd., 2014). Doğru analiz edildiğinde, YYS yeryüzü-atmosfer etkileşimlerinin hem küresel hem de bölgesel ölçekte daha etkin bir şekilde modellenmesine olanak tanır. Ayrıca, bitki örtüsü ve toprak nemi gibi diğer değişkenlerle birlikte değerlendirildiğinde, yüzey koşullarına dair daha kapsamlı ve zengin bir bakış açısı sunar (Dervişoğlu, 2023). YYS, yeryüzünden yayımlanan radyasyonun ölçülmesi yoluyla hesaplanır ve şehirlerin mikroklimatolojisinin anlaşılmasında büyük önem taşır. Bu veri, iklim değişikliğine uyum stratejilerinin geliştirilmesinde ve sürdürülebilir kentsel planlamanın yönlendirilmesinde kritik bir rol oynar (Roy vd., 2014; Crawford vd., 2023). Ancak YYS'nin önemi sadece kentsel alanlarla sınırlı değildir; tarımsal alanlarda sulama yönetiminden orman yangınlarının izlenmesine, kuraklık analizlerinden arazi örtüsü değişimlerinin takibine kadar çok çeşitli çevresel uygulamalarda da temel bir parametre olarak kullanılmaktadır (Wan vd., 2010).

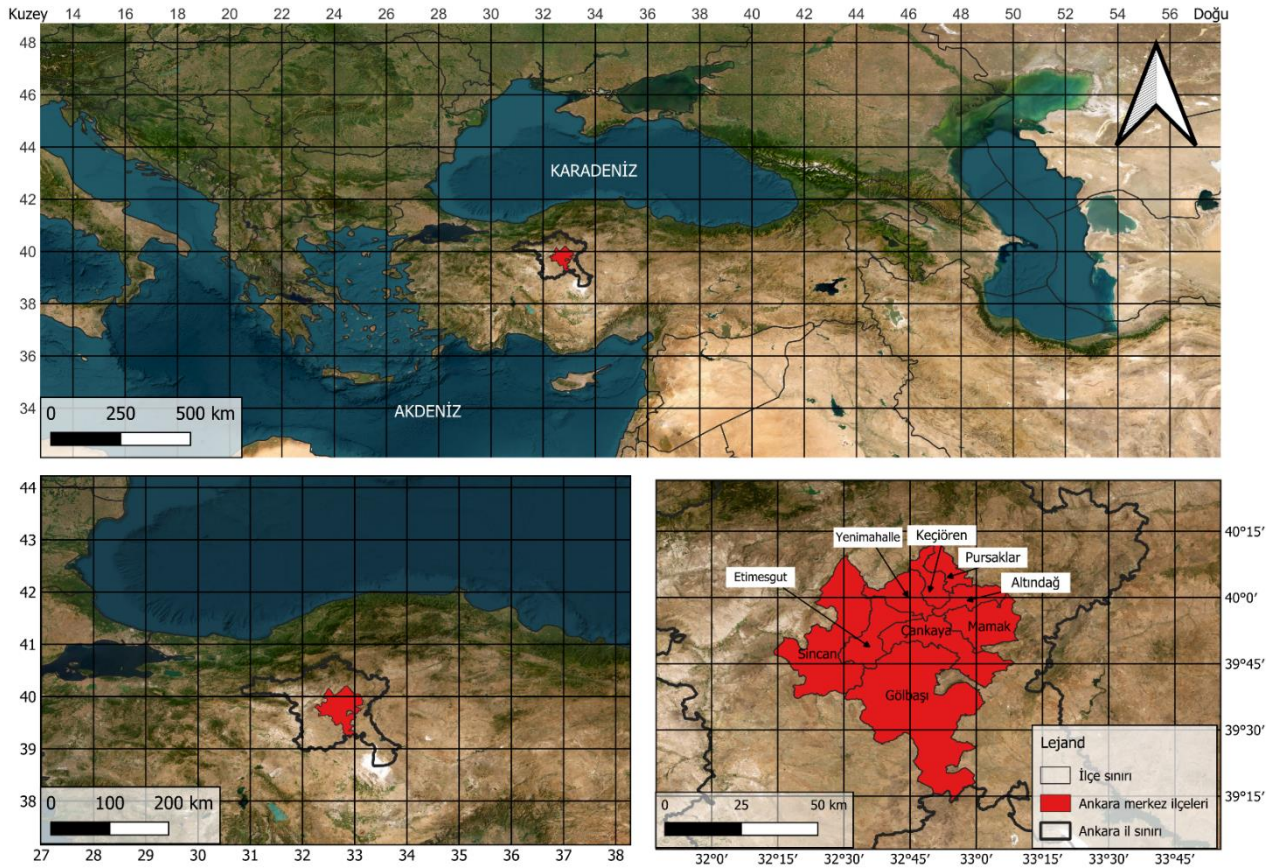
Son yıllarda uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), çevresel değişimlerin izlenmesinde vazgeçilmez araçlar haline gelmiştir. Özellikle Landsat 8 gibi orta çözünürlüklü uydu sistemleri, termal bantları sayesinde yüzey sıcaklıklarını haritalamak ve zamansal değişimlerini hassas biçimde takip etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Weng vd., 2004; Roy vd., 2014). Google Earth Engine (GEE) gibi platformlar ise büyük uydu veri arşivlerine hızlı ve bulut tabanlı erişim sağlayarak çevresel araştırmaları yaygınlaştırmıştır. Bu sayede, özellikle YYS gibi hesaplama açısından yoğun veri ürünleri çok daha pratik işlenebilir hale gelmiştir (Gorelick vd., 2017). Bununla birlikte, atmosfer koşulları (özellikle bulut örtüsü), YYS ölçümlerinin doğruluğunu önemli ölçüde etkilemektedir. Bulutlar, yeryüzünden yayımlanan uzun dalga boylu karasal (İng. extraterrestrial) termal radyasyonu absorblamakta, bu nedenle uydu sensörlerine ulaşan enerji miktarını azaltmaktadır. Bu da YYS değerlerinin olduğundan düşük ölçülmesine neden olmaktadır (Yu vd. 2014). Bu etkinin göz ardı edilmesi, mekansal sonuçların güvenilirliğini zayıflatılabilmekte ve yanlış yorumlara yol açabilmektedir (Li vd., 2013; Jia vd., 2021). Bu durum özellikle yaz aylarında daha da problemli hale gelir; çünkü çok az miktarda bulut örtüsü bile ortalama sıcaklık değerlerini bozabilir. Örneğin Barsi vd. (2014), Landsat kaynaklı YYS verilerinde bulut maskesi uygulanmamasının ciddi hatalara neden olabileceğini göstermiştir. Skakun vd. (2021) ise GEE platformunda kullanılan otomatik bulut maskeleyme algoritmalarının iyileştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Literatürde birçok çalışma, doğru sonuçlara ulaşmak için buluttan etkilenmiş piksellerin gelişmiş bulut giderme teknikleriyle uygun şekilde filtrelenmesi gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır (Zhu ve Woodcock, 2012).

Su yüzeyleri de YYS analizlerinde benzersiz bir zorluk oluşturmaktadır. Yansıtma ve ısı emme özellikleri karasal yüzeylerden farklı olduğu için, bu alanlar genellikle çevresindeki kara alanlarına kıyasla daha düşük sıcaklıklar göstermekte ve bu da mekansal ortalamaları etkilemektedir. Bu soğutucu etki, özellikle yaz aylarında belirgin hale gelir ve su kütleleri doğal birer ısı tamponu işlevi görür (Wang vd., 2016).

Bu çalışmada, ABD Jeolojik Araştırmalar Kurumu (USGS) tarafından sağlanan Landsat 8 Seviye 1 uydu görüntüleri, GEE platformu kullanılarak indirilmiş ve CBS platformlarında işlenmiştir. Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarına ait seçilen günlerdeki görüntülerde bulut maskeleymesi yapılmış ve yapılmamış durumlar karşılaştırılarak, bulut örtüsünün kara yüzey sıcaklığı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Atmosfer ve bulut etkilerinden arındırılan veriler daha sonra QGIS ve ArcGIS Pro CBS platformlarında mekansal olarak çözümlenmiştir. Son olarak da işlenen Landsat 8 Seviye 1 verilerinin doğrulama işlemi, Modis Seviye 3 verileri kullanılarak yapılmıştır.

ÇALIŞMA SAHASI VE VERİLER

Türkiye'nin başkenti ve aynı zamanda nüfus bakımından ikinci en kalabalık kenti olan Ankara, bu çalışmada çalışma sahası olarak seçilmiştir. İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan Ankara'nın toplam yüzölçümü 25632 km²'dir. Ancak bu çalışmada, kentsel ve demografik yoğunluğun yüksek olduğu merkez ilçelere odaklanılmıştır. Bu ilçeler; Altındağ, Çankaya, Etimesgut, Gölbaşı, Keçiören, Mamak, Pursaklar, Sincan ve Yenimahalle'dir (Web 1). Belirtilen dokuz merkez ilçe toplamda 3991 km² alan kapsamaktadır (Şekil 1) (Web 2).



Şekil 1. Çalışma Sahasına ait Lokasyon Haritası

Çalışma verileri olarak, USGS tarafından sağlanan ve GEE üzerinden erişilen Landsat 8 Collection 2 Tier 1 uydı görüntüleri kullanılmıştır (Web 3). Bu veri seti, 30 metre mekânsal çözünürlüğe ve aynı nokta için 16 günlük tekrar ziyaret süresine sahip multispektral ve termal bantları içermektedir. OLI (Operational Land Imager) sensörüne ait Band 4 (kırmızı) ve Band 5 (yakın kızılötesi) bantları, Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) ve yüzey emisyon değerlerinin hesaplanmasında; TIRS (Thermal Infrared Sensor) sensörüne ait Band 10 verileri ise Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS) hesaplamasında kullanılmaktadır (Crawford vd., 2023). B10 bant eksikliği sebebiyle, Landsat 8 Collection 2 Tier 2 verileri, bu çalışmada tercih edilmemiştir (Crawford vd., 2023). En yüksek veri kalitesine sahip Landsat 8 görüntülerinin 1. Katmana (Seviye 1) yerleştirildiği ifade edilmiştir. Seviye 1’de yer alan iyi karakterize edilmiş bu veriler, GEE platformu üzerinden YYS hesaplanmasında kullanılmıştır (Crawford vd., 2023). YYS hesaplamasında kullanılan spektral bantların teknik özellikleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Landsat 8 Spektral Bant Özellikleri

Spektral Bant Numarası	Spektral Bant Adı	Dalgaboyu Aralığı (μm)	Mekansal Çözünürlük (m)
4	Kırmızı (Red)	0.64 - 0.67	30
5	Yakın Kızılötesi (NIR)	0.85 - 0.88	30
10	Termal Kızılötesi 1 (TIRS)	10.60 - 11.19	100 (yeniden örneklenmiş: 30)

Çalışmada kullanılan Landsat 8 uydu görüntülerine ait teknik özellikler Tablo 2’de sunulmuştur. Yaz mevsimindeki her bir ay için temsil niteliğinde bir gün seçilmiştir. Tüm görüntülere %10 bulut örtüsü filtresi uygulandıktan sonra, bulut etkisini araştırmak amacıyla bulut oranı yüksek olan günlerden belirlenmiştir.

Tablo 2. Landsat 8 Uydu Görüntülerinin Teknik Bilgileri

Görüntü Tarihi	Zaman (UTC+3)	Sensör	Yol/Satır	Bulut Örtüsü(%)
29 Haziran 2021	11:27	OLI/TIRS	177/32	6.19
23 Temmuz 2018	11:26	OLI/TIRS	177/32	5.93
13 Ağustos 2020	11:27	OLI/TIRS	177/32	4.99

Landsat 8 Seviye 1 verilerinin doğrulamasını yapmak amacıyla Modis Seviye 3 katmanında yer alan, ön işlemden geçmiş veri seti kullanılmıştır. Yapılan ön işlemlerde, atmosferik ve geometrik düzeltmelerle bulut filtreleme işlemi uygulanarak kullanıma hazır şekilde sunulmuştur. Modis Seviye 3 veri seti, Seviye 2 veri setinin açık-gökyüzü (clear-sky) koşullarını sağlamasıyla oluşturulmuştur. Bu koşula uyan YYS değerleri sinüzoidal projeksiyondaki gridlere yerleştirilmiştir. Aynı grid içine düşen birden fazla YYS değeri varsa ağırlıklı ortalaması alınmıştır (Wan, 2013). Çalışma alanı içerisinde seçilen günlere ait yüksek kaliteli piksel oranının %40-54 aralığında olduğu görülmektedir. Modis verilerinde yol/satır bilgisi yerine küresel grid yapısı kullanılmaktadır (Wan, 2013). Modis seviye 3 uydu verilerine ait teknik bilgilere Tablo 3’te yer verilmiştir.

Tablo 3. Modis Seviye 3 Uydu Görüntülerinin Teknik Özellikleri

Görüntü Tarihi	Sensör	Toplam Piksel Sayısı	Yüksek Kaliteli Piksel Sayısı	Yüksek Kaliteli Piksel Oranı (%)
29 Haziran 2021	MODIS	4132	2209	53.5
23 Temmuz 2018	MODIS	4132	1688	40.9
13 Ağustos 2020	MODIS	4132	1739	42.1

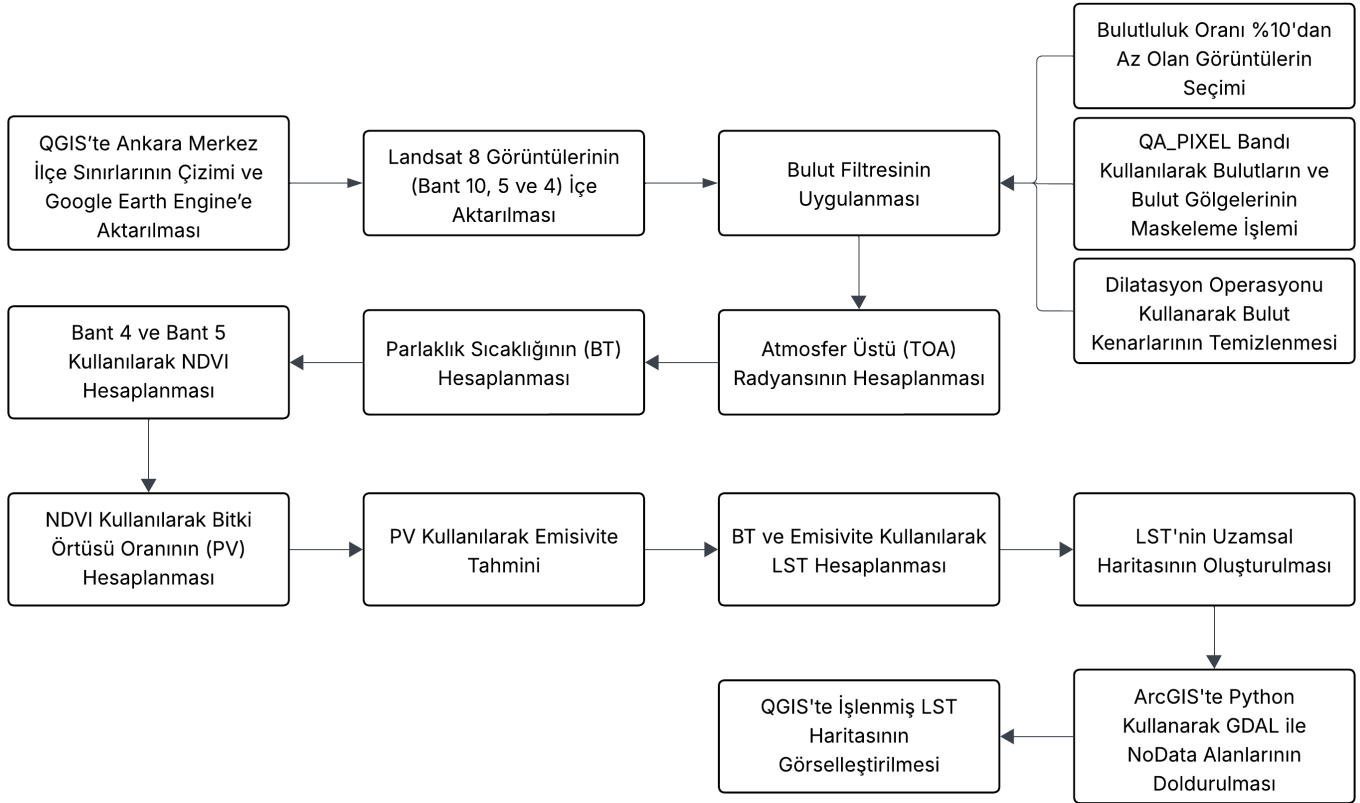
YÖNTEM

GEE platformu üzerinden erişilen Landsat 8 verilerinin işlenmesi ve analizinde JavaScript programlama dili kullanılmıştır. Bu platform, geniş ölçekli coğrafi verilerin işlenmesinde güçlü bir araç olarak; Landsat 8 Seviye 1 verilerinin filtrelenmesi ve ortam parametrelerinin hesaplanmasında da kullanılmıştır. Bu çalışmada, Landsat 8 verilerinin mekânsal analizi için ArcGIS Pro Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) platformu kullanılmıştır. ArcGIS, mekânsal hesaplamalar için güçlü araçlar sağlamaktadır. Görselleştirme ve haritalama işlemleri için açık kaynaklı QGIS 3.4 platformu tercih edilmiştir. QGIS de ArcGIS gibi güçlü araçlara sahip olmakla birlikte temel bazı mekânsal analiz ve araçlar konusunda farklı eklentileri kullanabilme imkanları sunabilmektedir.

Ankara’nın merkez ilçelerine ait sınırlar, OpenStreetMap veritabanı kullanılarak (overpass-turbo çevrimiçi portalı üzerinden-Web 4) çizilmiş ve çalışma sahası olarak tanımlanmıştır. Bu alan, daha sonra bir ‘asset’ olarak Google Earth Engine (GEE) platformuna yüklenmiş ve belirlenen günlere karşılık gelen YYS verileri bu sınırlara göre kırılmıştır.

YYS verileri bulut maskeleymesi uygulanmış ve uygulanmamış olarak iki farklı şekilde işlenmiştir. Tüm analizlerde tutarlılığı sağlamak amacıyla, veri seçimi aşamasında yalnızca %10’un altında bulut örtüsüne sahip Landsat 8 görüntüleri dikkate alınmıştır. Bu ön filtreleme adımı, veri kümesine bulut maskeleymesi uygulanıp uygulanmadığına bakılmaksızın tüm görüntülere eşit şekilde uygulanmıştır. Bulut maskeleymesi uygulanmayan veri setleri doğrudan analizde kullanılmıştır. Bulut maskeleymesi uygulanan veri setlerindeyse, öncelikle ‘QA_Pixel’ bandı kullanılarak bulutlu alanlar ve bulut gölgeleri tanımlanmıştır. Daha sonra her bir bulut pikselinin çevresinde 10 piksellik bir tampon alan oluşturularak dilatasyon işlemi uygulanmış ve bu bölgeler maskeleyme yoluyla veri setinden çıkarılmıştır. Sonuç olarak, bulut örtüsünden arındırılmış bölgeler dışındaki alanlar ‘nodata’ olarak tanımlanmıştır.

Elde edilen YYS veri setlerindeki 'nodata' pikselleri, ArcGIS ortamında entegre edilmiş bir Python betiği aracılığıyla, GDAL kütüphanesi kullanılarak Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (Inverse Distance Weighting - IDW) yöntemiyle doldurulmuştur. Son olarak, işlenmiş veri seti QGIS'de görselleştirilmiş ve geoistatistiksel analiz yapılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışmanın akış şeması

Landsat 8 Seviye 1 verilerinin doğrulanması amacıyla GEE platformundan elde edilen Modis Seviye 3 verileri doğrudan kullanılmıştır. Bu veriler elde edilirken, veri iyileştirmede bulut filtreleme ve interpolasyon işlemleri uygulanmamıştır. Modis Seviye 3 YYS verilerinin kalite değerlendirmesi QC_day bandı kullanılarak yapılmıştır. QC_day değeri 0 olan pikseller yüksek kaliteli piksel olarak işaretlenmiştir.

YYS Hesaplanması

Bu çalışmada, Landsat 8 uydu görüntülerinden YYS hesaplanması amacıyla bir dizi işlem adımı uygulanmıştır. İlk olarak, Landsat 8'in TIRS (Termal Kızılötesi Sensör) sensöründen elde edilen Band 10 verileri, Atmosfer Üstü Radyans (Top of Atmosphere - TOA) değerlerine dönüştürülmüştür. Bu dönüşüm, dijital sayı (Digital Number - DN) değerleriyle birlikte belirli bir radyans çarpanı (0.0003342) ve bir radyans sabiti (0.1) kullanılarak, (1)'de verilen formüle göre gerçekleştirilmiştir (Artis ve Carnahan, 1982).

$$TOA = 0.0003342 \times B_{10} + 0.1 \quad (1)$$

Burada B10, Landsat 8 uydusunun Band 10 verisini temsil etmektedir. Elde edilen TOA radyans değerleri kullanılarak, termal bant üzerinden Parlaklık Sıcaklığı (Brightness Temperature - BT) hesaplanmaktadır (2) (Gutman vd., 2013).

$$BT = \left(\frac{1321.0789}{\ln\left(\frac{774.8853}{TOA} + 1\right)} \right) - 273.15 \quad (2)$$

(2)'de, paydaki '1321.0789' değeri Planck sabitini, '774.8853' değeriye kalibrasyon sabitini temsil etmektedir. BT değerleri, sıcaklık ölçümlerini Kelvin cinsinden sağlamaktadır ve bu değerler daha sonra Santigrat dereceye dönüştürülmektedir. BT hesaplamalarının ardından, çalışma sahası için NDVI değeri hesaplanmaktadır. NDVI, Landsat 8 uydusuna ait Band 5 (yakın kızılötesi) ve Band 4 (kırmızı) kullanılarak (3)'teki şekilde hesaplanmaktadır (Roy vd., 2014; Weng, Lu ve Schubring, 2004).

$$NDVI = \frac{B5 - B4}{B5 + B4} \quad (3)$$

Çalışma sahasına ait minimum ve maksimum NDVI değerleri, hesaplanan NDVI verilerinden belirlenmiş ve bu değerler, Bitki Örtüsü Oranı (Proportion of Vegetation - PV)'nın hesaplanmasında kullanılmıştır (4) (Roy vd., 2014; Yu, Guo ve Wu, 2014).

$$PV = \left(\frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \right)^2 \quad (4)$$

$NDVI_{\min}$ ve $NDVI_{\max}$ ifadeleri, çalışma alanı içerisindeki minimum ve maksimum NDVI değerlerini temsil etmektedir(4). PV değerleri kullanılarak, yüzey emisivitesi (Surface Emissivity - EMM yardımıyla hesaplanmaktadır (5) (Avdan ve Jovanovska, 2016; Roy vd., 2014).

$$EMM = 0.004 \times PV + 0.986 \quad (5)$$

Elde edilen emisivite değerleri ve BT verileri kullanılarak YYS hesaplanmaktadır. YYS hesaplamasında kullanılan formül (6)'da verilmiştir (Avdan ve Jovanovska, 2016; Roy vd., 2014; Yu vd., 2014).

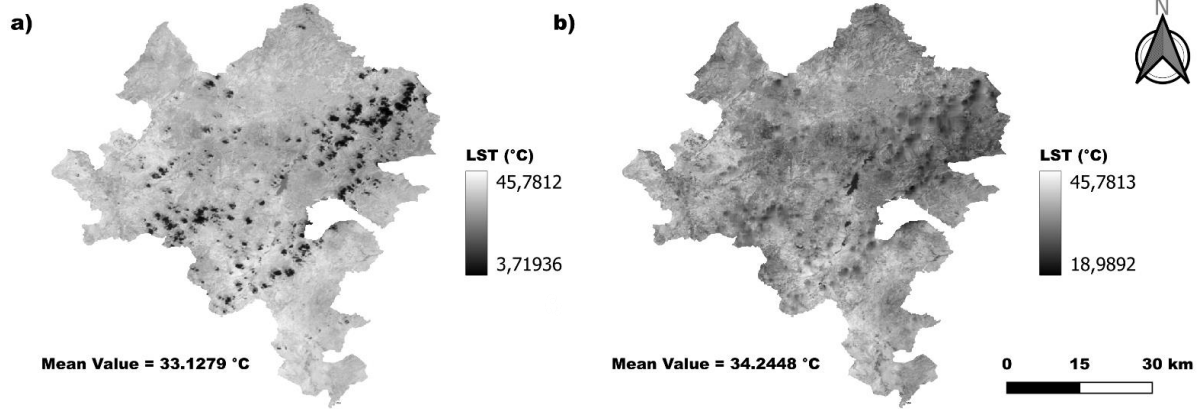
$$YYS = \frac{BT}{1 + \left(\frac{0.00115 \times BT}{1.4388} \right) \times \ln(EMM)} \quad (6)$$

Bu hesaplama, atmosferik etkilerden düzeltilmiş YYS verilerinin elde edilmesini sağlamakta ve yüzeyin gerçek sıcaklık değerlerini temsil etmektedir.

BULGULAR

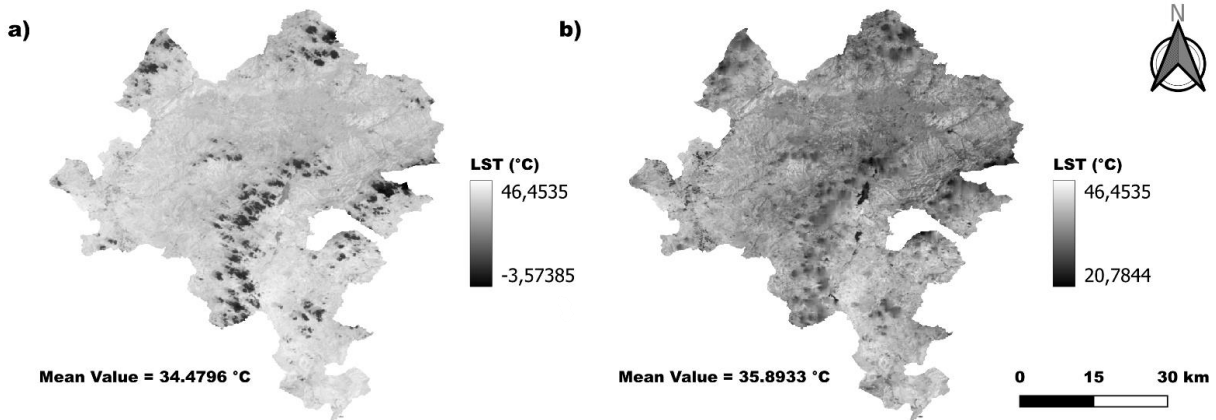
Bulutların YYS verileri üzerindeki etkisini analiz etmek amacıyla yaz mevsimine ait Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarından birer gün seçilmiştir.

İlk analiz, 29 Haziran 2021 tarihli görüntü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, çalışma alanının %6,19'unun bulutlarla kaplı olduğu belirlenmiştir. Bulutların varlığı, YYS değerlerinde belirgin düşüşlere neden olmuştur. Bulut maskeleyesi uygulanmamış YYS veri setinde en düşük sıcaklık 3,72 °C olarak kaydedilmiştir (Şekil 3a). Ancak bulut maskesi uygulandıktan sonra minimum sıcaklık 18,99 °C'ye yükselmiştir (Şekil 3b). Ortalama sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması, iki durum arasında 1,12 °C fark olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgular, bulut örtüsünün YYS katmanları üzerindeki etkisini açık bir şekilde göstermektedir.



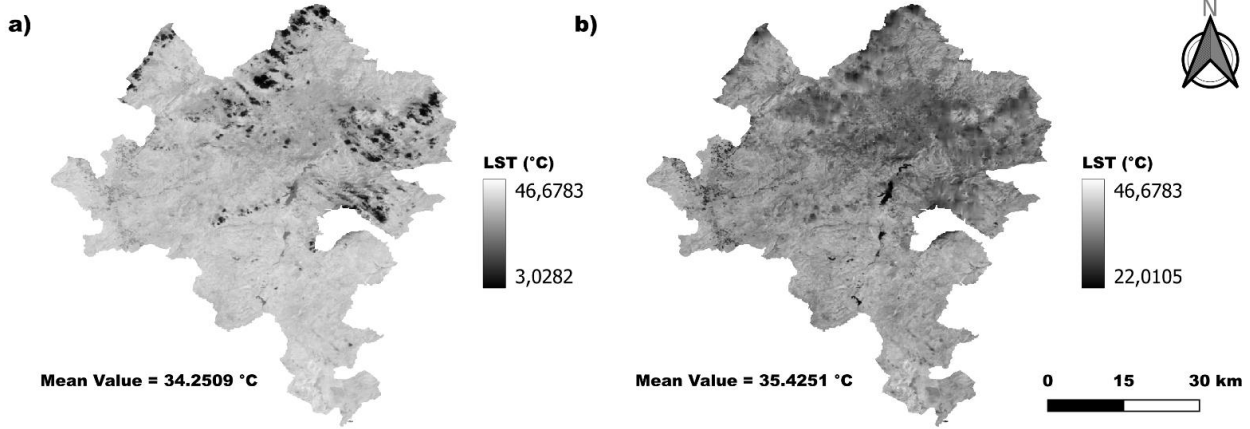
Şekil 3. 29 Haziran 2021 tarihli YYS uydu görüntüleri: a) bulut maskesi uygulanmamış, b) bulut maskesi uygulanmış

23 Temmuz 2018 tarihli YYS verilerinin analizi (Şekil 4), çalışma alanının %5,93'ünün bulutlarla kaplı olduğunu ortaya koymaktadır. Bulut maskeleymesi uygulanmamış veri setinde en düşük YYS değeri $-3,57^{\circ}\text{C}$ olarak kaydedilmiştir (Şekil 4a). Bulut tepe sıcaklığı; bulut cinsine, yüksekliğine ve mevsimine bağlı olarak değişmektedir. Bu durum, 29 Haziran 2021 tarihinde en düşük sıcaklığın 0°C 'nin altında kaydedilmesini açıklamaktadır. Bulut maskesi uygulandıktan sonra minimum sıcaklık $20,78^{\circ}\text{C}$ 'ye yükselmiştir (Şekil 4b). Mekânsal ortalama YYS değerleri karşılaştırıldığında iki durum arasında $1,41^{\circ}\text{C}$ 'lik fark olduğu görülmektedir.



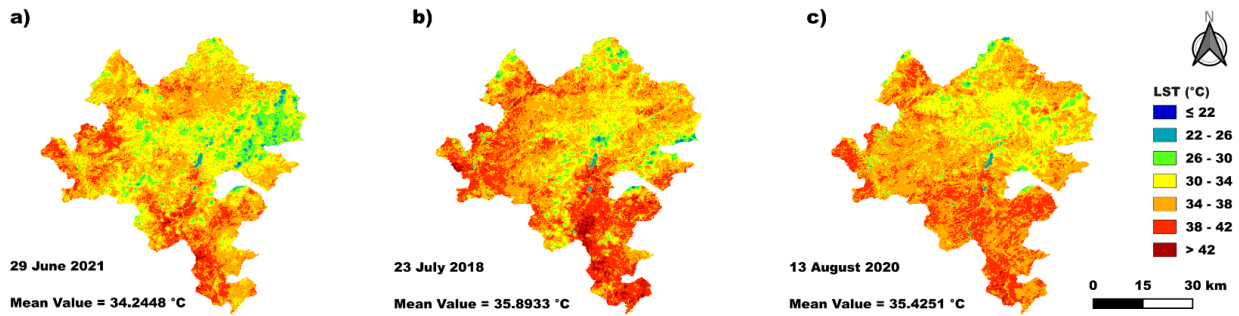
Şekil 4. 23 Temmuz 2018 tarihli YYS uydu görüntüleri: a) bulut maskesi uygulanmamış, b) bulut maskesi uygulanmış

13 Ağustos 2020 tarihli YYS verilerinin analizi (Şekil 5), çalışma alanının %4,99'unun bulutlarla kaplı olduğunu göstermektedir. Bulut maskeleymesi uygulanmamış veri setinde en düşük yüzey sıcaklığı $3,03^{\circ}\text{C}$ olarak gözlemlenmiştir (Şekil 5a). Buna karşılık, bulut maskesi uygulandıktan sonra minimum sıcaklık $22,01^{\circ}\text{C}$ 'ye yükselmiştir (Şekil 5b). Mekânsal ortalama YYS değerlerinin karşılaştırılması, iki durum arasında $1,17^{\circ}\text{C}$ 'lik bir sıcaklık farkı olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 5. 13 Ağustos 2020 tarihli YYS uydu görüntüleri: a) bulut maskesi uygulanmamış, b) bulut maskesi uygulanmış

Bulut maskesi uygulanarak ve eksik değerler interpolasyon yöntemiyle doldurularak elde edilen YYS verileri, belirli bir renk skalası kullanılarak görselleştirilmiştir. Her ay için seçilen görüntülerde, su kütleleri ortalama yüzey sıcaklıklarının görece daha düşük olması sayesinde açık şekilde ayırt edilebilmektedir. Ankara'nın merkez ilçeleri içerisinde, özellikle çalışma alanının güney kesimlerinde daha yüksek YYS değerleri gözlemlenmiştir. Buna karşılık, şehir merkezine karşılık gelen bölgelerde çevresine kıyasla belirgin şekilde daha düşük yüzey sıcaklıkları tespit edilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Renklendirilmiş YYS görüntüleri: a) 29 Haziran 2021, b) 23 Temmuz 2018, c) 13 Ağustos 2020

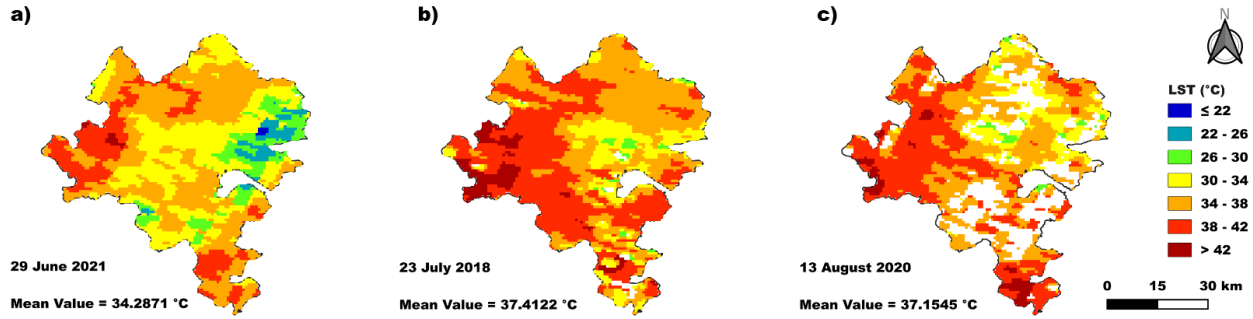
Tablo 2, seçilen tarihlere ait bulut maskesi uygulanmış ve uygulanmamış YYS verileri arasındaki ortalama ve minimum sıcaklık değerlerindeki farkları göstermektedir. Bulut maskelemesi uygulanarak elde edilen sonuçlar, özellikle minimum sıcaklık değerlerinde belirgin farklar ortaya koymaktadır. Bulut filtreleme süreci, YYS ölçümleri üzerinde gözle görülür bir etki yaratmakta ve maskeleme yapılmamış verilere kıyasla daha tutarlı yüzey sıcaklığı tahminleri sağlamaktadır. Bu fark, uzaktan algılama ile elde edilen sıcaklık verilerinin analizinde bulut maskelemenin önemini açıkça ortaya koymaktadır.

Tablo 2. Seçilen Tarihlere ait Bulut Maskesi Uygulanmış ve Uygulanmamış Veriler arasındaki Ortalama ve Minimum YYS Değerlerindeki Farklar

Tarih	Ortalama Sıcaklık (°C)			Minimum Sıcaklık (°C)		
	Bulut maskesiz	Bulut maskeli	Fark	Bulut maskesiz	Bulut maskeli	Fark
29 Haziran 2021	33.13	34.24	1.12	3.72	18.99	15.27
23 Temmuz 2018	34.48	35.89	1.41	-3.57	20.78	24.36
13 Ağustos 2020	34.25	35.43	1.17	3.03	22.01	18.98

Seçilen tarihlere ait Modis Seviye 3 uydu verisinden elde edilen YYS haritaları, şekil 7'de verilmiştir. Modis Seviye 3 veri seti, çeşitli ön işleme adımlarından geçirilerek sunulduğu için, çalışma alanı içerisindeki bazı bölgelerde veri boşlukları tespit edilmiştir (Hubanks vd., 2019).

Veri olmayan bu boşluklar, yüksek kaliteli olmayan pikseller kısmında yer almaktadır. Modis Seviye 3 uydusuna ait YYS haritaları incelendiğinde; Mekansal çözünürlüğün düşük olması dikkat çekmektedir. Modis Seviye 3 görüntülerinin 1x1 km olması, kara, su ve yeşil alanların ayırımını zorlaştırmaktadır. Ancak, 30x30 m mekansal çözünürlüğe sahip Landsat 8 Seviye 1 görüntülerinin daha yüksek detay gücüne sahip olması, topografik özelliklerin ayırımında daha başarılı olduğunu göstermektedir.



Şekil 7. Modis Seviye 3 verilerine ait renklendirilmiş YYS görüntüleri: a) 29 Haziran 2021, b) 23 Temmuz 2018, c) 13 Ağustos 2020

Seçilen tarihlere ait Landsat 8 Seviye 1 ve Modis Seviye 3 uydu verilerinden hesaplanan YYS verileri karşılaştırıldığında; 29 Haziran 2021 tarihinde mekansal ortalama YYS değerlerinin çok yakın olduğu görülmektedir. Ancak, 23 Temmuz 2018 ve 13 Ağustos 2020 tarihlerine ait mekansal ortalama YYS farkı 1.5-1.7 °C olarak bulunmuştur. Böyle bir farkın ortaya çıkması, Modis verisetlerinde yüksek çözünürlüklü piksel oranının düşük olması ve bazı bölgelerdeki bazı piksellerin çıkarılmış olmasıyla (Şekil7.c) ilişkilendirilmiştir. Uydu verilerine ait YYS ortalama sıcaklık farkları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Landsat 8 Seviye 1 ve Modis Seviye 3 Uydu verileri arasındaki ortalama YYS farkları

Tarih	Landsat 8 Seviye 1	Modis Seviye 3	Ortalama Sıcaklık Farkı
29 Haziran 2021	34.24	34.28	0.04
23 Temmuz 2018	35.89	37.41	1.52
13 Ağustos 2020	35.43	37.15	1.72

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Ankara ilinin merkez ilçeleri çalışma sahası olarak seçilmiş ve 3 farklı tarih için bulut maskeleyesi uygulanmamış Landsat 8 uydu verileri üzerinden hesaplanan YYS verileri, önerilen yöntem kullanılarak bulut maskeleyesi uygulanmış verilerle uydu görüntüleri üzerinden yapılan analizlere dayalı olarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, bulutlu günlerde YYS değerlerinin belirgin şekilde daha düşük olduğu ortaya konulmuştur. Seçilen tarihler yaz aylarına gelmesine rağmen mekânsal ortalamalar dikkate alındığında, bulutlu ve bulutsuz koşullar arasındaki sıcaklık farkının 1 °C'yi aştığı görülmektedir.

Yaz aylarında bulutluluk oranı görece düşük olsa da bulutların YYS üzerindeki etkisinin hâlâ anlamlı düzeyde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yıllık ortalamalar hesaplandığında, ortaya çıkan ortalama YYS değerlerinin gerçek yüzey koşullarından daha düşük olduğu ve bunun da yanıltıcı yorumlara yol açabileceği anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, YYS verilerinden türetilen Kentsel Isı Adası (UHI) ve Kentsel Termal Alan Değişim İndeksi (UTFVI) gibi indeksler, bulut etkileri doğru şekilde dikkate alınmadığında hatalı biçimde hesaplanma riski taşımaktadır. Bu durum, mekânsal analizlerden elde edilen çıkarımları doğrudan etkileyebilir. Kentsel ısı adasına bağlı kent ikliminin değişikliğinin doğrudan bir sonucu olarak görüldüğünden (Masson vd., 2020), kamusal planlama ve sektörel uygulamalarda yapılan hatalı değerlendirmeler ise çeşitli sosyal, ekonomik ve çevresel olumsuzluklara neden olma potansiyeline sahiptir.

Bu nedenle, uydu tabanlı çalışmalarda bulut koşullarının dikkatle değerlendirilmesi, bulutla kaplı alanlar için uygun eşik değerlerin tanımlanması ve güvenilir bulut maskeleyme işlemlerinin uygulanması gereklidir. Mevcut bulut maskeleyme algoritmalarının daha hassas ve kapsayıcı olacak şekilde geliştirilmesi, doğru analiz sonuçları elde edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın bilimsel gelişimine sağladığı değerli katkılardan ötürü Doç. Dr. Sema Arıman'a teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

- Artis, D. A. & Carnahan, W. H. (1982). Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. *Remote Sensing of Environment*, 12(4), 313–329. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(82\)90043-8](https://doi.org/10.1016/0034-4257(82)90043-8)
- Avdan, U. & Jovanovska, G. (2016). Algorithm for automated mapping of land surface temperature using Landsat 8 satellite data. *Journal of Sensors*, 2016, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2016/1480307>
- Barsi, J. A., Schott, J. R., Hook, S. J., Raqueno, N. G., Markham, B. L. & Radocinski, R. G. (2014). Landsat-8 thermal infrared sensor (TIRS) vicarious radiometric calibration. *Remote Sensing*, 11(17), 1973. <https://doi.org/10.3390/rs6111607>
- Crawford, C. J., Roy, D. P., Arab, S., Barnes, C., Vermote, E., Hulley, G., ... Zahn, S. (2023). The 50-year Landsat collection 2 archive. *Science of Remote Sensing*, 8, 100103. <https://doi.org/10.1016/j.srs.2023.100103>
- Dervişoğlu, A. (2023). Investigation of the efficiency of satellite-derived LST data for mapping the meteorological parameters in Istanbul. *Atmosphere*, 14(4), 644. <https://doi.org/10.3390/atmos14040644>
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D. & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Gutman, G., Huang, C., Chander, G., Noojipady, P. & Masek, J. G. (2013). Assessment of the NASA–USGS Global Land Survey (GLS) datasets. *Remote Sensing of Environment*, 134, 249–265. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.02.026>
- Hubanks, P. A., Platnick, S., King, M. D. & Ridgway, B. (2019). MODIS atmosphere L3 gridded product algorithm theoretical basis document (ATBD). *NASA Goddard Space Flight Center*. https://atmosphere-imager.gsfc.nasa.gov/sites/default/files/ModAtmo/L3_ATBD_C6_2018_04_11.pdf
- Jia, A., Ma, H., Liang, S. & Wang, D. (2021). Cloudy-sky land surface temperature from VIIRS and MODIS satellite data using a surface energy balance-based method. *Remote Sensing of Environment*, 263, 112566. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112566>
- Li, Z., Tang, B., Wu, H., Ren, H., Yan, G., Wan, Z., ... Zhou, C. (2013). Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives. *Remote Sensing of Environment*, 131, 14–37. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.12.008>
- Masson, V., Lemonsu, A., Hidalgo, J. & Voogt, J. (2020). Urban climates and climate change. *Annual Review of Environment and Resources*, 45, 411–444. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012320-083623>
- Roy, D. P., Wulder, M. A., Loveland, T. R., Woodcock, C. E., Allen, R. G., Anderson, M. C., ... Scambos, T. A. (2014). Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote Sensing of Environment*, 145, 154–172. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.001>
- 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(2), 294. <https://doi.org/10.3390/rs12020294>
- Skakun, S., Vermote, E. F., Santamaria Artigas, A. E., Rountree, W. H. & Roger, J.-C. (2021). An experimental sky-image-derived cloud validation dataset for Sentinel-2 and Landsat 8 satellites over NASA GSFC. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 95, 102253. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102253>
- Wan, Z., Zhang, Y., Zhang, Q. & Li, Z.-L. (2010). Quality assessment and validation of the MODIS land surface temperature. *Remote Sensing of Environment*, 83(1–2), 163–180. <https://doi.org/10.1080/0143116031000116417>
- Wan, Z. (2013). Collection-6 MODIS land surface temperature products users' guide. *Earth Research Institute, University of California, Santa Barbara*. https://lpdaac.usgs.gov/documents/118/MOD11_User_Guide_V6.pdf
- Wang, C., Myint, S. W., Wang, Z. & Song, J. (2016). Spatio-temporal modeling of the urban heat island in the Phoenix Metropolitan area: Land use change implications. *Remote Sensing*, 8(3), 185. <https://doi.org/10.3390/rs8030185>
- Weng, Q., Lu, D. & Schubring, J. (2004). Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*, 89(4), 467–483. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.11.005>
- 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(10), 9829–9852. <https://doi.org/10.3390/rs6109829>
- Yu, W., Ma, W. & Wu, Q. (2021). Urban land surface temperature under cloud cover conditions: A temporal and spatial assessment using MODIS data. *Remote Sensing*, 13(11), 2183.
- Zhu, Z. & Woodcock, C. E. (2012). Object-based cloud and cloud shadow detection in Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 118, 83–94. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.10.028>
- Web-1, ATO. (2025, April 10). Rakamlarla Ankara. https://www.atonet.org.tr/Uploads/Birimler/Internet/Flash%20Tan%C4%B1t%C4%B1m%20Alan%C4%B1/2025_04_10_rakamlarla_ankara/2025_04_10_rakamlarla_ankara.pdf (01 Mayıs 2025 tarihinde ulaşıldı).

- Web 2, Harita Genel Müdürlüğü. (n.d.). İl ve ilçe yüzölçümleri. <https://www.harita.gov.tr/il-ve-ilce-yuzolcumleri>, (01 Mayıs 2025 tarihinde ulaşıldı).
- Web 3, Google Earth Engine. (n.d.). LANDSAT/LC08/C02/T1: Landsat 8 collection 2 tier 1. https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/LANDSAT_LC08_C02_T1?hl=tr (01 Mayıs 2025 tarihinde ulaşıldı).
- Web 4, Overpass Turbo. (n.d.). Overpass Turbo: Web-based data filtering interface for OpenStreetMap. <https://overpass-turbo.eu>, (20 Nisan 2025 tarihinde ulaşıldı).