



Yüksek Çözünürlüklü Termal Görüntülerin Üretimi ve Değerlendirilmesi: Landsat 8 ve PlanetScope Uydu Verileri Örneği

Production and Evaluation of High-Resolution Thermal
Images: An Example Using Landsat 8 and PlanetScope
Satellite Data

Emre TUNCA¹

¹Düzce Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye
- emretunca@duzce.edu.tr · ORCID > 0000-0001-6869-9602

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 14 Nisan/April 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 22 Mayıs/May 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 3 | **Sayfa/Pages:** 563-576

Atıf/Cite as: Tunca, E. "Yüksek Çözünürlüklü Termal Görüntülerin Üretimi ve Değerlendirilmesi: Landsat 8 ve PlanetScope Uydu Verileri Örneği" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 39(3), Ekim 2024: 563-576.

YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ TERMAL GÖRÜNTÜLERİN ÜRETİMİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ: LANDSAT 8 VE PLANETSCOPE UYDU VERİLERİ ÖRNEĞİ

ÖZ

Bu çalışma, Landsat 8 ve PlanetScope uydu görüntüleri kullanılarak yüksek könsal çözünürlüğe sahip yapay termal görüntülerin üretilmesi ve bu görüntülerin doğruluğunun değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Sultansuyu Tarım İşletmesi arazileri örneği üzerinde yürütülen araştırmada, Normalize Edilmiş Vejetasyon İndeksi (NDVI) ve yüzey sıcaklığı (Ts) haritaları kullanılarak geliştirilen regresyon modeli PlanetScope görüntülerine uygulanmış ve yüksek çözünürlüklü Ts haritası oluşturulmuştur. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre PlanetScope görüntülerinin yüksek çözünürlüklü Ts haritalarında parsel sınırları daha net bir şekilde belirlenirken, Landsat 8 Ts görüntülerinde söz konusu detay ortaya konulamamıştır. İstatistiksel analizler, her iki uydu verisinin de benzer NDVI değerleri ürettiğini ve tutarlı sonuçlar sağladığını doğrulamıştır ($R^2=0.90$). Ancak, PlanetScope verileri, Landsat 8'e göre, genel olarak, daha yüksek NDVI değerleri ve daha geniş bir varyans sergilemiştir. PlanetScope ile üretilen yapay Ts haritaları, homojen bölgelerde Landsat 8 ile benzer sonuçlar üretmesine rağmen, özellikle sulama yapılan düşük örtü yüzdesine sahip alanlarda hatalı Ts tahminleri yapılmaktadır. Gerçekleştirilen bu çalışma, uydu verilerinin tarımsal izleme ve çevresel analizlerde etkin bir şekilde kullanılabilmesi için metodolojik bir temel sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: ÇNDVI, Landsat 8, PlanetScope, Termal Görüntüleme, Yüzey Sıcaklığı.



PRODUCTION AND EVALUATION OF HIGH-RESOLUTION THERMAL IMAGES: AN EXAMPLE USING LANDSAT 8 AND PLANETSCOPE SATELLITE DATA

ABSTRACT

This study aims to generate high spatial resolution synthetic thermal images using Landsat 8 and PlanetScope satellite data and evaluate the accuracy of these images. The Sultansuyu Agricultural Enterprise lands served as the test site for this investigation. Regression model was developed using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and surface temperature (Ts) maps, which was then applied to PlanetScope images to generate a high-resolution Ts map. The results showed that PlanetScope images allowed for clearer delineation of parcel boundaries in the

high-resolution Ts maps compared to Landsat 8 Ts images. Statistical analyses confirmed that both satellite datasets produced similar NDVI values and consistent results ($R^2=0.90$). However, PlanetScope data generally exhibited higher NDVI values and a wider variance compared to Landsat 8. The Ts maps produced using PlanetScope yielded similar results to Landsat 8 in homogeneous regions, but inaccurate Ts values were estimated in areas especially with low vegetation cover in irrigated fields. This study provides a methodological foundation for the effective use of satellite data in agricultural monitoring and environmental analyses.

Keywords: SNDVI, Landsat 8, PlanetScope, Thermal Monitoring, Surface Temperature.



1. GİRİŞ

Uzaktan algılanmış termal veriler, yüzey sıcaklığının (Ts) ölçülmesi ve haritalanması için en etkili araçlardan birisidir (Tomlinson ve ark., 2011). Ts enerji dengesi, su döngüsü ve iklim değişikliği gibi birçok çevresel süreçte kritik bir rol oynamaktadır. Bu kapsamda termal uydu görüntüleri, tarımsal kuraklık izleme (Taner ve ark., 2022), kentsel ısı adası analizi (Cevik Degerli ve Cetin, 2023), hidrolojik modelleme (Tianjie ve ark., 2021) ve ekolojik çalışmalar (Yang ve ark., 2013) gibi çeşitli araştırmalarda başarılı bir biçimde kullanılmıştır. Ancak, mevcut termal uydu sensörlerinin düşük konumsal çözünürlüğü nedeniyle birçok uygulama için gereken ayrıntılar sağlanamamaktadır.

Günümüzde Ts'nin uzaktan algılama ile belirlenmesi için kullanılan uydu sensörleri, geniş alanların görüntülenmesini başarılı bir biçimde gerçekleştirebilmektedir ancak düşük konumsal çözünürlüğe sahip veriler sağlamaktadır. Landsat, MODIS ve ASTER gibi yaygın olarak kullanılan platformlardaki termal sensörler düşük konumsal çözünürlüğe sahiptir. Söz konusu uydu sistemlerine ait çözünürlükler bölgesel ölçekte gerçekleştirilecek çalışmalar için yeterli olsa da küçük ölçekli çalışmalar için yetersiz kalmaktadır (Sobrino ve ark., 2016). Bu nedenle, yüksek çözünürlüklü termal görüntüleme ihtiyacı artarak devam etmektedir.

Son yıllarda araştırmacılar, görüntülerde ölçek küçültme tekniği kullanarak yüksek çözünürlüklü termal uydu görüntülerini başarılı bir biçimde oluşturmayı başarmışlardır (Cruz ve ark., 2020). Bu yaklaşımda, aynı uydu platformundaki, yüksek konumsal çözünürlüğe sahip spektral görüntüler kullanılarak düşük çözünürlüklü termal görüntülerde ölçek küçültme işlemi gerçekleştirilebilmektedir (Agam ve ark., 2007). Ayrıca söz konusu teknik farklı uydu platformları arasındaki görüntülere de uygulanabilmektedir (Bisquert ve ark., 2016a; Bisquert ve ark., 2016b). Böylece, yüksek yersel detaylara sahip termal görüntüler başarılı bir bi-

çimde elde edilebilmektedir. Bu doğrultuda, Alemayehu ve ark. (2017)'de 1 km çözünürlüklü MODIS Ts görüntülerinde ölçek küçültme işlemi gerçekleştirilerek Landsat seviyesinde Ts haritaları elde edilmiştir. Söz konusu haritalar SSEBop ET tahmin yönteminde kullanılarak yüksek çözünürlüklü ET tahmin haritaları oluşturulmuştur. Benzer şekilde, Boyte ve ark. (2018) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada MODIS Ts haritaları ölçek küçültme tekniği kullanılarak Landsat Ts çözünürlüğüne yükseltmiştir. Ölçek küçültme uygulamalarında; Che ve ark. (2017), Modifiye Edilmiş Uyarlamalı Regresyon Modeli (IMAR) yöntemini, Jiang ve ark. (2017) yapay sinir ağlarını ve Wang ve ark. (2017) ise geo-istatistiksel yöntemler kullanmışlardır. Ayrıca ölçek küçültme uygulamalarında Ts haricinde, yüksek çözünürlüklü NDVI (Boyte ve ark., 2018), toprak nemi (Knipper ve ark., 2017) ve yüzeyden yansıma (Che ve ark., 2017) görüntüleri başarılı bir biçimde oluşturulmuştur. Teknolojik gelişmelerle birlikte uydu sistemleri üzerine önemli iyileştirmeler gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda günlük uzaktan algılanmış veri üretebilen yüksek konumsal çözünürlüğe sahip uydu sistemleri geliştirilmiştir. Söz konusu platformlar arasında en sık tercih edileni ise PlanetScope uydu sistemleridir. PlanetScope, günlük görüntüleme özelliği olan ve yaklaşık 3 m yersel çözünürlük sağlayan bir uydu takımıdır. Her ne kadar PlanetScope uydularının termal bantları olmasa da yüksek çözünürlüklü optik görüntüler, yeryüzü termal özelliklerinin çıkarılması için zengin bir bilgi kaynağı oluşturmaktadır. Yüksek zamansal ve konumsal çözünürlüklü PlanetScope görüntülerinin Ts değişimlerinin izlenmesinde önemli bir potansiyele sahip olmasına rağmen görüntülerde ölçek küçültme tekniklerinin bu görüntülere uygulanması üzerine yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır.

Bu çalışmanın temel amacı, Landsat 8 ve PlanetScope uydu görüntüleri arasında ölçek küçültme teknikleri kullanılarak yüksek konumsal çözünürlüğe sahip yapay Ts görüntülerinin üretilmesidir. Bu amaç doğrultusunda, Sultansuyu TİGEM arazilerindeki farklı vejetasyon örtülerine sahip tarım alanları için elde edilen yüksek çözünürlüklü yapay Ts görüntülerinin doğruluğu ve güvenilirliği değerlendirilmiştir

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Çalışma Alanı

Araştırmada çalışma alanı olarak Malatya Sultansuyu Tarım İşletmesi Müdürlüğüne ait tarım arazileri kullanılmıştır. Çalışma alanındaki tarım arazileri, verimli alüvyal topraklardan oluşmakta ve derin, drenaj sorunu olmayan ve organik madde bakımından da zengin topraklardır. Toprak pH'ı hafif alkali olup, tarımsal üretim için idealdir. Araştırma alanı, yarı kurak iklim bölgesinde yer almakta ve yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Yıllık ortalama sıcaklık 14.3 °C, yıllık

ortalama yağış 365.8 mm'dir. Araştırma alanında yetiştirilen bitkiler, Sultansuyu Çayı ve baraj göletleri ile sulanmaktadır. İşletmede, başta buğday arpa ve mısır yetiştirilmektedir. Ayrıca yonca ve çeşitli yem bitkileri de yetiştirilmektedir.

2.2 Çalışmada Kullanılan Uydu Görüntüleri

2.2.1 Landsat 8 Uydu Görüntüleri

Landsat 8 uydusu yeryüzünü gözlemlemek için tasarlanmış, Landsat programının sekizinci nesil uydusudur. Landsat 8 uydusu Dünya yüzeyinin tamamını 16 günde bir görüntülemektedir. Uydunun görüntüleme sistemi, görünür, kızılötesi ve termal olmak üzere 11 banttan oluşmaktadır. Söz konusu görüntülerin çözünürlükleri 15 metreden 100 metreye kadar değişen orta çözünürlükte veriler sağlamaktadır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Landsat 8 uydu görüntülerinin teknik özellikleri

Table 1. Technical specifications of Landsat 8 satellite imagery

Bantlar	Dalga Boyu (μm)	Çözünürlük (m)
Kıyı Aerosol	0.43-0.45	30
Mavi	0.45-0.51	30
Yeşil	0.53-0.59	30
Kırmızı	0.64-0.67	30
Yakın Kızılötesi (NIR)	0.85-0.88	30
SWIR-1	1.57-1.65	30
SWIR-2	2.11-2.29	30
Pankromatik	0.50-0.68	15
Cirrus	1.36-1.38	30
Termal-1	10.60-11.19	30 (100m)
Termal-2	11.50-5.51	30 (100m)

2.2.2 PlanetScope Uydu Görüntüleri

PlanetScope uydu görüntüleri yeryüzünün detaylı bir biçimde görüntülenmesi için 3 metre konumsal çözünürlüğe sahip dört spektral bantta (Kırmızı, Yeşil, Mavi ve Yakın Kızıl Ötesi), 16 bit radyometrik çözünürlüğe sahip ve günlük olarak görüntüler sunmaktadır (Çizelge 2).

Çizelge 2. PlanetScope uydu görüntülerinin teknik özellikleri**Table 2.** Technical specifications of PlanetScope satellite imagery

Bantlar	Dalga Boyu (µm)	Çözünürlük (m)
Mavi	0.45-0.51	3
Yeşil	0.50-0.59	3
Kırmızı	0.59-0.67	3
Yakın Kızılötesi	0.78-0.86	3

2.3 Uydu görüntülerinden NDVI ve Yüzey Sıcaklığı Hesaplaması

Yapılan bilimsel çalışmalarda farklı atmosferik doğrulama yöntemleri (6SV, DOS, radyasyon transfer yöntemi, FLAASH) kullanılarak hesaplanan vejetasyon indeksleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark oluşmadığı belirtilmiştir (Ke ve ark., 2016). Bu nedenle ENVI yazılımında yer alan FLAASH modülü kullanarak uydu görüntülerinde atmosferik doğrulama işlemi gerçekleştirilmiştir. Landsat 8 uydu görüntülerinden Normalize Edilmiş Vejetatif Değişim İndeksi (NDVI) ve yüzey sıcaklığı hesaplamaları (Jeevalakshmi ve ark., 2017)'de verilen yöntem dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. NDVI, her iki uydu görüntüsü için, yakın kızılötesi ve kırmızı bantların normalize edilmesiyle hesaplanmıştır (Eşitlik 1):

$$NDVI = \frac{(Yakın\ Kızılötesi - Kırmızı)}{(Yakın\ Kızılötesi + Kırmızı)} \quad (1)$$

Termal görüntülerin hesaplanmasında ilk olarak görüntünün dijital sayı değerleri spektral radyans () değerlerine dönüştürülmüştür (Eşitlik 2):

$$L_{\lambda} = \frac{(L_{max} - L_{min}) \times Q_{cal}}{(Q_{calmax} - Q_{calmin})} + L_{min} - O_i \quad (2)$$

Eşitlikte L_{max} en yüksek radyans değeri, L_{min} en düşük radyans değeri, Q_{cal} görüntü hücrenin dijital sayı değeri, Q_{calmax} ve Q_{calmin} en yüksek ve en düşük dijital sayı değeri ve O_i ise bant 10 için düzeltme değeridir.

Sonraki adımda termal bant verisi (Bant 10) sensördeki parlaklık sıcaklığı değerine (BT) Eşitlik 3 kullanılarak dönüştürülmüştür:

$$BT = \frac{K2}{\ln \left[\left(\frac{K1}{L_{\lambda}} \right) + 1 \right]} + 273.15 \quad (3)$$

Eşitlikte K1 ve K2 katsayıları görüntünün metadata dosyasında yer alan termal sabit değerleridir.

Örtü yüzdesi hesaplamaları Eşitlik 4'e göre gerçekleştirilmiştir.

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_v - NDVI_s} \right)^2 \quad (4)$$

Eşitlikteki ve değerleri 0.2 ve 0.5 olarak alınmıştır (Jeevalakshmi ve ark., 2017).

Yüzey emissivite değerleri, yüzey pürüzlülüğü, vejetasyon örtü yüzdesi ve NDVI'ya dayalı olarak hesaplanmıştır (Eşitlik 5):

$$f(x) = \begin{cases} \epsilon_{s\lambda}, & NDVI < NDVI_s \\ \epsilon_{s\lambda} P_v + \epsilon_{s\lambda} (1 - P_v) + C_\lambda, & NDVI_s \leq NDVI \leq NDVI_v \\ \epsilon_{s\lambda} + C_\lambda, & NDVI > NDVI_v \end{cases} \quad (5)$$

Eşitlikte ϵ_λ yüzey emissivite değeridir, $\epsilon_{s\lambda}$ toprak emissivitesi, $\epsilon_{v\lambda}$ vejetasyon emissivite değeri, and C_λ ise yüzey pürüzlülük değeridir (0.005). Yüzey sıcaklığı değerleri Eşitlik 6 kullanılarak elde edilmiştir:

$$T_s = \frac{BT}{\left\{ 1 + \left[\left(\frac{\lambda BT}{\rho} \right) \ln \epsilon_\lambda \right] \right\}} \quad (6)$$

Eşitlikte T_s yüzey sıcaklığı değeridir (°C). λ , termal bantın ortalama dalga boyu değeri ve $\rho = 1.438 \times 10^{-2}$ mK

2.4 Uydu Görüntülerinde Ölçek Küçültme

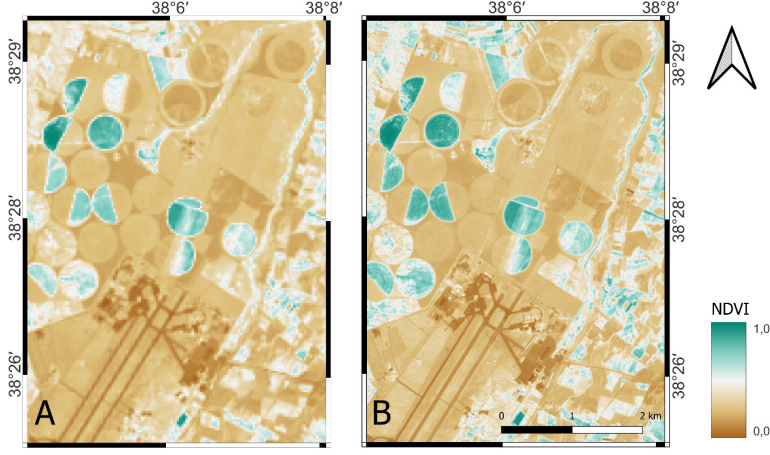
Çalışmada ölçek küçültme işlemi için aynı tarihli (10.08.2023) uydu görüntüleri kullanılmıştır. Ölçek küçültme işlemi, düşük çözünürlüklü uydu görüntüsünden hesaplanan NDVI ile T_s arasında doğrusal ilişki elde edilip, söz konusu ilişkinin yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerine entegre edilmesini içermektedir. Bu doğrultuda öncelikle Landsat 8 uydu görüntülerinden elde edilen NDVI ile T_s arasında doğrusal bir ilişki belirlenmiştir. Ardından, farklı spektral ve konumsal çözünürlüklere sahip Landsat 8 ve PlanetScope uydu görüntüleri arasında bir kalibrasyon denklemi oluşturulmuştur. Bu kapsamda, öncelikle PlanetScope uydu görüntüleri Landsat 8 uydu görüntü çözünürlüğüne getirilip kaydedilmiştir. Söz konusu görüntüler doğrusal regresyon ile birbirine kalibre edilerek iki uydu sisteminden hesaplanan NDVI değerleri arasındaki fark ortadan kaldırılmıştır. Landsat 8 NDVI

ve Ts görüntülerden elde edilen regresyon denklemi katsayıları PlanetScope uydu görüntülerine uygulanarak yüksek çözünürlüklü Ts haritası oluşturulmuştur. Söz konusu Ts haritasının çözünürlüğü ilk olarak Landsat seviyesine indirgenmiştir. Daha sonra oluşturulan yapay Ts haritası ile Landsat Ts'nin farkı alınarak her bir görüntü hücresi için tahmin hatası haritası (residual) oluşturulmuştur. Söz konusu harita oluşturulan yapay Ts haritasından çıkartılarak hata düzeltilmesi yapılmış Ts haritası elde edilmiştir. Son olarak, yapay Ts haritasının çözünürlüğü orijinal seviyesine indirgenerek nihai Ts haritası elde edilmiştir. Araştırmada kullanılan tüm formüller ve detayları Bisquert ve ark. (2016b)'de verilmiştir. Ölçeğin değiştirilmesi sonucunda oluşturulan görüntülerin başarı düzeyinin ortaya konulmasında Determinasyon Katsayısı (R^2) ve Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü (RMSE) kullanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 NDVI Bulguları

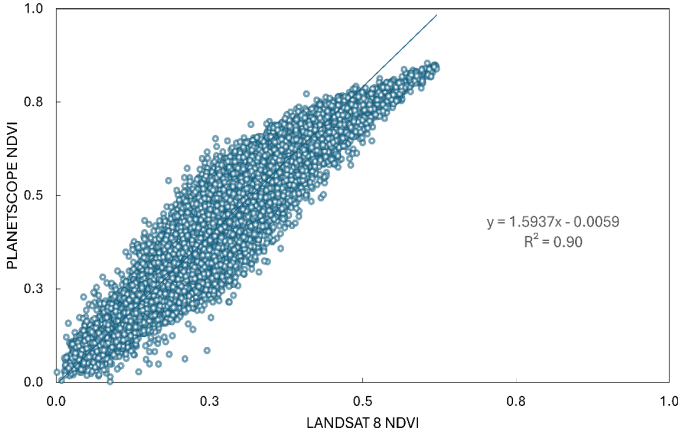
Çalışmada Landsat 8 ve PlanetScope uydu görüntülerinden NDVI haritaları oluşturulmuş ve sonuçlar Şekil 1'de verilmiştir. Hesaplanan haritalar incelendiğinde PlanetScope uydu görüntülerinden hesaplanan NDVI haritalarının Landsat 8 uydu görüntülerinden hesaplanan NDVI haritalarına oranla daha yüksek konumsal detay yakalayabildiği, özellikle parsel sınırlarını Landsat 8'e göre daha net bir şekilde ortaya koyduğu açık bir şekilde görülmektedir. Çalışma alanı içerisinde Landsat 8 uydu görüntülerinden hesaplanan NDVI değerlerinin ortalaması 0.21, standart sapması 0.08, en düşük değeri 0.001 ve en yüksek değerleri 0.62 olarak bulunmuştur. PlanetScope NDVI değerlerinin ortalaması 0.31, standart sapması 0.14, en düşük değeri 0.002 ve en yüksek değeri 0.85 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, her iki uydu verisinin de benzer NDVI değerleri ürettiğini göstermektedir. Ayrıca her iki uydu platformundan hesaplanan NDVI değerlerinin benzer değişim kalıplarını göstermiş olması, farklı sensörlerin tutarlı sonuçlar ürettiğini doğrulamaktadır.



Şekil 1. Landsat 8 (A) ve PlanetScope (B) uydu platformlarından hesaplanan NDVI haritaları.

Figure 1. NDVI maps generated using Landsat 8 (A) and PlanetScope (B) satellite platforms

İki farklı uydu platformundan hesaplanan NDVI değerlerini kalibre edebilmek amacıyla, Landsat 8 çözünürlüğüne düşürülen PlanetScope görüntüleri ile Landsat 8 uydu görüntüsünden hesaplanan NDVI değerleri karşılaştırılmış ve sonuçlar Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2 incelendiğinde, genel olarak, PlanetScope uydu görüntüsünden hesaplanan NDVI değerleri Landsat 8-NDVI'dan daha yüksek gerçekleşmiştir. PlanetScope uydu görüntülerini kalibre edebilmek için oluşturulan denklemin R^2 değeri 0.91 iken RMSE değeri ise 0.02 olarak hesaplanmıştır.

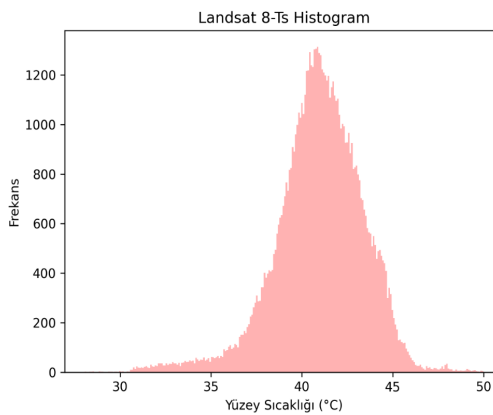


Şekil 2. Landsat 8 (A) ve PlanetScope (B) uydu platformlarından hesaplanan NDVI değerleri.

Figure 2. NDVI values obtained by using Landsat 8 (A) and PlanetScope (B) satellite platforms

3.2 Landsat 8 Termal Bulguları

Landsat 8 uydusu tarafından elde edilen termal spektral bantlar kullanılarak hesaplanan yüzey sıcaklığı değerleri, istatistiksel ve görsel analiz ile incelenmiştir. Elde edilen yüzey sıcaklığı görüntüsünün histogramı, Şekil 3'te detaylı bir şekilde verilmiştir. Buna göre, Landsat 8 termal bant görüntüsündeki yüzey sıcaklıkları 28.05 °C ile 49.98 °C arasında bir dağılım göstermektedir. Bu geniş sıcaklık aralığı, bölgenin heterojen yüzey özelliklerini yansıtmaktadır. Araştırma alanında gözlemlenen en yüksek sıcaklık frekansları, çıplak toprak ve yol gibi sınıfların hâkim olduğu bölgelerde 40.10 °C civarında yoğunlaşmıştır. Bu durum, bu tür yüzeylerin güneş ışınlarını daha fazla absorbe etme ve daha yüksek yüzey sıcaklıklarına ulaşma eğiliminde olmalarından kaynaklanmaktadır (Kalkstein ve ark., 2022; Taha ve ark., 1992). Öte yandan, tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak gerçekleştirildiği alanlarda ise daha düşük yüzey sıcaklığı değerleri (30 °C ile 35 °C arasında) hesaplanmıştır. Bu durumun, bitki örtüsü olan bölgelerde evapotranspirasyon ile soğuma işlemlerinin gerçekleştiğini ve bunun sonucunda da yüzey sıcaklığı değerlerinde azalmaya neden olması ile ilişkilendirilebilir (Tunca ve Köksal, 2024). Histogram analizinde dikkat çeken bir diğer önemli nokta da en yüksek sıcaklık değerlerinin (45 °C-50 °C) genellikle tarım dışı bölgelerde kaydedilmiş olmasıdır. Söz konusu bölgelerin albedo değerlerinin düşük olması daha fazla güneş ışınımını emerek daha yüksek sıcaklıklara ulaşmasına neden olmaktadır (Allen ve ark., 2007). Görüntüdeki ortalama sıcaklık değeri 40.95 °C olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, yüzey sıcaklığı değerlerinin çeyreklik analizi sonucunda, birinci çeyrek (Q1) değeri 39.63 °C, üçüncü çeyrek (Q3) değeri ise 42.54 °C olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, bu çalışma, Landsat 8 termal görüntülerinden elde edilen yüzey sıcaklığı verilerinin, araştırma alanının yüzey özellikleri hakkında detaylı bilgiler sunma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 3. Landsat 8 Yüzey Sıcaklığı Haritalarından Hesaplanan Histogram Grafiği.

Figure 3. Histogram graph calculated using Landsat 8 Surface Temperature map

3.3 Landsat 8 ve PlanetScope Termal Görüntülerin Karşılaştırılması

Landsat 8 termal bantından hesaplanan yüzey sıcaklığı haritası ile yüksek çözünürlüklü PlanetScope görüntülerinden yapay olarak oluşturulan yüzey sıcaklığı haritaları hesaplanmış ve sonuçlar Şekil 4'te verilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde PlanetScope görüntüleri 3 m konumsal çözünürlükle bitkisel üretim yapılan parsel içerisindeki değişimleri (araç yolu, parsel sınırları vs.) başarılı bir biçimde ortaya koyabilirken, Landsat 8 görüntüleri (30 m konumsal çözünürlük) ile söz konusu detay belirlenememiştir. Bunun yanında, her iki uydu görüntüsü için de tarımsal üretim yapılan alanlarda düşük yüzey sıcaklığı değerleri elde edilirken, yüksek sıcaklık değerleri çıplak toprak ve/veya yol arazi sınıflarının olduğu bölgelerde tespit edilmiştir.

Daha detaylı analiz gerçekleştirebilmek adına bitkisel üretim yapılan dört parselin (Şekil 4'te verilmiştir) ortalama, en küçük, en yüksek ve varyans değerleri hesaplanmış sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir. Gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre, Landsat 8 ve Planetscope uydularından elde edilen yüzey sıcaklığı verileri, her iki çalışma parselinde farklılık göstermektedir. Landsat 8 yüzey sıcaklığı verilerinden, Parsel-1 için ortalama 35.94 °C, en düşük 33.01 °C ve en yüksek 40.23 °C olarak hesaplanırken, varyans değeri ise 1.92 olarak hesaplanmıştır. Söz konusu düşük varyans değeri, Parsel-1 için hesaplanan yüzey sıcaklığının nispeten homojen bir dağılıma sahip olduğunu ve sıcaklık değerlerinin daha dar bir aralıkta yoğunlaştığını ifade etmektedir. Diğer yandan, Parsel-2 için ortalama sıcaklık 32.29 °C, en düşük sıcaklık 30.42 °C ve en yüksek sıcaklık 35.29 °C olarak tespit edilmiş, parselin varyans değeri ise 1.36 olarak hesaplanmıştır. Belirtilen bu bulgular, Parsel-2'nin yüzey sıcaklığının Parsel-1'e göre daha düşük bir ortalama sıcaklığa sahip olduğu ve daha az değişkenlik gösterdiğini ifade etmektedir.

PlanetScope verileri incelendiğinde, Parsel-1 için ortalama sıcaklık 32.00 °C, en düşük sıcaklık 26.11 °C ve en yüksek sıcaklık 42.64 °C olarak tespit edilmiş ve varyans 7.26 olarak belirlenmiştir. Bu durum, PlanetScope verilerinin, Landsat verilerine kıyasla, Parsel-1'de çok daha geniş bir yüzey sıcaklığı aralığı ve yüksek varyans ile karakterize edildiğini göstermektedir. Parsel-2 için ise ortalama sıcaklık 32.38 °C, en düşük sıcaklık 28.54 °C ve en yüksek sıcaklık 39.27 °C olarak hesaplanmış, varyans 1.97 olarak ölçülmüştür. Bu, Parsel-2'nin yüzey sıcaklığı verilerinin de PlanetScope ile daha geniş bir aralıkta olduğunu ve Landsat verilerine göre daha yüksek bir varyans gösterdiğini belirtmektedir.

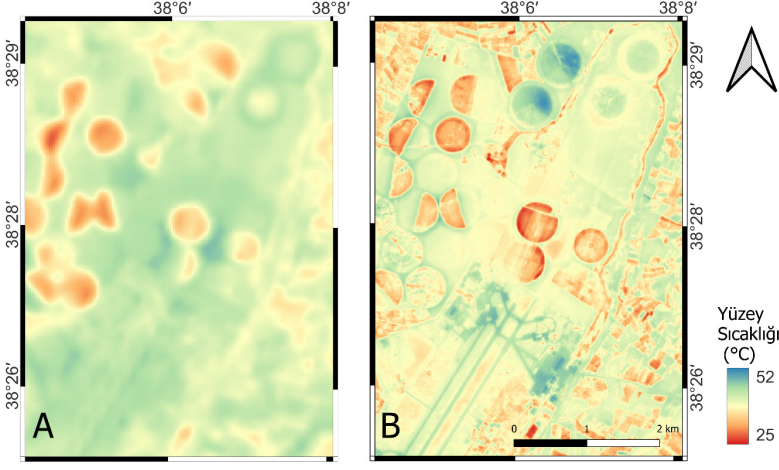
Parsel-3 ve Parsel-4 incelendiğinde, Landsat 8 yüzey sıcaklığı görüntülerinde varyans değerleri sırasıyla 5.74 ve 0.07 olarak hesaplanmıştır. Bu durum, Parsel-4 yüzey sıcaklığı değerlerinin oldukça homojen dağılım gösterdiğini ifade etmektedir. Ortalama sıcaklıklar incelendiğinde ise sırasıyla 36.73 °C ve 41.78 °C olarak tespit edilmiştir. PlanetScope görüntülerinden elde edilen yüzey sıcaklığı değer-

leri incelendiğinde ise benzer bir varyans değerlerinin hesaplandığı (5.13 ve 1.80) ancak ortalama ve en yüksek sıcaklık değerleri Landsat'a göre Parsel 3 için daha yüksek ve Parsel-4 için ise daha düşük tahmin edilmiştir. Söz konusu farklılıkların en önemli sebebi, PlanetScope görüntülerinden elde edilen yüzey sıcaklığı haritalarının yapay olarak NDVI indeksine dayalı olarak üretilmiş olmasıdır. NDVI, bitki örtüsünün sağlığını ve yoğunluğunu gösteren bir indekstir ve düşük vejetasyon seviyeleri, yüzey sıcaklığı tahminlerinin doğruluğunu etkileyebilir. Özellikle, vejetasyon seviyesinin düşük olduğu parsellerde, NDVI'ye dayalı yüzey sıcaklığı tahminleri gerçek değerlerden sapmalar meydana gelmektedir. Landsat verilerinde ise doğrudan termal bantlardan ölçüm yapıldığı için, bu tür bir sapma meydana gelmemektedir. Bu durum, sulama uygulamalarının yeni başladığı bir dönemde özellikle belirgin olabilir. Landsat, sulama sonrası oluşan yüzey sıcaklığı değişimlerini daha doğru bir şekilde yakalayabilirken, PlanetScope'un NDVI'ye dayalı modeli sulama etkisini yeterince dikkate alamayarak hatalı tahminler yapmış olabilir.

Çizelge 3. Araştırma alanında yer alan bazı parsellere ait ortalama, en düşük, en yüksek ve varyans yüzey sıcaklığı değerleri

Table 3. The average, minimum, maximum, and variance land surface temperature values of some parcels located within the research area

		Ortalama	En Düşük	En Yüksek	Varyans
Landsat	Parsel-1	35.94	33.01	40.23	1.92
	Parsel-2	32.29	30.42	35.29	1.36
	Parsel-3	36.73	31.89	40.92	5.74
	Parsel-4	41.78	41.14	42.67	0.07
PlanetScope	Parsel-1	32.00	26.11	42.64	7.26
	Parsel-2	32.38	28.54	39.27	1.97
	Parsel-3	46.16	39.23	51.29	5.13
	Parsel-4	32.97	27.56	36.26	1.80



Şekil 4. Landsat 8 (A) ve PlanetScope (B) uydu platformlardan hesaplanan yüzey sıcaklığı haritaları.

Figure 4. Surface temperature maps generated using Landsat 8 (A) and PlanetScope (B) satellite platforms

Genel olarak, PlanetScope verileri, her iki parsel için de Landsat verilerine göre daha yüksek maksimum sıcaklık değerleri ve daha geniş varyanslar sergilemektedir. Bu durum, PlanetScope'un daha yüksek konumsal çözünürlüğünün, yüzey sıcaklığındaki küçük ölçekli değişimleri daha iyi yakalayabileceğini ve bu nedenle daha geniş bir sıcaklık aralığı ve varyans ortaya çıkarabileceğini göstermektedir. Ancak, bu durum aynı zamanda, PlanetScope verilerinin, özellikle yüksek ve düşük sıcaklık değerlerinde, daha fazla aşırı değerlere sahip olabileceğini de göstermektedir, bu da uç sıcaklık değerlerine dayalı uygulamalar için veri kalitesini etkileyebilir. Landsat verilerinin daha düşük varyansları, geniş alanlı ve daha homojen yüzey sıcaklığı dağılımlarını temsil etme eğiliminde olduğunu gösterir. Bu, özellikle büyük ölçekli tarım alanlarının izlenmesi, çevresel izleme ve arazi kullanım planlaması gibi uygulamalarda önem arz etmektedir. Ancak PlanetScope görüntülerinden elde edilen düşük NDVI değerleri, özellikle vejetasyon seviyesinin düşük olduğu ve sulama uygulaması yapılan alanlarda yüzey sıcaklığı tahminlerinde hatalı tahminler oluşturabilmektedir. Bu tür durumlarda, yapay zeka tekniklerinin kullanılması, tahminlerin doğruluğunu artırmak için etkili bir yöntem olarak kullanılabilir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada Landsat 8 ve PlanetScope görüntülerinden elde edilen spektral vejetasyon indeksi (NDVI) değerlerinin karşılaştırılması ve Landsat 8 uydu görüntülerinden NDVI ve yüzey sıcaklığı değerleri arasında oluşturulan modelin PlanetScope a uygulanması ve nihayetinde yüksek çözünürlüklü yüzey sıcaklığı haritaları oluşturulmuştur. Söz konusu haritalar Landsat 8 haritaları ile hem görsel hem de istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Oluşturulan NDVI haritalarında, PlanetScope'un daha yüksek konumsal detay sağladığı ve parsel sınırlarını daha net bir şekilde ortaya koyduğu belirlenmiştir. Ayrıca, her iki uydu platformundan elde edilen verilerin farklı sınıf türleri için benzer değişim kalıplarını sergilemesi, araştırmada kullanılan sensörlerin birbiriyle tutarlı sonuçlar ürettiğini göstermektedir.

Landsat 8 uydu görüntülerinden hesaplanan termal haritanın, çalışma alanının heterojen yüzey özelliklerini başarıyla yansıttığını ortaya koymuştur. Çıplak toprak ve yolların yüksek sıcaklık değerleri sergilemesi, bu yüzeylerin ısıyı daha fazla absorbe etme eğiliminde olduğunu gösterirken, tarımsal alanlarda daha düşük sıcaklık değerlerinin gözlemlenmesi, bitki örtüsünün terleme ve buharlaşma ile soğutucu etkisine işaret etmektedir. PlanetScope görüntüleri kullanılarak yapay olarak oluşturulan termal haritaların, düşük ve yüksek sıcaklık değerlerinde aşırı değerlere sahip olabileceği ve bu durumun özellikle düşük vejetasyon seviyesine veya sulama uygulamalarının yapıldığı tarım alanlarında hatalı tahminlere neden olabileceği belirlenmiştir. Yapay zekâ teknikleri, özellikle doğrusal olmayan ilişkileri modellemek ve karmaşık veri yapılarından anlamlı örüntüler çıkarmak konusunda oldukça başarılı sonuçlar üretmektedir. Söz konusu teknikler, düşük NDVI değerlerinin yüzey sıcaklığı tahminlerine olan etkisini daha iyi anlamak ve bu tahminleri iyileştirmek için kullanılabilir. Özellikle, derin öğrenme ve konvolüsyonel sinir ağları gibi gelişmiş modelleme teknikleri, yüksek çözünürlüklü uydudan elde edilen verilerin karmaşıklığını işleyebilir ve daha doğru tahminler üretebilir. Ayrıca gelecekte yapılacak çalışmalarda farklı uydu sensörlerinin farklı örtü sınıfları üzerindeki performanslarının değerlendirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

KAYNAKLAR

- Agam, N., Kustas, W.P., Anderson, M.C., Li, F., Neale, C.M., 2007. A vegetation index based technique for spatial sharpening of thermal imagery. *Remote Sens Environ.* 107, 545-558.
- Alemayehu, T., van Griensven, A., Senay, G.B., Bauwens, W., 2017. Evapotranspiration mapping in a heterogeneous landscape using remote sensing and global weather datasets: Application to the Mara Basin, East Africa. *Remote Sens-Basel*, 9, 390.
- Allen, R.G., Tasumi, M., Trezza, R., 2007. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC)—Model. *J Irrig Drain Eng.* 133, 380-394.
- Bisquert, M., Sánchez, J., López-Urrea, R., Caselles, V., 2016a. Estimating high resolution evapotranspiration from disaggregated thermal images. *Remote Sens Environ.* 187, 423-433.
- Bisquert, M., Sánchez, J.M., Caselles, V., 2016b. Evaluation of disaggregation methods for downscaling MODIS land surface temperature to Landsat spatial resolution in Barrax test site. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 9, 1430-1438.
- Boyte, S.P., Wylie, B.K., Rigge, M.B., Dahal, D., 2018. Fusing MODIS with Landsat 8 data to downscale weekly normalized difference vegetation index estimates for central Great Basin rangelands, USA. *GIScience & remote sensing*, 55, 376-399.
- Cevik Degerli, B., Cetin, M., 2023. Evaluation of UTFVI index effect on climate change in terms of urbanization. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 75273-75280.
- Che, X., Yang, Y., Feng, M., Xiao, T., Huang, S., Xiang, Y., Chen, Z., 2017. Mapping extent dynamics of small lakes using downscaling MODIS surface reflectance. *Remote Sens-Basel*, 9, 82.
- Cruz, J., Santos, J., Blanco, A., 2020. Spatial disaggregation of Landsat-derived land surface temperature over a heterogeneous urban landscape using planetscope image derivatives. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 115-122.
- Jeevalakshmi, D., Reddy, S., Manikiam, B., 2017. Land surface temperature retrieval from LANDSAT data using emissivity estimation. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12, 9679-9687.
- Jiang, H., Shen, H., Li, H., Lei, F., Gan, W., Zhang, L., 2017. Evaluation of multiple downscaled microwave soil moisture products over the central Tibetan Plateau. *Remote Sens-Basel*, 9, 402.
- Kalkstein, L.S., Eisenman, D.P., de Guzman, E.B., Sailor, D.J., 2022. Increasing trees and high-albedo surfaces decreases heat impacts and mortality in Los Angeles, CA. *International journal of biometeorology*, 66, 911-925.
- Ke, Y., Im, J., Park, S., Gong, H., 2016. Downscaling of MODIS one kilometer evapotranspiration using Landsat-8 data and machine learning approaches. *Remote Sens-Basel*, 8, 215.
- Knipper, K., Hogue, T., Scott, R., Franz, K., 2017. Evapotranspiration estimates derived using multi-platform remote sensing in a semiarid region. *Remote Sens-Basel*, 9, 184.
- Sobrinho, J.A., Del Frate, F., Drusch, M., Jiménez-Muñoz, J.C., Manunta, P., Regan, A., 2016. Review of thermal infrared applications and requirements for future high-resolution sensors. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 54, 2963-2972.
- Taha, H., Sailor, D.J., Akbari, H., 1992. High-albedo materials for reducing building cooling energy use. *Energy & Environment Division*.
- Taner, S.Ç., Köksal, E., Tunca, E., 2022. Evaluation of the effects of alternative cold and hot cells on evapotranspiration mapping in the METRIC. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 37 (2), 219 - 242.
- Tianjie, Z., Jiancheng, S., Hongxin, X., Yanlong, S., Deqing, C., Qian, C., Li, J., HUANG, S., Shengda, N., Xiuwei, L., 2021. Comprehensive remote sensing experiment of water cycle and energy balance in the Shandian river basin. *National Remote Sensing Bulletin*, 25, 871-887.
- Tomlinson, C.J., Chapman, L., Thornes, J.E., Baker, C., 2011. Remote sensing land surface temperature for meteorology and climatology: A review. *Meteorological Applications*, 18, 296-306.
- Tunca, E., Köksal, E.S., 2024. Evaluating the impact of different UAV thermal sensors on evapotranspiration estimation. *Infrared Physics & Technology*, 136, 105093.
- Wang, Q., Rodriguez-Galiano, V., Atkinson, P.M., 2017. Geostatistical solutions for downscaling remotely sensed land surface temperature. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 913-917.
- Yang, J., Gong, P., Fu, R., Zhang, M., Chen, J., Liang, S., Xu, B., Shi, J., Dickinson, R., 2013. The role of satellite remote sensing in climate change studies. *Nature climate change*, 3, 875-883.