

AKÜ FEMÜBİD 19 (2019) 035506 (769-777)

AKU J. Sci. Eng. 19 (2019) 035506 (769-777)

DOI: 10.35414/akufemubid.559576

Araştırma Makalesi / Research Article

Işınım Transferi Denklemi Baz Alınarak Yer Yüzey Sıcaklığının Landsat-8 Uydu Verileri ile Haritalanması

Aliihsan ŞEKERTEKİN¹¹ Çukurova Üniversitesi, Ceyhan Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Ceyhan, Adana.e-posta: aliihsan_sekertekin@hotmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4715-5160>

Geliş Tarihi: 01.05.2019; Kabul Tarihi: 15.11.2019

Öz

Bu çalışmanın amacı Landsat-8 uydu verileri ve Işınım Transferi Denklemi (RTE) kullanılarak Yer Yüzey Sıcaklığının (YYS) konumsal olarak elde edilmesidir. Çalışma kapsamında 27 Eylül 2018 tarihli Landsat-8 verisi kullanılmış ve Adana ili Ceyhan ilçe sınırları çalışma alanı olarak seçilmiştir. RTE yöntemi ile YYS çıkarımında atmosferik geçirgenlik (τ_λ), aşağı yönlü atmosferik ışınım (L_λ^\downarrow) ve yukarı yönlü atmosferik ışınım (L_λ^\uparrow) gerekli atmosferik parametrelerdir. Bu parametreler, Amerikan Uzay Ajansı (NASA) tarafından çevrimiçi yayınlanan atmosferik düzeltme parametresi hesaplayıcı tarafından hesaplanmıştır. YYS çıkarımında bir diğer önemli parametre olan yüzey yansıtıcılığı (ϵ_λ) Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI) kullanılarak hesaplanmıştır. Uygulama sonucunda YYS haritası ERDAS Imagine uzaktan algılama yazılımı yardımıyla oluşturulmuş ve yersel veri olmadığı için aynı gün alınan MODIS YYS verisi ile karşılaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırma sonucunda korelasyon katsayısı 0.91 ve Karesel Ortalama Hata (KOH) 3.93 K olarak belirlenmiştir. RTE yöntemi kullanılarak hızlı bir şekilde YYS haritalarının üretimi ile zamansal ve konumsal analizler yapılarak bölgesel iklim değişikliği çalışmalarında önemli sonuçlar elde edilecektir.

Anahtar kelimeler

Yer Yüzey Sıcaklığı;
Yüzey Isı Adası;
Işınım Transferi
Denklemleri; Ceyhan

Mapping of Land Surface Temperature Using Landsat-8 Satellite Data Based on the Radiative Transfer Equation

Abstract

The aim of this study is to retrieve Land Surface Temperature (LST) using Landsat-8 satellite data and Radiative Transfer Equation (RTE) method. Within the scope of the study, Landsat-8 data acquired on 27 September 2018 was used as satellite imagery and Ceyhan district of Adana province was selected as the study area. Atmospheric transmittance (τ_λ), downwelling atmospheric radiance (L_λ^\downarrow) and upwelling atmospheric radiance (L_λ^\uparrow) are the required atmospheric parameters for LST retrieval based on RTE method. These parameters were calculated by the atmospheric correction parameter calculator, which is published online by the American National Aeronautics and Space Administration (NASA). Surface emissivity (ϵ_λ), which is another important parameter in LST retrieval, was calculated using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). As a result of the application, LST map was created using ERDAS Imagine remote sensing software and the cross-validation process was performed with MODIS LST product obtained in the same day with Landsat-8 data. As a result of the cross-validation, correlation coefficient was determined as 0.91 and the Root Mean Square Error (RMSE) was obtained as 3.93 K. Important results will be obtained in regional climate change studies by generating LST maps expeditiously from RTE method and conducting their temporal and spatial analyses.

Keywords

Land Surface
Temperature (LST);
Surface Heat Island
(SHI); Radiative
Transfer Equation
(RTE); Ceyhan

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Uzaktan algılama, farklı platformlardan ve sensörlerden elde edilen verilerle dünya kaynaklarının gözlenmesini sağlayan önemli bir teknolojidir ve geleneksel yöntemlere kıyasla daha

ucuz, doğru ve daha hızlı sonuçlarla büyük ölçekte çalışma olanağı sunmaktadır. Termal (Isıl) uzaktan algılama, öncelikle elektromanyetik spektrumun termal kızılötesi (TIR) bölgesinde elde edilen verilerin edinilmesi, işlenmesi ve yorumlanması ile

ilgilenen uzaktan algılama dallarından biridir (Prakash 2000). Termal uzaktan algılama, yüzey sıcaklığını tahmin etmek için öncelikle yerden yayılan radyasyonu kaydeder. Yüzey sıcaklığına ek olarak, yüzey yansırılığı (Sobrino *et al.* 2008), toprak nemi (Hain *et al.* 2011) ve evapotranspirasyon (Liou and Kar 2014), termal kızılötesi gözlemlerden tahmin edilen diğer önemli parametrelerdir. Yeryüzü ve atmosfer etkileşimleri ile enerji akışını yöneten bu parametrelerin doğru bir şekilde belirlenmesi büyük önem arz etmektedir (Wan *et al.* 2002).

Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS), dünya yüzeyinin sıcaklığını temsil eder ve yüzey enerji dengesini, bölgesel iklimleri, yüzey ısı adacıklarını, ısı akışlarını ve enerji değişimlerini etkileyen kilit parametrelerden biridir (Kaya *et al.* 2012, Oettle and Stoll 1993, Şekertekin *et al.* 2016a; Wan *et al.* 2002, Weng *et al.* 2004). Birçok araştırmacı YYS'nin önemi ve YYS'nin farklı konular üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bu çalışma konularından başlıcaları; kentsel iklim çalışmaları (Arnfield 2003, Karakuş 2019, Karimi *et al.* 2017, Sahana *et al.* 2019, Şekertekin *et al.* 2015a, Şekertekin *et al.* 2015b, Şekertekin *et al.* 2016b, Yavaşlı *et al.* 2018), evapotranspirasyon (Jiang and Weng 2017), yangınların izlenmesi (Prasad *et al.* 2013), endüstriyel alanlardaki sıcak nokta (hot-spot) analizleri (Arslan 2018, Şekertekin *et al.* 2016b), YYS ile biyofiziksel indeks ilişkileri (Balcik 2014, Kumari and Sarma 2017, Roşca *et al.* 2017, Uysal and Polat 2015), su kaynakları yönetimi (Anderson *et al.* 2008), jeotermal araştırmalar (Mia *et al.* 2014, Polat *et al.* 2018, Şekertekin and Arslan 2019, Ulusoy 2016, Yalcin and Kilic Gul 2017) ve bitki gözlem çalışmalarıdır (Weng *et al.* 2004). YYS, meteoroloji istasyonlarının radyans ölçümleriyle hesaplanabilir ancak bu geleneksel yöntem, nokta bazlı ölçümler sunduğu için topoğrafyayı temsil etmez. Uzaktan algılanan TIR verileri, YYS'yi geniş hatta küresel bir ölçekte konumsal olarak tahmin etmeyi ve incelemeyi mümkün kılar.

TIR verilerinden doğru YYS hesabı yapılabilmesi; atmosferik etkilere, spektral aralık ve bakış açısı gibi sensör parametreleri ile birlikte yüzey yansırılığı ve yüzey geometrisi gibi yüzey parametrelerine bağlıdır

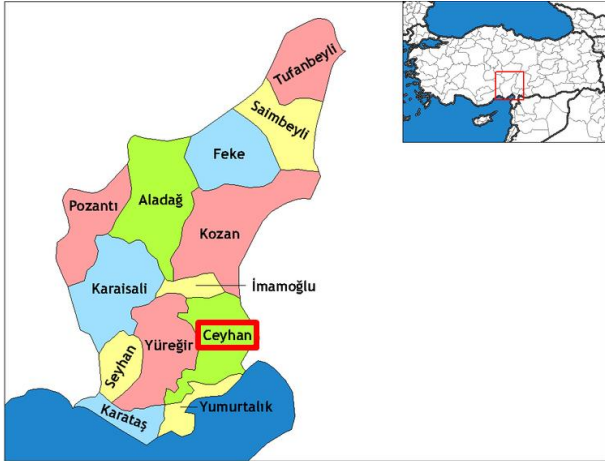
(Dash *et al.* 2001, Li and Becker 1993). Yansırılık ile beraber atmosferik geçirgenlik ve sıcaklık gibi atmosferik etkiler, TIR verilerinden YYS elde etmede iki ana faktör olduğundan birçok araştırmacı bu faktörleri dikkate alarak YYS elde edilmesi için farklı yaklaşımlar önermişlerdir (Becker and Li 1990, Gillespie *et al.* 1998, Jiménez-Muñoz and Sobrino 2003, Mao *et al.* 2005, Price 1983, Qin *et al.* 2001, Wan and Dozier 1996). TIR tabanlı YYS algoritmaları adlandırılırken, algortmada kullanılan TIR bantlarının sayısı göz önünde bulundurulur. Örneğin; tek kanal veya tek pencere algoritmaları bir adet TIR bandı kullanırken bölünmüş pencere veya çok kanallı yöntemler birden fazla TIR bandını dikkate almaktadırlar. Bölünmüş pencere algoritması (SWA: Split Window Algorithm) (Mao *et al.* 2005, Sobrino *et al.* 1996), Sıcaklık / Yansırılık ayırma (TES: Temperature Emissivity Separation) yöntemi (Gillespie *et al.* 1998), tek pencere algoritması (MWA: Mono Window Algorithm) (Qin *et al.* 2001) ve tek kanal algoritması (SCA: Single Channel Algorithm) (Jiménez-Muñoz and Sobrino 2003) uzaktan algılama uygulamalarında en yaygın kullanılan YYS elde etme yöntemleridir.

Bu çalışmanın amacı, Işınım Transferi Denklemi (RTE: Radiative Transfer Equation) baz alınarak Landsat-8 uydu verileri ile YYS haritasının oluşturulmasıdır. Çalışma alanı olarak Adana ilinin Ceyhan ilçesi seçilmiştir. Çalışmada kullanılan Landsat-8 uydu verisinin çekim tarihi 27 Eylül 2018'dir. Elde edilen YYS görüntüsünün doğruluk analizi için bölgede yeterli sayıda meteoroloji istasyonu olmaması nedeniyle MODIS YYS verisi ile karşılaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

2. Çalışma Alanı ve Materyal

Çalışma alanı olarak Adana ilinin merkez ilçeleri dışındaki en fazla nüfusa sahip olan ve Adana'ya 47 km uzaklıkta bulunan Ceyhan ilçesi seçilmiştir (Şekil 1). Ceyhan, Çukurova bölgesindeki önemli bir tarım merkezidir. İklimin ve verimli toprakların uygunluğu nedeniyle, Ceyhan'da tarımsal ürün çeşitliliği oldukça yüksektir. Buğday, pamuk, mısır, soya, yer fıstığı, nar, karpuz, narenciye ve sebzeler bölgede yetişen başlıca tarım ürünleridir. Tarımsal

faaliyetlere ek olarak, bölge önemli sanayi tesislerine de sahiptir.



Şekil 1. Çalışma alanının genel görünümü.

Çalışmada materyal olarak Landsat-8 uydu verileri ve Amerika Ulusal Uzay Ajansı (NASA) sitesinden temin edilen atmosferik parametreler kullanılmıştır. Landsat-8 uydusu, 11 Şubat 2013 tarihinde fırlatılan bir Amerikan Dünya gözlem uydusudur ve üzerinde İşlevsel Arazi Görüntüleyici (OLI: Operational Land Imager) ve Termal Kızılötesi Sensör (TIRS: Thermal Infrared Sensor) olmak üzere iki adet sensör bulunmaktadır. Çalışmada kullanılan uydu görüntüsü Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Birliği (USGS)'nin web sitesinden (<https://lpdaacsvc.cr.usgs.gov/appears/task/area>) ücretsiz olarak temin edilmiştir ve çekim tarihi 27 Eylül 2018'dir. Landsat-8 iki adet TIR banda sahiptir ve TIR-1 (10. Band) YYS hesabı için uygun olan banttır (Montanaro *et al.* 2014). YYS elde edebilmek için TIR banda ek olarak yayınlık hesabı için Kırmızı (R) ve Yakın Kızılötesi (NIR: Near-Infrared) bantlar kullanılmaktadır. Yayınlık görüntülerinin elde edilmesinde R ve NIR bantlardan elde edilen Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI) görüntüsünden faydalanılmaktadır. Detaylı bilgiler bir sonraki başlık altında sunulmuştur.

3. Yöntem

Elektromanyetik spektrumun TIR bölgesinde bulunan tek bir banttın YYS elde etmek için en uygun yöntemlerden biri, (1) nolu denkleme göre Işınım Transferi Denklemi (RTE)'nin ters çözümüdür.

$$L_{\lambda}^{\text{sen}} = [\varepsilon_{\lambda} B_{\lambda}(T_s) + (1 - \varepsilon_{\lambda}) L_{\lambda}^{\downarrow}] \tau_{\lambda} + L_{\lambda}^{\uparrow} \quad (1)$$

L_{λ}^{sen} ilgili termal bandın radyans değeridir, B_{λ} kara cisim radyansıdır, T_s , YYS'dir, ε_{λ} yüzey yayınlığı, τ_{λ} atmosferik geçirgenliktir, L_{λ}^{\downarrow} aşağı yönlü atmosferik ışıdır, L_{λ}^{\uparrow} yukarı yönlü atmosferik ışıdır. Denklem (2), (1) nolu denklem kullanılarak elde edilebilir.

$$B_{\lambda}(T_s) = \frac{L_{\lambda}^{\text{sen}} - L_{\lambda}^{\uparrow} - \tau_{\lambda}(1 - \varepsilon_{\lambda})L_{\lambda}^{\downarrow}}{\tau_{\lambda}\varepsilon_{\lambda}} \quad (2)$$

Son olarak YYS, (3) nolu denklemden Planck yasası baz alınarak elde edilir.

$$T_s = \frac{K_2}{\lambda} \left[\ln \left(\frac{K_1}{\lambda^5 \left[\frac{L_{\lambda}^{\text{sen}} - L_{\lambda}^{\uparrow}}{\tau_{\lambda}\varepsilon_{\lambda}} - \left(\frac{1 - \varepsilon_{\lambda}}{\varepsilon_{\lambda}} \right) L_{\lambda}^{\downarrow} \right] + 1} \right) \right]^{-1} \quad (3)$$

K_1 ($\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}$) ve K_2 (K) kalibrasyon sabitlerini ifade etmektedirler ve Landsat-8 TIR-1 bandı (10. Band) için bu değerler sırasıyla 774.8853 ve 1321.0789'dir. (3) nolu denklem basitleştirilerek (4) nolu denklem elde edilir ve bu denklem kullanılarak YYS hesaplanır.

$$T_s = \frac{K_2}{\ln \left(\frac{K_1}{B_{\lambda}(T_s)} + 1 \right)} \quad (4)$$

Yukarıdaki denklemler dikkate alındığında RTE ile YYS elde edilmesinde sırasıyla L_{λ}^{sen} , L_{λ}^{\uparrow} , L_{λ}^{\downarrow} , τ_{λ} ve ε_{λ} parametrelerinin hesaplanması gerekmektedir.

Landsat-8 TIR-1 için radyans dönüşümü (5) nolu denklem ile elde edilmektedir.

$$L_{\lambda}^{\text{sen}} = M_L \cdot Q_{\text{cal}} + A_L \quad (5)$$

M_L , bant-özel çarpımsal yeniden ölçeklendirme faktörüdür. A_L , bant-özel ek yeniden ölçeklendirme faktörüdür. Q_{cal} , nicelendirilmiş ve kalibre edilmiş standart ürün piksel dijital değerleridir (DN). Bu değişkenlerin tümü, Landsat 8 görüntüsünün meta veri dosyasından alınabilir.

L_{λ}^{\uparrow} , L_{λ}^{\downarrow} ve τ_{λ} atmosferik parametreleri NASA tarafından çevrimiçi yayınlanan atmosferik düzeltme parametresi hesaplayıcı (<https://atmcorr.gsfc.nasa.gov/>) kullanılarak hesaplanmıştır (Şekil 2). Bu parametreler, verinin alındığı tarih-saat ve çalışma alanının enlem ve boylam bilgileri girilerek çevrimiçi hesaplanabilmektedir.

Şekil 2. NASA tarafından yayınlanan Atmosferik düzeltme parametresi hesaplayıcısı ara yüzü.

Son parametre olan yüzey yayınlılığı (ϵ_{λ}) hesabı için farklı yöntemler olmasına karşın NDVI tabanlı yöntem pratik ve etkili bir yöntemdir (Skoković *et al.* 2014, Sobrino *et al.* 2008). Bu yöntemde, (6) nolu denklem ile elde edilen NDVI verisi üzerinde eşik değerler kullanılarak (7) nolu denklemde gösterildiği gibi yayınlılık haritaları oluşturulmaktadır.

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R} \quad (6)$$

$$\epsilon_{\lambda} = \begin{cases} 0.979 - 0.046\rho_R & NDVI < 0.2 \\ 0.971(1-P_v) + 0.987(P_v) & 0.2 \leq NDVI \leq 0.5 \\ 0.99 & NDVI > 0.5 \end{cases} \quad (7)$$

(7) nolu denklem, Skoković *et al.* (2014) tarafından yapılan çalışma sonucunda elde edilmiştir. ρ_{NIR} ve ρ_R sırasıyla NIR ve R bantlarının yansıtım görüntülerini ifade eder. Yansıtım dönüşümü için, Landsat-8 uydusuna ait kullanım kılavuzu dikkate alınmalıdır.

P_v , (8) nolu denklem ile hesaplanan oransal bitki örtüsüdür (Carlson and Ripley 1997).

$$P_v = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right]^2 \quad (8)$$

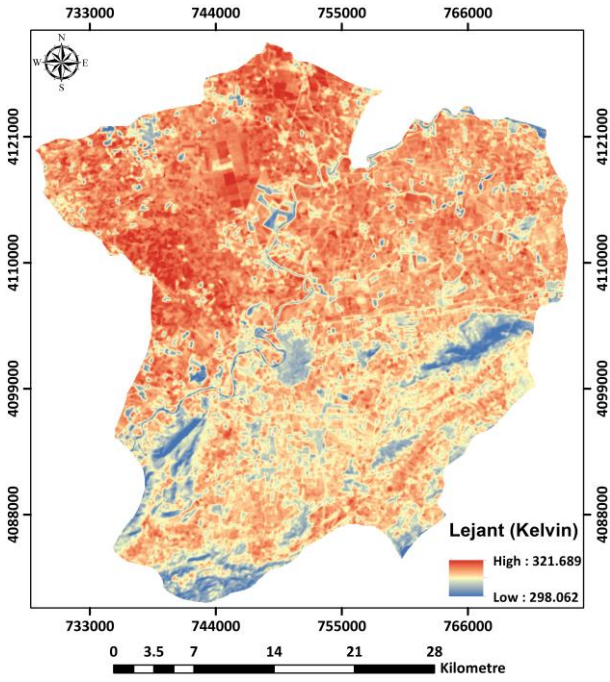
$NDVI_{max}$ ve $NDVI_{min}$, NDVI görüntüsünün histogramı dikkate alınarak elde edilen sırasıyla maksimum ve minimum NDVI değerleridir.

Yukarıda belirtilen YYS elde etme aşamaları ERDAS Imagine yazılımı ile uygulanarak elde edilen YYS haritasının doğruluk analizi için Landsat-8 verisi ile aynı gün alınan MODIS YYS verisinden faydalanılmıştır. MODIS YYS verilerinin 1 km konumsal çözünürlüğe sahip olması ve üretilen Landsat-8 YYS görüntüsünün 30 m çözünürlükte olması nedeniyle karşılaştırma yapılabilmesi için bu veri setlerinin aynı çözünürlükte ve çakıştırılmış olması gerekmektedir. Bu nedenle, elde edilen Landsat-8 YYS görüntüsü 1 km çözünürlüğe yeniden örneklenmiş ve görüntü çakıştırma işlemi (image registration) gerçekleştirilmiştir. Doğruluk değerlendirmesi için Karesel Ortalama Hata (KOH) istatistiki ölçüsü dikkate alınmıştır ve tüm pikseller doğruluk değerlendirmesinde kullanılmıştır. (9) nolu denklemde, T_L ve T_M sırasıyla Landsat ve MODIS YYS değerlerini ifade etmektedir.

$$KOH = \sqrt{\frac{\sum [T_L - T_M]^2}{n}} \quad (9)$$

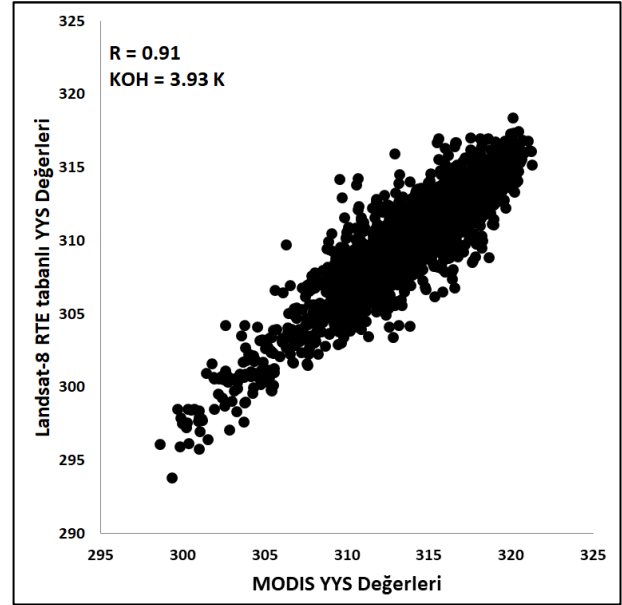
4. Bulgular ve Tartışma

Yukarıda belirtilen parametreler ve (4) nolu denklem kullanılarak elde edilen YYS haritası Şekil 3'te sunulmuştur. Şekil 3'ten anlaşılacağı üzere YYS değerleri mavi renkten kırmızı renge doğru gittikçe artmaktadır.



Şekil 3. Landsat-8 verisi ve RTE yöntemi kullanılarak elde edilen YYS haritası.

YYS görüntüsünün doğruluk değerlendirmesi için Landsat-8 verisi ile aynı gün çekimi yapılan MODIS YYS görüntüsü (MYD11A1) ile karşılaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4). Şekil 4'te Landsat-8 verisinden üretilen YYS değerleri ile MODIS YYS değerleri arasındaki korelasyon katsayısının (R) %91 gibi yüksek bir değerde olduğu ve KOH değerinin 3.93 K olduğu görülmektedir. Veriler arasındaki korelasyon katsayısı yüksek olmasına karşın KOH değerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, veri setleri arasındaki duyarlılığın fazla olmasına karşın doğruluk anlamında daha düşük olduğu anlamı taşımaktadır. Ancak bu karşılaştırma göreceli bir değerlendirme olması nedeniyle makul kabul edilebilmektedir ve çalışmanın bir kısıtlaması olarak düşünülmektedir. Ülkemizdeki meteoroloji istasyonlarının yetersiz sayıda olması ve YYS ölçümü yapmamları nedeniyle doğruluk değerlendirmelerinin farklı veri setlerinin karşılaştırılması şeklinde yapılması kaçınılmaz olmaktadır.



Şekil 4. Landsat-8 verisi ve RTE yöntemi kullanılarak elde edilen YYS haritası.

Literatürde yapılan çalışmalar ele alındığında, Yang *et al.* (2014) split-window algoritması ve Landsat-8 verilerini kullanarak Çin'in Shihezi şehri için YYS analizleri yapmışlardır. MODIS YYS ve Landsat-8 YYS görüntülerini karşılaştırarak doğal yüzeyler için 0.87, kentsel alanlar için de 0.73'lük bir korelasyon katsayısı belirlemişlerdir. Bu çalışmada, tüm çalışma alanı için belirlenen korelasyon katsayısı 0.91'dir. Li and Jiang (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da Landsat-8 ve split-window algoritması ile YYS görüntüsü üretilerek MODIS verileri ile çapraz doğrulama yapılmıştır. YYS farklarının -4 ile 1.5 K aralığında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, korelasyon katsayısının 0.97 olduğu belirtilmiştir. Nikam *et al.* (2016) yaptıkları çalışmada Hindistan'daki Mula sulama alanı için Landsat-8 verileri ve RTE yöntemi ile YYS analizi yapmışlardır. MODIS YYS verileri ile yaptıkları karşılaştırmada RTE tabanlı YYS ile 0.894'lük korelasyon elde etmişlerdir. Bu çalışma kapsamında da yakın korelasyon katsayısı hesaplanırken diğer çalışmalarda KOH değeri ele alınmamıştır. Yu *et al.* (2014) yaptıkları çalışmada, üç YYS elde etme yöntemini yersel verilerle karşılaştırdıklarında RTE yönteminin 1.0 K'den düşük KOH değeri ile en iyi yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Çapraz doğrulama yönteminde doğruluk, veri yapılarının konumsal ve zamansal uyumları ile uyduların bakış açılarına göre değişim göstermektedir (Li *et al.* 2013). Bu çalışmada, KOH

değerinin 3.93 K gibi yüksek bir değerde olduğu görülmektedir ve bu durumun önceki cümlede belirtilen nedenlerden dolayı olabileceği düşünülmektedir. Çalışma alanında yersel YYS verisi alınacak istasyon olmaması nedeniyle MODIS verilerinin doğrulama amaçlı kullanılması çalışmanın kısıtlaması olarak görülmektedir. YYS açısından ülkemizde meteorolojik altyapısının olmaması üretilen verilerin birbirleri ile karşılaştırılması ihtiyacını beraberinde getirmektedir.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada, RTE yöntemi ve Landsat-8 uydu verileri kullanılarak Ceyhan şehri için YYS haritasının elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda 27 Eylül 2018 tarihli Landsat-8 uydu görüntüsü kullanılmıştır. RTE yöntemi ile YYS çıkarımında kullanılan atmosferik parametreler NASA tarafından çevrimiçi yayınlanan atmosferik parametre hesaplayıcısı kullanılarak hesaplanmıştır. Bir diğer önemli parametre olan yüzey yansırılığı da NDVI eşik değeri yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen YYS görüntüsü Şekil 3'te sunulmuştur.

YYS haritasının doğruluk değerlendirmesi için çalışma alanında yeterli sayıda meteoroloji istasyonu bulunmadığı için aynı tarihli MODIS YYS verisi ile karşılaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan karşılaştırma sonucunda %91 korelasyon ve 3.93 K KOH değeri hesaplanmıştır. Bulgular dikkate alındığında RTE yöntemi ve Landsat-8 verisi ile etkili bir şekilde YYS haritası oluşturulabilmektedir. Bu yöntemle hızlı bir şekilde elde edilebilecek YYS haritaları zamansal ve konumsal analizlere tabi tutularak bölgesel iklim çalışmalarına katkı sağlayacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma, FBA-2018-10799 proje numarası ile Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

6. Kaynaklar

Anderson, M. C., Norman, J. M., Kustas, W. P., Houborg, R., Starks, P. J., and Agam, N., 2008. A thermal-based

remote sensing technique for routine mapping of land-surface carbon, water and energy fluxes from field to regional scales. *Remote Sensing of Environment*, **112(12)**, 4227–4241.

Arnfield, A. J., 2003. Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology*, **23(1)**, 1–26.

Arslan, N., 2018. Identification of hotspots using different statistical methods in a region of manufacturing plants. *Environmental Monitoring and Assessment*, **190(9)**, 550.

Balcik, F., 2014. Determining the impact of urban components on land surface temperature of Istanbul by using remote sensing indices. *Environmental Monitoring and Assessment*, **186(2)**, 859–872.

Becker, F., and Li, Z. L., 1990. Toward a local split window method over land surface. *International Journal of Remote Sensing*, **11:3**, 369-393.

Carlson, T. N., and Ripley, D. A., 1997. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, **62(3)**, 241–252.

Dash, P., Göttsche, F.-M., Olesen, F., and Fischer, H., 2001. Retrieval of land surface temperature and emissivity from satellite data: Physics, theoretical limitations and current methods. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, **29(1-2)**, 23–30.

Gillespie, A., Rokugawa, S., Matsunaga, T., Steven Cothorn, J., Hook, S., and Kahle, A. B., 1998. A temperature and emissivity separation algorithm for advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER) images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **36(4)**, 1113–1126.

Hain, C. R., Crow, W. T., Mecikalski, J. R., Anderson, M. C., and Holmes, T. (2011). An intercomparison of available soil moisture estimates from thermal infrared and passive microwave remote sensing and land surface modeling. *Journal of Geophysical Research*, **116**, D15107.

Jiang, Y., and Weng, Q., 2017. Estimation of hourly and daily evapotranspiration and soil moisture using

- downscaled LST over various urban surfaces. *GIScience & Remote Sensing*, **54(1)**, 95–117.
- Jiménez-Muñoz, 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**(April), 8112.
- Karakuş, C. B., 2019. The Impact of Land Use/Land Cover (LULC) Changes on Land Surface Temperature in Sivas City Center and Its Surroundings and Assessment of Urban Heat Island. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, **55(4)**, 669–684.
- Karimi, A., Pahlavani, P., and Bigdeli, B., 2017. Land Use Analysis on Land Surface Temperature in Urban Areas Using a Geographically Weighted Regression and Landsat 8 Imagery, A Case Study: Tehran, Iran. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, **XLII-4/W4**, 117–122.
- Kaya, S., Basar, U. G., Karaca, M., and Seker, D. Z., 2012. Assessment of Urban Heat Islands Using Remotely Sensed Data. *Ekoloji*, **21(84)**, 107–113.
- Kumari, M., and Sarma, K., 2017. Changing trends of land surface temperature in relation to land use/cover around thermal power plant in Singrauli district, Madhya Pradesh, India. *Spatial Information Research*, **25(6)**, 769–777.
- Li, S., and Jiang, G.-M., 2018. Land Surface Temperature Retrieval From Landsat-8 Data With the Generalized Split-Window Algorithm. *IEEE Access*, **6**, 18149–18162.
- Li, Z.-L., and Becker, F., 1993. Feasibility of land surface temperature and emissivity determination from AVHRR data. *Remote Sensing of Environment*, **43(July 1992)**, 67–85.
- Li, Z., Tang, B.-H., Wu, H., Ren, H., Yan, G., Wan, Z., ... Sobrino, J. A., 2013. Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives. *Remote Sensing of Environment*, **131**, 14–37.
- Liou, Y.-A., and Kar, S., 2014. Evapotranspiration Estimation with Remote Sensing and Various Surface Energy Balance Algorithms—A Review. *Energies*, **7(5)**, 2821–2849.
- Mao, K., Qin, Z., Shi, J., and Gong, P., 2005. A practical split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from MODIS data. *International Journal of Remote Sensing*, **26(15)**, 3181–3204.
- Mia, M. B., Nishijima, J., and Fujimitsu, Y., 2014. Exploration and monitoring geothermal activity using Landsat ETM+images. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **275**(August 2007), 14–21.
- Montanaro, M., Gerace, A., Lunsford, A., and Reuter, D., 2014. Stray Light Artifacts in Imagery from the Landsat 8 Thermal Infrared Sensor. *Remote Sensing*, **6(11)**, 10435–10456.
- Nikam, B. R., Ibragimov, F., Chouksey, A., Garg, V., and Aggarwal, S. P., 2016. Retrieval of land surface temperature from Landsat 8 TIRS for the command area of Mula irrigation project. *Environmental Earth Sciences*, **75(16)**, 1169.
- Ottle, C., and Stoll, M., 1993. Effect of atmospheric absorption and surface emissivity on the determination of land surface temperature from infrared satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, **14(10)**, 2025–2037.
- Polat, N., Dereli, M. A., Uğur, M. A., ve Yalçın, M., 2018. Termal Uydu Görüntülerinin Jeotermal Kaynak Araştırmasında Kullanılabilirliğinin Araştırılması: Afyonkarahisar Örneği. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, **3(3)**, 1–7.
- Prakash, A., 2000. Thermal Remote Sensing : Concepts , Issues and Applications. In *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, **Vol. XXXIII**, pp. 239–243, Amsterdam.
- Prasad, N., Bandi, R. G., and Padmaja, B., 2013. Monitoring and Extracting Abnormalities in Land Surface Temperature Images for Automatic Identification of Forest Fires. In *2013 European Modelling Symposium* (pp. 215–219).
- Price, J. C., 1983. Estimating surface temperatures from satellite thermal infrared data-A simple formulation for the atmospheric effect. *Remote Sensing of Environment*, **13(4)**, 353–361.
- 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(18)**, 3719–3746.
- Roşca, C. F., Harpa, G. V., Croitoru, A.-E., Herbel, I., Imbroane, A. M., and Burada, D. C., 2017. The impact of climatic and non-climatic factors on land surface temperature in southwestern Romania. *Theoretical and Applied Climatology*, **130(3–4)**, 775–790.
- Sahana, M., Dutta, S., and Sajjad, H., 2019. Assessing land transformation and its relation with land surface temperature in Mumbai city, India using geospatial techniques. *International Journal of Urban Sciences*, **23(2)**, 205–225.
- Sekertekin, A., and Arslan, N. (2019). Monitoring thermal anomaly and radiative heat flux using thermal infrared satellite imagery – A case study at Tuzla geothermal region. *Geothermics*, **78**(July 2018), 243–254.
- Sekertekin, A., Kutoglu, S. H., and Kaya, S., 2016a. Evaluation of spatio-temporal variability in Land Surface Temperature: A case study of Zonguldak, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, **188(1)**, 30.
- Şekertekin, A., Kutoglu, Ş. H., Kaya, S., and Marangoz, A. M., 2015a. Analysing the Effects of Different Land Cover Types on Land Surface Temperature Using Satellite Data. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, **XL-1-W5(1W5)**, 665–667.
- Sekertekin, A., Kutoglu, S. H., Marangoz, A. M., and Kaya, S., 2016b. The Surface Heat Island Effect of Urbanization: Spatial-Temporal Analysis. In *4th International Geography Symposium* (pp. 80–87).
- Şekertekin, Al, Kutoğlu, Ş. H., Kaya, Ş., ve Marangoz, A. M., 2015b. Uydu Verileri ile Arazi Örtüsündeki Yer Yüzey Sıcaklığı Değişimlerinin Analizi: Zonguldak Örneği, Türkiye. In *15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*.
- Şekertekin, A., Kutoglu, Ş. H., Kaya, S., Marangoz, A. M., 2016b. Monitoring The Surface Heat Island (SHI) Effects Of Industrial Enterprises. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, **XLI-B6**, 289–293.
- Skoković, D., Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., Sòria, G., Julien, Y., Mattar, C., and Cristóbal, J., 2014. Calibration and Validation of land surface temperature for Landsat 8-TIRS sensor. In *LPVE2014 - Workshop on Land Product Validation and Evolution (ESA-ESRIN)* (pp. 6–9). Frascati/ITALY.
- Sobrino, J. A., Jimenez-Muoz, J. C., Soria, G., Romaguera, M., Guanter, L., Moreno, J., ... Martinez, P., 2008. Land Surface Emissivity Retrieval From Different VNIR and TIR Sensors. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **46(2)**, 316–327.
- Sobrino, J. A., Li, Z., 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**(September 2012), 2089–2114.
- Ulusoy, İ., 2016. Temporal radiative heat flux estimation and alteration mapping of Tendürek volcano (eastern Turkey) using ASTER imagery. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **327**, 40–54.
- Uysal, M., and Polat, N., 2015. An investigation of the relationship between land surface temperatures and biophysical indices retrieved from Landsat TM in Afyonkarahisar (Turkey). *Tehnicki Vjesnik - Technical Gazette*, **22(1)**, 177–181.
- Wan, Z., and Dozier, J., 1996. A generalized split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from space. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **34(4)**, 892–905.
- Wan, Z., Zhang, Y., Zhang, Q., and Li, Z. liang., 2002. Validation of the land-surface temperature products retrieved from terra moderate resolution imaging spectroradiometer data. *Remote Sensing of Environment*, **83(1–2)**, 163–180.
- Weng, Q., Lu, D., and Schubring, J., 2004. Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*, **89(4)**, 467–483.
- Yalcin, M., and Kilic Gul, F., 2017. A GIS-based multi criteria decision analysis approach for exploring geothermal resources: Akarcay basin (Afyonkarahisar). *Geothermics*, **67**, 18–28.
- Yang, L., Cao, Y., Zhu, X., Zeng, S., Yang, G., He, J., and Yang, X., 2014. Land surface temperature retrieval for

arid regions based on Landsat-8 TIRS data: a case study in Shihezi, Northwest China. *Journal of Arid Land*, **6(6)**, 704–716.

Yavaşlı, D. D., Ölgen, K., and Zoğal, V., 2018. Are Summer Resorts Cooler in Summer? A Case Study of İzmir Province. *Aegean Geographical Journal*, **27(2)**, 127–134.

Yu, X., Guo, X., and 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.