

NDVI ve LST Faktörlerinin Kentsel Alanlarda Gayrimenkul Değeri Üzerindeki Etkisinin Araştırılması: Ankara, İstanbul, İzmir ve Mersin Örneği

Investigating the Impact of NDVI and LST Factors on Real Estate Values in Urban Areas: Ankara, Istanbul, Izmir and Mersin Cases

Selin Uyar^{1*}, Muzaffer Can İban²

¹Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Programı, 33343, Mersin/Türkiye.

²Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 33343, Mersin/Türkiye.

ARAŞTIRMA MAKALESİ

*Sorumlu yazar:

Selin Uyar
slnuayarr@gmail.com

doi: 10.48123/rsgis.1423218

Yayın süreci

Geliş tarihi: 21.01.2024
Kabul tarihi: 06.05.2024
Basım tarihi: 26.09.2024

Özet

Bu çalışma, Ankara, İstanbul, İzmir ve Mersin kentlerinin merkezi ilçelerindeki ortalama konut satış fiyatları ile bu kentlerdeki Arazi Yüzey Sıcaklığı (LST) ve Normalleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) arasındaki ilişkiyi bir regresyon analizi yöntemi ile incelemektedir. Temel amaç, farklı arazi kullanımı ve iklim koşullarına sahip kentler arasındaki NDVI ve LST değerlerindeki farklılıkları gözlemlemek ve bu değişkenlerin gayrimenkul fiyatlarına nasıl katkıda bulunduğunu anlamaktır. Mahallelere ait ortalama konut satış değerleri Endeksa.com sitesinden, NDVI ve LST değerleri ise Landsat 8 uydu görüntülerinden elde edilmiştir. Kentlere ait mahallelerin ortalama satış değeri ile NDVI ve LST arasında anlamlı bir ilişkinin olup olmadığını denetlemek için R^2 skoru ve p-değer ölçütleri kullanılarak regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. NDVI ve LST'nin İstanbul'un Eyüp, Bahçelievler ve Çekmeköy ilçelerinde konut satış fiyatları üzerinde güçlü etkileri olduğu ($R^2 > 0,7$), Ankara'nın Çankaya ve İzmir'in Güzelbahçe ilçesinde ise daha hafif bir etkisi olduğu, Mersin Yenişehir ilçesinde ise diğer ilçelere göre daha yüksek etkisi olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın bulguları, kentlerdeki gayrimenkul piyasasına yeşil alan varlığının ve termal konforun nasıl etki ettiğini mahalle ölçeğinde tespit ederek, kentsel araştırmalara katkı sağlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Gayrimenkul değeri, LST, NDVI, Regresyon, Kentsel iklim

Abstract

This study examines the relationship between average housing prices in central districts of Ankara, Istanbul, Izmir, and Mersin and Land Surface Temperature (LST) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in these cities through a regression analysis method. The primary aim is to observe differences in NDVI and LST values among cities with different land uses and climatic conditions and understand how these variables contribute to real estate prices. Average housing sales values for neighborhoods were obtained from Endeksa.com website, while NDVI and LST values were derived from Landsat 8 satellite images. Regression analysis was performed using R^2 scores and p-values as criteria to examine whether there is a significant relationship between average neighborhood sales values and NDVI and LST. The study found that NDVI and LST have a strong impact on housing prices in Istanbul's Eyüp, Bahçelievler, and Çekmeköy districts ($R^2 > 0.7$), a milder effect in Ankara's Çankaya and Izmir's Güzelbahçe districts, and a higher impact in Mersin's Yenişehir district compared to other districts. The findings of the study contribute to urban research by identifying how the presence of green spaces and thermal comfort affects real estate market at the neighborhood level in cities.

Keywords: Real estate price, LST, NDVI, Regression, Urban climate

1. Giriş

Nüfusun hızla arttığı ve imar faaliyetlerinin yoğunlaştığı günümüz kentlerinde, açık ve yeşil alanların azalması nedeniyle kentsel ısı adalarının (KIA) oluşumunda artış gözlemlenmektedir. Bu durum, kent sakinlerinin termal konforunu olumsuz yönde etkilemektedir (Zengin vd., 2019). Kentlerdeki farklı niteliklere sahip arazi kullanımlarının oluşturduğu termal konfor seviyesini belirlemek amacıyla çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların bulgularına göre kentler yoğunlaştıkça yeşil alan miktarında azalma ve yer yüzey sıcaklığında artış olduğu tespit edilmiştir (Diem vd., 2023). Dolayısıyla, kent sakinlerinin termal konforunun azalması ve gayrimenkul geliştirme faaliyetleri paralel bir seyir izlemiştir. Ancak, termal konfora etki eden yeşil alan miktarı ve yer yüzeyi sıcaklığı faktörlerinin, kentlerimizdeki gayrimenkul piyasasına ve gayrimenkul değerine etkisini belirleyen çalışmalar kısıtlıdır.

Termal konfor, insanın maruz kaldığı sıcaklık değerlerinden memnuniyeti ve insan ile onu çevreleyen ortam arasındaki ısı denge durumunu betimlemektedir (Molenaar vd., 2016). Termal konforu olumsuz yönde etkileyen en önemli unsur KIA'ların varlığıdır. Kent merkezlerinde kırsal alanlara göre daha yüksek sıcaklıklar gözlemlenir. Dolayısıyla, KIA'lar enerji tüketimini, hava kalitesini ve kent sakinlerinin sağlık ve refahını etkilemektedir (Tan vd., 2012). Kentlerin yapısal olarak ısıyı tutması ve havalandırmayı azaltan morfolojisi bu durumun sebepleri arasındadır (Taleghani vd., 2013). KIA'ların varlığı, bölgenin yer yüzeyi sıcaklığı (LST – *İng. Land Surface Temperature*) ile tespit edilmektedir. Yapılan çalışmaların bulguları göstermektedir ki, geçirimsiz yüzeylerin yoğunlaştığı ve yeşil alanların azaldığı kent bölgelerinde LST değerleri daha yüksektir. Kentlerdeki yeşil alanların ve ağaçların yoğunluğu ise KIA oluşumunu azaltmaktadır. (Mashhoodi, 2021). Yapılan çalışmalar açık bir şekilde, LST ile kentlerdeki yeşil alan yoğunluğu arasında ters orantılı bir ilişki olduğunu göstermektedir (Tan vd., 2012).

LST değerleri ve yeşil alanların dağılımı, uzaktan algılama uydularından elde edilen görüntülerden hesaplanabilmektedir. Uzaktan algılama uydularındaki termal bantlar sayesinde çalışma bölgelerine ait LST değerleri yüksek doğrulukla ve yeterli bir konumsal çözünürlükle ölçülebilmektedir. Bunun yanı sıra, sağlıklı bitki örtüsünün varlığını tespit etmek için Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI – *İng. Normalized Difference Vegetation Index*) kullanılmaktadır. LST ve NDVI verilerinin bütüncül bir şekilde kullanılması, kişilerin kent genelinde nerelerde yüksek sıcaklığa maruz kaldığını ve nerelerde sağlıklı yeşil alanlara erişip erişemeyeceğini tespit etmeye yardımcı olmaktadır (Jiao vd., 2017). Yapılan çalışmalar, NDVI ve LST değerleri arasında anlamlı bir ilişkinin var olduğunu belirlemiştir. Örneğin Erdem Okumus ve Terzi (2021), İstanbul kent genelinde LST değerleri ile NDVI değerleri arasında negatif bir korelasyon seyrettiğini tespit etmiştir. Ayrıca, İstanbul'da zayıf bitki örtüsünün KIA'ların oluşumuna doğrudan katkı sağladığını gözlemlemişlerdir. Bunu destekleyecek şekilde, Şekertekin ve Zadbagher (2021), Zonguldak kenti için gerçekleştirdikleri çalışmada Landsat verileri ile elde edilen LST ve NDVI değerleri arasında güçlü bir negatif korelasyon (-0.90) bulmuşlardır. Hidalgo Garcia vd. (2023), Kuzey Kıbrıs'ta kentleşme faaliyetlerinin artmasıyla, NDVI değerlerinin azaldığı bölgelerde LST değerlerinin yıllar içerisinde yükseldiği çıkarımında bulunmuşlardır.

NDVI ve LST değerlerinin gayrimenkul piyasalarına etkisi, çeşitli ülkelerdeki araştırmacılar tarafından ele alınmıştır. Örneğin Jiao vd. (2017), Çin'in Wuhan kenti için Landsat verilerinden elde edilen NDVI ve LST değerleri ile gayrimenkul satış değerleri arasında gerçekleştirdikleri regresyon analizinde, sıcaklıktaki %1'lik artışın ortalama m² satış değerlerinde 55 Yuan'lık (8.3 \$) bir azalış karşılık geldiğini; yüksek NDVI değerlerine sahip bölgelerde ise diğer bölgelere göre daha yüksek ortalama konut satış değeri gözlemlendiğini tespit etmiştir. Holt ve Borsuk (2020), ABD geneli 6000 mahalleye ait medyan konut satış değerlerini derleyerek, NDVI-değer ilişkisi üzerine bir regresyon analizi gerçekleştirmişlerdir. Yazarlar, park ve gölgeli alanların medyan konut satış değerlerine olumlu yönde katkı sağladığını gözlemlemişlerdir. Liebelt vd. (2018) ve Zambrano – Monserrate vd. (2021) ise çalışmalarında, kent sakinlerinin kent ormanlarına, parklara ve diğer tipteki yeşil alanlara erişimi kolay olan gayrimenkullere daha fazla fiyat ödeyebileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Tüm bu literatürün ışığında bu çalışmanın amacı, açık erişimli ve mahalle ölçeğinde sunulan Ortalama Konut Satış Değerleri (OKSD) ile o mahallelere ait yaz aylarında elde edilmiş uydu görüntülerinden derlenen ortalama LST ve NDVI değerleri arasındaki ilişkiyi Türkiye'deki dört seçilmiş kent ölçeğinde anlamaktır. Bu ilişkinin araştırılması, konut piyasası üzerinde çevresel faktörlerin etkisini belirlemeye yönelik olup, bölgesel ölçekte konut satış fiyatlarındaki değişikliklerin, çevresel değişkenlerdeki farklılıklara nasıl bağlı olduğunu analiz etmeyi amaçlamaktadır.

Bu kapsamda seçilen dört kentin (Ankara, İstanbul, İzmir ve Mersin) kentsel yerleşim alanı olarak kullanılan mahallelerinde, ortalama LST ve NDVI değerlerinin OKSD'ye olan etkisi görselleştirilmiş ve tartışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanları olarak Ankara, İstanbul, İzmir ve Mersin kentleri seçilmiştir. Bu kentlerin farklı coğrafi bölgelerde bulunmasından dolayı, iklimsel, kentsel ve demografik özellikleri de farklıdır.

Ankara kenti, ülkenin nüfus bakımından en kalabalık şehirlerinden biridir ve bulunduğu konum gereği kış aylarında düşük sıcaklık ortalamalarına sahiptir. Kent merkezinde yoğun bir yapılaşma söz konusudur. Son yıllarda artan nüfus, yapılaşmanın kent merkezinin etrafına doğru genişlemesine sebep olmuştur.

İstanbul, Karadeniz ve Marmara Denizi'ne kıyısında bulunan ve ülkenin en kalabalık nüfusunu barındıran kenttir. Yazlar sıcak ve nemli, kış ayları ise soğuk, yağışlı ve bazen kar yağışlı geçmektedir. Kentte doğu – batı yönünde düzensiz ve yoğun bir yapılaşma söz konusudur. İstanbul'da artan göçler sebebiyle nüfus yoğunluğu 2000-2017 yılları arasında %54 artmış ve yerleşim alanları doğu – batı yönünde %10'luk bir genişleme göstermiş, aynı zamanda kuzey yönündeki orman alanlarına doğru da kaymaya başlamıştır (Zorlu & Yoloğlu, 2022).

İzmir, Ege Bölgesi'nde yer alan, yaz mevsimi sıcak ve kurak, kış mevsimi ılık ve yağışlı geçen bir şehirdir. Ülkenin nüfus bakımından en kalabalık üçüncü şehridir. 2018 verilerine göre İzmir, nüfus yoğunluğu, kent nüfusu oranı ve nüfus artışı açısından Türkiye ortalamasının üzerinde değerlere sahiptir. İzmir'de homojen olarak dağılmayan yüksek bir yapılaşma gözlemlenmektedir (Ünal, 2020).

Mersin, Akdeniz Bölgesi'nde yer alan, İzmir gibi yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ise ılık ve yağışlı geçen bir şehirdir. Mersin; İstanbul, Ankara ve İzmir'e kıyasla daha düşük yeşil alan yoğunluğuna sahiptir (Alkan & Uslu, 2016). Kent, doğu – batı yönünde sahil şeridi boyunca yüksek ve yoğun yapılaşmaya sahiptir. Mersin kenti ticari, sanayi ve ılıman iklim özelliklerinden dolayı çevre illerden ve bölgelerden göç almaktadır (Doğan & Özdemir, 2021). Bunun sonucunda, son yıllarda kent kuzey yönüne doğru büyümeye başlamıştır.

2.2. Kullanılan Veri Kaynakları

2.2.1. Mahallelerin Ortalama Konut Satış Değer Eldesi

Çalışma kapsamında, bu dört kentin seçiminde iklimsel, kentsel ve demografik özelliklerin farklı oluşu etkili olmuştur. Bu kentler özelinde yapılan regresyon analizi mahalle ölçeğinde gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla, bu kentlerin güncel mahalle sınırlarının bulunduğu vektör veriler yerel yönetimlerden temin edilmiştir. Bu kentlerin yoğun nüfus ve yapılaşma barındıran mahalleleri analiz kapsamında kullanılmış ve kırsal özellikli mahalleleri hariç bırakılmıştır. Sonuç olarak, İstanbul'da 39 ilçe, Ankara'da 8 ilçe, İzmir'de 11 ilçe ve Mersin'de 4 ilçe dahilinde OKSD verileri mahalle ölçeğinde elde edilmiştir.

Bahsi geçen tüm ilçelere ait mahallelerin OKSD verileri, Endeksa.com adlı web sitesinin açık erişimli verilerinden manuel olarak derlenmiştir. Endeksa, büyük veri analizi ve makine öğrenmesi yöntemlerini kullanarak, tüm Türkiye için gayrimenkul değeri, lokasyon veri analizi ve öngörülerini sunan ticari bir girişimdir. Veri toplama işleminde, Kasım 2022 tarihli değerler kullanılmıştır (Endeksa, 2023). Endeksa sitesinde değer verisi bulunmayan mahalleler boş bırakılmıştır. Nihayetinde, bu dört kente ait mahalle sınırlarını içeren ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımlarında kullanılmaya hazır .shp formatındaki vektör verilere, derlenen OKSD verileri öznitelik olarak eklenmiştir. Belediyelerden gelen mahalle isimleri ile Endeksa.com'daki isimler arasında uyumsuzluk söz konusu olduğunda, belediyelerden temin edilen verilerdeki mahalle isimleri esas alınmıştır. Aynı isimdeki mahallelerin ayırt edilebilmesi için, her bir mahalleye tekil kod ataması da gerçekleştirilmiştir.

2.2.2. Landsat 8 Görüntülerinin Eldesi

OKSD'leri tespit edilen dört şehre ait mahallelerin ortalama NDVI ve LST değerleri, 2022 yaz aylarına ait Landsat 8 OLI ve TIRS sensörlerinden elde edilen uzaktan algılama verileri ile derlenmiştir. Çalışma alanına ait NDVI ve LST verileri, Google Earth Engine (GEE) platformunda derlenerek bilgisayar ortamına aktarılmıştır. GEE, bulut tabanlı olarak kullanılan jeomekansal bir web platformudur. Çok fazla sayıda, farklı türlerdeki veri setine erişmeyi, bu verileri yönetmeyi ve üzerinde analiz yapmayı sağlayan GEE, son yıllarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Gorelick vd, 2017; İban & Şahin, 2022)

Seçilen kentlerin mahalle sınırlarını gösteren vektör veriler GEE platformuna yüklenmiştir. Sonrasında, her bir kentin tamamını kapsayan ve 2022 yaz aylarına ait atmosferik düzeltmesi yapılmış Landsat 8 yüzey yansıtım sahnelerine erişilmiştir. Tarih seçimi için GEE platformundaki tarih filtresi fonksiyonu (filterDate) kullanılarak hedef döneme ait görüntüler ayıklanmıştır. Maksimum bulut örtüsü %10 olarak ayarlanmasına karşın, eser miktarda bulunan bulutlu ve boş pikseller, Landsat koleksiyonunda bulunan *cfmask* bandı ile filtrelenmiştir. Tablo 1, seçilen bu görüntülere ilişkin bilgi sunmaktadır.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri

Çalışma Bölgesi	Kullanılan Görüntü ID	Kullanılan Bantlar	Tile/Row	Tarih
Mersin	LANDSAT/LC08/C02/T1_L2/LC08_175034_20220712	B4, B5, B10	175/34	12.07.2022
Ankara	LANDSAT/LC08/C02/T1_L2/LC08_177032_20220726	B4, B5, B10	177/32	26.07.2022
İzmir	LANDSAT/LC08/C02/T1_L2/LC08_180033_20220715	B4, B5, B10	180/33	15.07.2022
İstanbul	LANDSAT/LC08/C02/T1_L2/LC08_180034_20220731	B4, B5, B10	180/34	31.07.2022
	LANDSAT/LC08/C02/T1_L2/LC08_180033_20220731		180/33	

2.3. NDVI ve LST Değerlerinin Hesaplanması

Seçilen görüntülere ait NDVI değerlerinin hesaplanması için Denklem 1’de gösterilen formül kullanılmıştır.

$$(NIR - R) / (NIR + R) \quad (1)$$

Bu formülde, *NIR* Landsat 8’in yakın kızılötesi 5. bandıdır. *R* ise, kırmızı 4. bandıdır. Oluşturulan NDVI görüntüleri, Google Drive’a vektör verileriyle aynı projeksiyon sistemine dönüştürülerek, 30 metre konumsal çözünürlükle GEOTIFF formatında aktarılmıştır.

LST değerleri Landsat 8’in 100 metre konumsal çözünürlüklü 10. bandı (TIR1) kullanılarak hesaplanmıştır. LST değerlerinin eldesinde NDVI temelli yayımlılık (emissivity) yöntemi kullanılmıştır (Sobrino vd., 2008). NDVI değerlerinin hesaplanmasında Denklem 1’deki NDVI formülünden elde edilen sayısal değerler göz önünde bulundurulmuştur.

LST değerlerinin hesabında her bir pikselin sayısal değeri atmosferik spektral radyans (L_λ) değerine Denklem 2’de gösterilen formüle göre dönüştürülmüştür.

$$L_\lambda = (M_L) * (DN) + (A_L) \quad (2)$$

Burada M_L ve A_L bantlara özel radyans yeniden ölçekleme faktör değerleridir. Daha sonra elde edilen L_λ değerleri parlaklık sıcaklığının (*BT*) hesaplanmasında kullanılmıştır. Bu *BT* değerleri Landsat 8 sensörleri tarafından yayımlılığın 1’e eşit olduğu varsayılarak kaydedilmiş, gerçek yer yüzeyi sıcaklığıdır ve Denklem 3’de gösterilen formüle göre hesaplanır.

$$BT = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} - 273.15 \quad (3)$$

Denklem 3’te, K_1 ve K_2 Landsat 8’in meta verilerinden derlenen kalibrasyon katsayılarıdır. ($K_1 = 774.89, K_2 = 1321.08$). Sıcaklıkların °C birimine dönüştürülmesi için mutlak sıfır değeri (-273.15 °C) eklenmiştir.

Arazi yüzeyinin farklı kompozisyonu, pürüzlülüğü ve yapısal özellikleri, arazi yüzeyi yayımlılığını doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla, bir spektral yayımlılık düzeltme katsayısının (ϵ), arazi örtüsü tipine göre uygulanması şarttır. Bu çalışmada, bitki örtüsü varlığına odaklanıldığı için, Denklem 4’de gösterilen NDVI temelli (ϵ) düzeltme katsayısı uygulanmıştır.

$$\epsilon = \begin{cases} 0.979 - 0.046 * \rho_{RED}, & NDVI < 0.2 \\ 0.987 * P_v + 0.971 * (1 - P_v), & 0.2 \leq NDVI \leq 0.5 \\ 0.987, & NDVI > 0.5 \end{cases} \quad (4)$$

Burada P_v , NDVI değerlerinden elde edilen bitki örtüsü fraksiyonudur ve Denklem 5’de gösterilen formüle göre hesaplanır.

$$P_v = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right]^2 \quad (5)$$

Denklem 5’te, $NDVI_{max}$ 0.5’e, $NDVI_{min}$ ise 0.2’ye eşittir. Diğer bir yandan, Denklem 4’deki ρ_{RED} ise kırmızı bandın yansıtım değeridir. Sonuç olarak, arazi yüzeyi yayımlılık değerleri kullanılarak elde edilen LST değerleri, Denklem 6’da gösterilen formülle hesaplanır.

$$LST = \frac{BT}{1 + \left(\frac{\lambda * T * S}{h * c}\right) \ln \epsilon} \quad (6)$$

Denklem 6'da λ , termal bandın etkili dalga boyudur (0.00115), s ise Boltzmann katsayısıdır ($1.38 * 10^{-23} JK^{-1}$), h Plank sabiti ($6.626 * 10^{-34} Js$), c ise ışık hızıdır ($2.998 * 10^8 ms^{-1}$) (Şekertekin & Bonafoni, 2020; Yazar vd., 2023).

Google Drive'dan bilgisayara indirilen görüntüler, QGIS CBS yazılımına aktarılarak, dört şehre ait kentsel tüm mahallelerin idari sınırlarını gösteren vektör dosyası üzerine iz düşürülmüştür. Her bir mahalleye denk gelen LST ve NDVI piksellerinin ortalaması QGIS'te hesaplanmıştır. Hesaplanan bu ortalama değerler, vektör veri setine yeni bir öznetelik olarak eklenmiş, nihayetinde analiz için kullanıma hazır coğrafi veri çerçevesi elde edilmiştir. Aynı zamanda, her mahalleye ait ortalama LST ve NDVI değerlerini gösteren haritalar da üretilmiştir.

2.3.1. Regresyon Analizi

Elde edilen veri çerçevesi .csv formatında QGIS'den export edilerek, Python temelli Scikit-learn kütüphanesine aktarılmış ve regresyon analizine hazır hale getirilmiştir. Regresyon analizinde OKSD tek bağımlı değişkendir. LST ve NDVI değerleri ise bağımsız değişkenlerdir. Veri çerçevemizde, 493 tanesi Ankara, 978 tanesi İstanbul, 286 tanesi İzmir ve 94 tanesi Mersin'e ait olmak üzere toplam 1851 adet mahalleye ait veri bulunmaktadır. Regresyon analizi, her kentin ilçeleri için ayrı ayrı olmak suretiyle gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, seçilen ilçelerin OKSD – NDVI, OKSD – LST ve NDVI – LST ilişkisi irdelenmiştir. Aynı zamanda, üst, orta, alt OKSD gruplarını temsil eden mahallelerin LST ve NDVI değeri ile OKSD arasındaki ilişkisi ayrı bir şekilde incelenmiştir. Bunun için dört kentin her mahallesine ait OKSD verileri dört eşit çeyreklige bölünmüş ve her bir çeyreklik için ayrı ayrı regresyon analizi yapılmıştır. Bu bağlamda, her bir mahallenin OKSD ile NDVI ve LST değerleri arasında anlamlı ve korelasyonlu bir ilişkinin olup olmadığına dair denetleme sağlanmıştır. OKSD-LST ve OKSD-NDVI ilişkisinin lineer ve anlamlı bir bağıntıya sahip olup olmadığını denetlemek için, R^2 skoru ve p-değer ölçütleri kullanılmıştır. Gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiyi ifade eden R^2 skoru, 0-1 arasında değer almaktadır. R^2 değeri 1'e ne kadar yakınsa model o kadar hassas ve uyumlu demektir (Kalogirou, 2000). R^2 değeri Denklem 7'de gösterilen formülle hesaplanır. Formülde y , gerçek değer, \hat{y} tahmin edilen değer, y_m ise gerçek değerlerin ortalamasıdır.

$$R^2 = \left(\frac{\sum(y - \hat{y})^2}{\sum(y - y_m)^2} \right) \quad (7)$$

P-değer istatistiksel bir hipotez testidir ve araştırmacıların veri setleri arasındaki istatistiksel anlamlılığı belirlemesine yardımcı olur. Hesaplanan p-değer ve seçilen anlamlılık seviyesine göre araştırmacılar iki faktör arasındaki anlamlılık hipotezinin gerçekleşip gerçekleşmediğini belirlerler. P-değerinin hesaplanmasında, normal dağılım ya da t dağılımı kullanılır. Anlamlılık seviyesi (alfa) genellikle 0.05 ya da 0.01 olarak seçilir. Bu eşik seviyenin altında olan p-değerleri, istatistiksel olarak anlamlı olarak kabul edilir. Eğer p-değeri bu eşik değerin üzerinde ise sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmaz ve üzerinde bir yorum yapılamaz. Dört büyükşehirdeki ilçeler bazında bu R^2 ve p-değer hesaplaması yapılarak, NDVI ve LST değerlerinin OKSD'ye olan etkisi yorumlanmıştır.

3. Bulgular

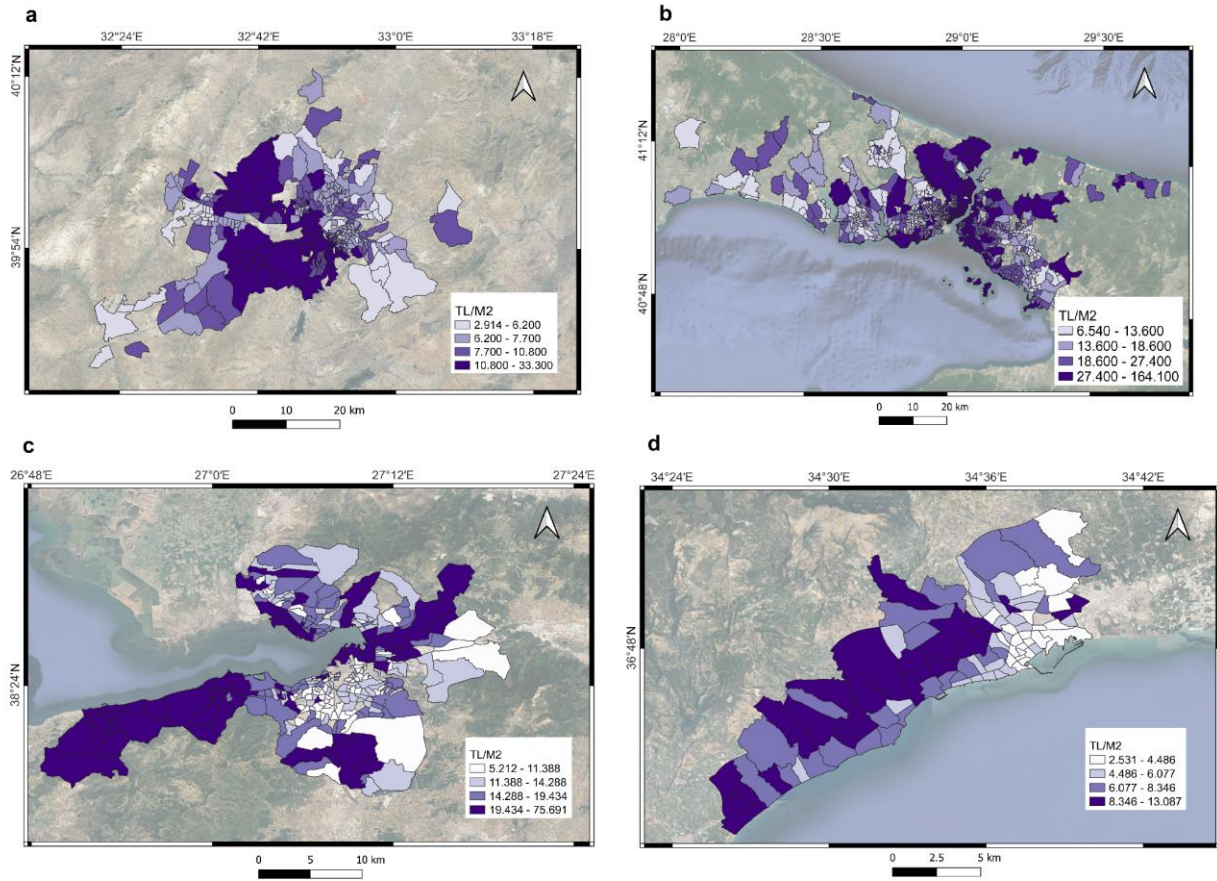
3.1. Elde Edilen Ortalama Konut Satış Değerleri

Ankara, İstanbul, İzmir ve Mersin'in kent merkezlerindeki mahallelerin OKSD'leri incelenmiş ve dört kent için ayrı ayrı OKSD haritaları elde edilmiştir. Kentlere ait OKSD haritaları Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu haritaların lejantlarındaki renkler, her kent için ayrı ayrı olarak doğal kırılım yöntemi ile dört gruba ayrılan OKSD değerlerini göstermektedir. Ankara'da Çankaya ilçesinde Oran mahallesi en yüksek OKSD'ye ($33.300 TL/m^2$) sahipken, Altındağ ilçesinde Hacı Bayram mahallesi en düşük değere ($2.914 TL/m^2$) sahiptir. Ortalama konut satış birim değeri ise kent genelinde $10.073 TL/m^2$ 'dir. Batı-kuzeybatı eksenindeki mahallelerde daha yüksek OKSD değerleri gözlemlenmiştir.

İstanbul'da, Sarıyer ilçesinde Baltalı mahallesi en yüksek OKSD'ye ($164.100 TL/m^2$) sahipken, Pendik ilçesinde Sanayi mahallesi en düşük OKSD'ye ($6.540 TL/m^2$) sahiptir. Ortalama konut satış birim değeri ise kent genelinde $25.180 TL/m^2$ 'dir. Boğaza kıyısı olan güney-kuzey eksenindeki mahallelerde daha yüksek OKSD değerleri gözlemlenmiştir.

İzmir'de, Konak ilçesinde Akdeniz mahallesi en yüksek OKSD'ye ($75.691 TL/m^2$) sahipken, yine Konak ilçesinde Ferahlı mahallesi en düşük değere ($6.212 TL/m^2$) sahiptir. Ortalama konut satış birim değeri ise kent genelinde $16.967 TL/m^2$ 'dir. Kentin güneybatı, kuzeydoğu ve denize kıyısı olan mahallelerinde daha yüksek OKSD değerleri gözlemlenmiştir.

Mersin'de, Mezitli ilçesinde Merkez mahallesi en yüksek OKSD'ye ($13.087 TL/m^2$) sahipken, Akdeniz ilçesi Civanyaylağı mahallesi en düşük OKSD'ye ($2.531 TL/m^2$) sahiptir. Ortalama konut satış birim değeri ise kent genelinde $6.440 TL/m^2$ 'dir. Yeni gelişmiş ve batı-kuzey ekseninde bulunan mahallelerde daha yüksek OKSD değerlerine rastlanırken, doğu ve güneydoğu mahallelerinde nispeten daha düşük değerler gözlemlenmiştir.



Şekil 1. Ankara (a), İstanbul (b), İzmir (c), Mersin (d) kentlerine ait mahallelerin OKSD haritaları

3.2. Elde edilen NDVI değerleri

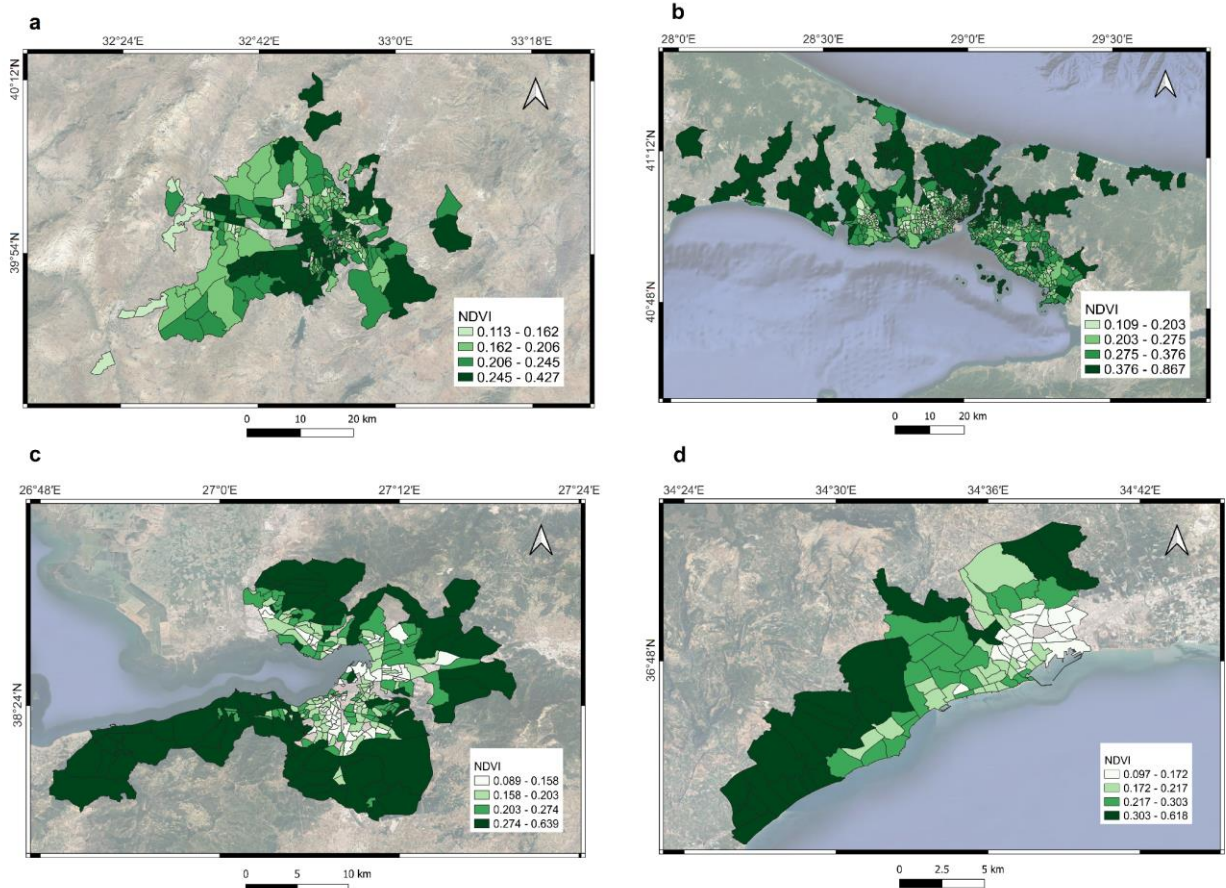
Dört kente ait mahallelerin ortalama NDVI değerleri, 2022 yaz aylarına ait Landsat 8 OLI sensöründen elde edilen uydu verileri ile üretilmiştir. Üretilen veri çerçevesi kullanılarak dört kentin her mahallesine ait ortalama NDVI değerlerini gösteren haritalar Şekil 2'de gösterilmektedir. Bu haritaların lejantlarındaki renkler, her kent için ayrı ayrı olarak doğal kırılım yöntemi ile dört gruba ayrılan NDVI değerlerini göstermektedir.

Ankara'da, ilçelere ait mahallelerin NDVI değerleri incelendiğinde, en yüksek ortalama NDVI değeri Çankaya ilçesindeki Mebusevleri mahallesine (0.427), en düşük ortalama NDVI değeri ise Sincan ilçesindeki Alçı OSB mahallesine (0.113) aittir. Kent merkezindeki mahallelerin ortalama NDVI değeri 0.224'tür. Kentin güneydoğu, güneybatı ve kuzeydoğusundaki mahallelerin daha yüksek NDVI değerlerine sahip olduğu görülmektedir.

İstanbul'da en yüksek ortalama NDVI değeri Sarıyer ilçesindeki Bahçeköy Merkez mahallesine (0.867), en düşük ortalama NDVI değeri ise Bayrampaşa ilçesindeki Vatan mahallesine (0.109) aittir. Kent merkezindeki mahallelerin ortalama NDVI değeri 0.318'dir. Kentin kuzeydoğu, kuzeybatı ve batısındaki mahallelerin daha yüksek NDVI değerlerine sahip olduğu görülmektedir.

İzmir'de en yüksek ortalama NDVI değeri Narlıdere ilçesindeki 2. İnönü mahallesine (0.639), en düşük ortalama NDVI değeri ise Buca ilçesindeki Seyhan mahallesine (0.089) aittir. İzmir kent merkezindeki mahallelerin ortalama NDVI değeri 0.244'tür. Kentin güney, kuzey ve doğusundaki mahallelerin daha yüksek NDVI değerlerine sahip olduğu görülmektedir.

Mersin'de en yüksek ortalama NDVI değeri Mezitli ilçesindeki Kaleköy mahallesine (0.618), en düşük ortalama NDVI değeri ise Akdeniz ilçesindeki Mesudiye mahallesine (0.097) aittir. Mersin kent merkezindeki mahallelerin ortalama NDVI değeri 0.266'dır. Kentin batı-kuzey eksenindeki mahallelerin daha yüksek NDVI değerlerine sahip olduğu, güneydoğusundaki mahallelerin ise düşük NDVI değerlerine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Ankara (a), İstanbul (b), İzmir (c), Mersin (d) kentlerine ait mahallelerin ortalama NDVI haritaları

3.3. Elde edilen LST değerleri

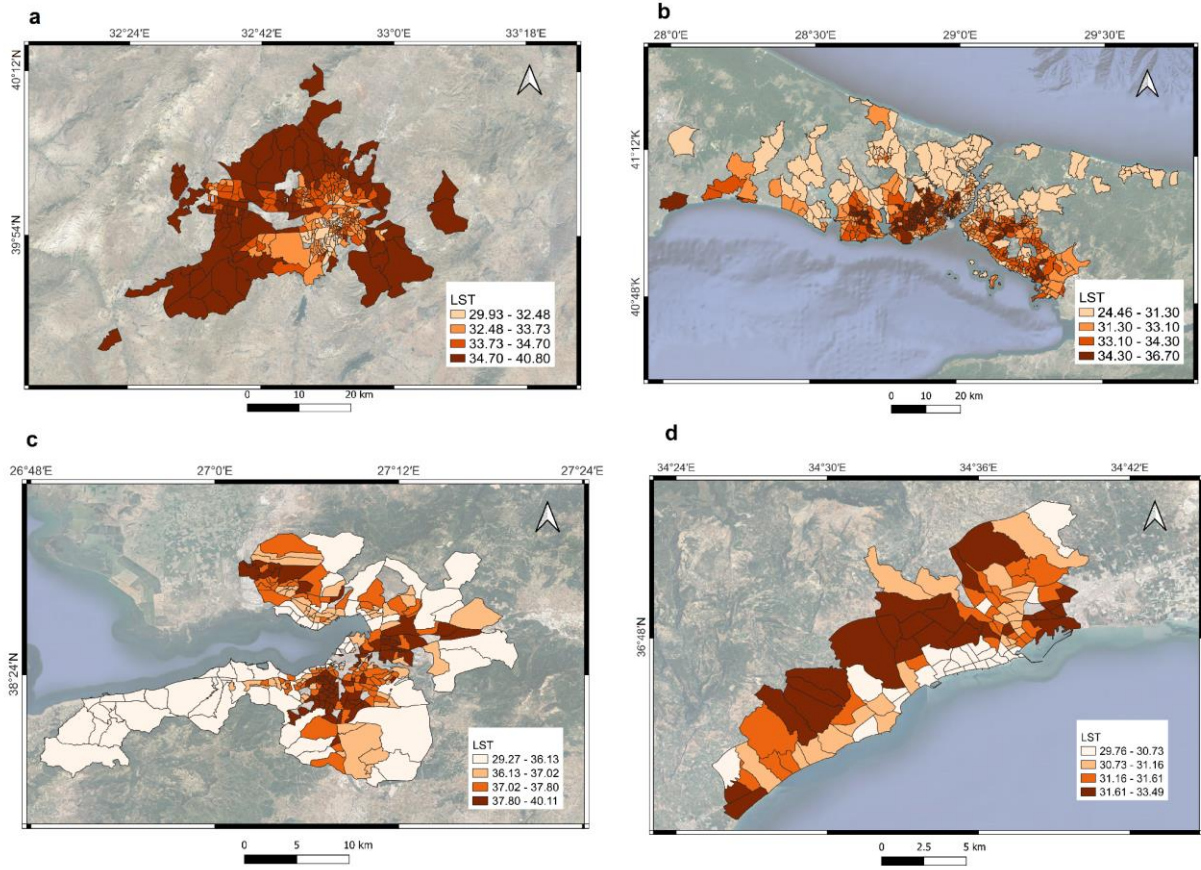
Dört kente ait mahallelerin ortalama LST değerleri, 2022 yaz aylarına ait Landsat 8 OLI ve TIRS sensörlerinden elde edilen uydu verileri ile üretilmiştir. Üretilen veri çerçevesi kullanılarak dört kentin her mahallesine ait ortalama LST değerlerini gösteren haritalar Şekil 3'de gösterilmektedir. Bu haritaların lejantlarındaki renkler, her kent için ayrı ayrı olarak doğal kırılım yöntemi ile dört gruba ayrılan LST değerlerini göstermektedir.

Ankara'da en yüksek ortalama LST değeri Sincan ilçesindeki Mevlana mahallesine (40.80°C), en düşük ortalama LST değeri ise Çankaya ilçesindeki Güzeltepe mahallesine (29.93 °C) aittir. Güzeltepe Mahallesi etrafında Portakal Çiçeği ve Dikmen Vadileri bulunduğu için bu sonucun elde edilmesi sürpriz değildir. Kent merkezindeki mahallelerin ortalama LST değeri 34.28°C'dir. Kentin güneydoğu, güneybatı ve kuzeydoğusunda bulunan mahallerinin daha yüksek LST değerlerine sahip olduğu açıktır.

İstanbul'da en yüksek ortalama LST değeri Esenler ilçesindeki Turgut Reis mahallesine (36.70°C), en düşük ortalama LST değeri ise Sarıyer ilçesindeki Bahçeköy Merkez mahallesine (24.46°C) aittir. Kent merkezindeki mahallelerin ortalama LST değeri 32.74°C'dir. Kentin kuzeydoğu, kuzeybatı ve batısındaki mahallelerin daha yüksek NDVI değerlerine sahip olduğu görülmektedir.

İzmir'de en yüksek ortalama LST değeri Çiğli ilçesindeki İzkent mahallesine (40.11°C), en düşük ortalama LST değeri ise Narlıdere ilçesindeki 2. İnönü mahallesine (29.27°C) aittir. İzmir kent merkezindeki mahallelerin ortalama LST değeri 36.68°C'dir. Kentin güney, kuzey ve doğusunda kent merkezine uzak olan mahallelerin daha düşük LST değerlerine sahip olduğu açıktır.

Mersin'de en yüksek ortalama LST değeri Yenişehir ilçesindeki Kocavilayet mahallesine (33.49°C), en düşük ortalama LST değeri ise Yenişehir ilçesinde Palmiye mahallesine (29.76°C) aittir. Mersin kent merkezindeki mahallelerin ortalama LST değeri 31.24 °C'dir. Kentin güneyinde bulunan mahallerde LST değerinin daha düşük olduğu, kuzeyinde bulunan mahallerde ise daha yüksek olduğu açıktır.



Şekil 3. Ankara (a), İstanbul (b), İzmir (c), Mersin (d) kentlerine ait mahallelerin ortalama LST haritaları

3.4. Regresyon Sonuçları

Dört kente ait mahallelerin OKSD'leri ile NDVI ve LST arasında anlamlı ve bağıntılı bir ilişkinin olup olmadığına dair denetleme sağlamak amacıyla R^2 skoru ve p-değeri ölçütleri kullanılarak regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda, mahalleler OKSD değerlerine göre de dört adet çeyreklige bölünerek ayrı ayrı NDVI-OKSD, LST-OKSD ve NDVI-LST analizlerine tabi tutulmuştur. Böylelikle mahallerin konut piyasasındaki değer gruplarına göre, sahip olduğu bitki örtüsü varlığı ve arazi yüzey sıcaklığının konut satış değerine olan etkisinin anlaşılması sağlanmıştır.

Yapılan analizler sonucunda dört kentin ilçelerine ait NDVI – OKSD, LST – OKSD ve NDVI – LST ikililerinin R^2 skorları ve p-değeri ölçütleri Tablo 2'de, OKSD değerine göre dört adet çeyreklige bölünmüş mahallelere ait NDVI – OKSD, LST – OKSD ve NDVI – LST ikililerinin R^2 skorları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 2. İstanbul, Ankara, Mersin, İzmir kentlerinin ilçelerine ait NDVI – OKSD, LST – OKSD, NDVI – LST ikililerinin R^2 skor ve p- değer tablosu

il	ilçe	NDVI- OKSD R^2	LST- OKSD R^2	NDVI-LST R^2	NDVI- OKSD P-değeri	LST-OKSD P-değeri
İstanbul	Adalar	0.00	0.34	0.30	0.3147	0.1481
	Arnavutköy	0.00	0.00	0.78	0.3754	0.3779
	Ataşehir	0.31	0.66	0.49	0.8886	0.0008****
	Avcılar	0.36	0.13	0.78	0.0328***	0.1523
	Bağcılar	0.34	0.39	0.56	0.3136	0.0910**
	Bahçelievler	0.67	0.78	0.78	0.5735	0.0381***
	Bakırköy	0.22	0.12	0.35	0.1753	0.7106
	Başakşehir	0.08	0.00	0.58	0.1373	0.2085
	Bayrampaşa	0.23	0.25	0.60	0.5952	0.4487
	Beşiktaş	0.41	0.35	0.90	0.1368	0.7672
	Beykoz	0.07	0.13	0.87	0.2541	0.0866**
	Beylikdüzü	0.14	0.00	0.56	0.0747**	0.1704

Tablo 2'nin devamı

il	ilçe	NDVI- OKSD R ²	LST- OKSD R ²	NDVI-LST R ²	NDVI- OKSD P-değeri	LST-OKSD P- değeri
	Beyoğlu	0.33	0.00	0.18	0.1541	0.3492
	Büyükçekmece	0.76	0.14	0.60	0.4790	0.5419
	Çatalca	0.00	0.15	0.79	0.0553**	0.0329***
	Çekmeköy	0.62	0.61	0.98	0.4773	0.9321
	Esenler	0.14	0.20	0.56	0.7774	0.2623
	Esenyurt	0.33	0.51	0.67	0.8203	0.0002****
	Eyüp	0.76	0.79	0.98	0.6974	0.1175
	Fatih	0.17	0.00	0.32	0.0148***	0.2127
	Gaziosmanpaşa	0.13	0.14	0.76	0.7602	0.6238
	Güngören	0.41	0.49	0.92	0.6582	0.2050
	Kadıköy	0.21	0.51	0.66	0.1836	0.0009****
	Kağıthane	0.27	0.57	0.71	0.1526	0.0008****
	Kartal	0.04	0.00	0.86	0.0696**	0.1097
	Küçükçekmece	0.36	0.31	0.79	0.1932	0.7963
	Maltepe	0.28	0.54	0.61	0.6923	0.0079****
	Pendik	0.11	0.48	0.32	0.6082	0.0001****
	Sancaktepe	0.01	0.00	0.79	0.2839	0.3398
	Sarıyer	0.22	0.15	0.94	0.0170***	0.0803**
	Şile	0.06	0.15	0.81	0.4146	0.1963
	Silivri	0.31	0.52	0.75	0.5216	0.0404***
	Şişli	0.44	0.47	0.64	0.1847	0.0787**
	Sultanbeyli	0.17	0.01	0.44	0.0538**	0.2769
	Sultangazi	0.05	0.00	0.34	0.3687	0.3687
	Tuzla	0.16	0.13	0.30	0.3055	0.4732
	Ümraniye	0.01	0.34	0.67	0.0000****	0.0000****
	Üsküdar	0.43	0.37	0.71	0.0473***	0.4699
	Zeytinburnu	0.26	0.46	0.69	0.6077	0.0435***
Ankara	Çankaya	0.25	0.10	0.10	0.0000****	0.0035****
	Sincan	0.18	0.10	0.47	0.0175***	0.1790
	Etimesgut	0.15	0.03	0.24	0.0320***	0.8890
	Yenimahalle	0.06	0.01	0.06	0.0287***	0.1520
	Pursaklar	0.04	0.93	0.10	0.3217	0.0023****
	Altındağ	0.02	0.01	0.05	0.6377	0.8296
	Mamak	0.02	0.03	0.03	0.2291	0.1438
İzmir	Keçiören	0.00	0.02	0.00	0.7016	0.3629
	Buca	0.23	0.19	0.67	0.1060	0.5872
	Çiğli	0.22	0.23	0.31	0.1465	0.1312
	Güzelbahçe	0.19	0.46	0.75	0.1905	0.0202***
	Karabağlar	0.15	0.13	0.63	0.2279	0.5101
	Karşıyaka	0.07	0.11	0.06	0.4397	0.0052****
	Bağcıva	0.06	0.00	0.77	0.3284	0.4223
	Narlıdere	0.05	0.11	0.88	0.4569	0.2837
	Bayraklı	0.04	0.03	0.39	0.5592	0.7228
Mersin	Gazimur	0.01	0.00	0.81	0.1978	0.2096
	Konak	0.01	0.00	0.14	0.3834	0.4400
	Bornova	0.01	0.00	0.76	0.3633	0.4887
	Yenişehir	0.15	0.20	0.26	0.3126	0.1179
	Akdeniz	0.12	0.19	0.17	0.1936	0.6476
Mersin	Toroslar	0.11	0.05	0.03	0.0195***	0.0052****
	Mezitli	0.02	0.01	0.04	0.5790	0.7009

**** : p – değeri ≤ 0.01 (yüksek anlamlılık)

*** : 0.01 < p – değeri ≤ 0.05 (anlamlılık)

** : 0.05 < p- değeri ≤ 0.01 (düşük anlamlılık)

yıldız yok: p – değeri > 0.1 (anlamlılık yok)

yüksek R² değerleri (R²> 0.7) koyu renk ile gösterilmiştir.

Tablo 3. İstanbul, Ankara, Mersin, İzmir kentlerinin mahallelerinin OKSD değerlerine göre bölünmüş dört adet çeyrekliğe ait NDVI – OKSD, LST – OKSD, NDVI – LST ikilileri R² skor tablosu

İl	Çeyreklik	NDVI - OKSD R ²	LST- OKSD R ²	NDVI- LST R ²
İstanbul	Q1	0.03	0.03	0.82
	Q2	0.04	0.03	0.82
	Q3	0.01	0.02	0.84
	Q4	0.02	0.02	0.87
Ankara	Q1	0.00	0.09	0.01
	Q2	0.00	0.01	0.07
	Q3	0.00	0.00	0.06
	Q4	0.12	0.01	0.29
İzmir	Q1	0.02	0.00	0.43
	Q2	0.00	0.03	0.42
	Q3	0.01	0.03	0.43
	Q4	0.00	0.01	0.44
Mersin	Q1	0.09	0.01	0.25
	Q2	0.00	0.01	0.00
	Q3	0.14	0.03	0.04
	Q4	0.00	0.01	0.11

Yüksek R² değerleri (R² > 0.7) koyu renk ile gösterilmiştir.

Ankara'da, Çankaya ilçesinin NDVI-OKSD ve LST-OKSD ikilileri arasında en yüksek R² değerleri gözlemlenmiştir. Aynı zamanda, Çankaya ilçesine ait p-değerinin de yüksek derecede anlamlılığa işaret ettiği görülmektedir. NDVI-LST analizi, en yüksek OKSD'ye sahip mahallelerde hafif bir tutarlılık göstermiştir. NDVI-OKSD arasındaki R² değerinin 0.25 olması, NDVI faktörünün gayrimenkul değeri üzerindeki varyansın %25'ini açıkladığını gösterir. Bu durum, NDVI faktörünün gayrimenkul değeri üzerinde sınırlı bir etkisinin olduğunu işaret eder. Ancak ilişkinin yüksek anlamlılığa sahip olması, Çankaya'da yeşil alanların varlığının gayrimenkul değerinin kestirimine yardımcı olabilecek bir faktör olduğunu ifade etmektedir. Yeterince yüksek olmayan R² değeri, Çankaya'da NDVI- OKSD ilişkisinin mahallelere özgü olarak güçlü veya zayıf olduğunu ve bölgesel farklılıkların varlığına işaret edebilir. Bu farklılıkların nedenleri üzerine mahalleler özelinde daha fazla araştırma yapılması önemlidir.

İstanbul Eyüp ilçesinde NDVI-OKSD, LST-OKSD ve NDVI-LST ikilileri arasında iyi bir R² değerinin (R² > 0.7) bulunduğu, ancak p-değeri düşünülürken bu ilişkinin anlamlılık göstermediği tespit edilmiştir. Yüksek R² değerleri iki değişken arasındaki ilişkinin büyük bir kısmının varyansının açıklandığını gösterir. Ancak anlamlı olmayan p değerleri, NDVI – OKSD ve LST- OKSD ikilileri arasındaki ilişkinin rastlantısal olabileceği veya diğer faktörlerin de bu ilişkide etkili olabileceği anlamına gelmektedir. Bu durumda, NDVI ve LST'nin gayrimenkul değerini açıklamadaki etkisi hakkında kesin bir sonuca varmak zor olabilir. LST ve NDVI faktörlerinin gayrimenkul değeri üzerindeki etkisini daha kapsamlı bir şekilde değerlendirmek için ek analizler yapılabilir. Bunlar arasında başka değişkenlerin dahil edilmesi, zaman serisi analizi veya farklı istatistiksel tekniklerin kullanılması bulunur. Arnavutköy, Beşiktaş, Beykoz, Bahçelievler, Çatalca, Çekmeköy, Eyüp, Gaziosmanpaşa, Güngören, Kağıthane, Kartal, Küçükçekmece, Sancaktepe, Sarıyer, Şile, Silivri ve Üsküdar ilçelerinin, NDVI – LST değerleri arasında iyi bir R² değeri (R² > 0.7) oluşturduğu görülmüştür. En yüksek ortalama OKSD'ye sahip mahallelerde NDVI – LST ikilisi arasındaki ilişki daha tutarlıdır. Ümraniye'de ise NDVI-OKSD arasında çok düşük bir R² skoru elde edilmesine rağmen, p-değeri çok yüksek anlamlılık göstermektedir. Bu durum, NDVI faktörünün gayrimenkul değeri üzerindeki etkisinin gerçek olduğunu, ancak bu etkinin başka faktörlerle birlikte çoklu regresyon modelinde daha etkili bir şekilde incelenmesi gerektiği sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Çankaya'daki duruma benzer olarak, Ümraniye'de de NDVI faktörünün gayrimenkul değeri üzerindeki etkisi, diğer faktörlerin de analize dahil edilmesiyle birlikte daha fazla açıklanabilir veya mahalle özelindeki verilerle daha belirgin hale gelebilir.

İzmir'de, Güzelbahçe, Balçova, Narlıdere, Gaziemir, Bornova ilçeleri NDVI – LST arasında yüksek bir R² değerine (R² > 0.7) sahiptir. İlçeler bazında NDVI - OKSD ve LST – OKSD ikilileri arasında tutarlı bir ilişki gözlenmemiştir. NDVI-LST analizi, en yüksek ortalama değere sahip mahallelerde hafif bir tutarlılık göstermiştir.

Mersin'de, ilçeler bazında NDVI – OKSD, LST – OKSD ve NDVI - LST ikilileri arasında tutarlı bir ilişki gözlenmemiştir. NDVI-LST analizi, en düşük OKSD'ye sahip mahallelerde hafif bir tutarlılık göstermiştir.

Tablo 3'te OKSD'ye göre dört adet çeyrekliğe bölünmüş veri setlerinde NDVI-OKSD ve LST-OKSD arasında çok düşük R² değerlerinin elde edildiği gösterilmektedir. Bu durum, mahallelerin sahip olduğu OKSD'lerin pahalı ya da ucuz olmasının, NDVI ve LST'nin düşük ya da yüksek olmasıyla ilişkilendirilemeyeceği sonucunu doğrulamaktadır.

4. Tartışma

Bu çalışmada, Ankara, İstanbul, İzmir ve Mersin'in kentsel özellik gösteren ilçelerine bağlı mahallelerine ait OKSD, NDVI ve LST değerleri ayrı ayrı incelenmiştir. Elde edilen OKSD, NDVI, LST haritaları ve yapılan analizler sonucunda, bu dört kent arasında en yüksek OKSD'ye ve NDVI değerine sahip kentin İstanbul olduğu görülmüştür. Yapılan tutarlılık testleri sonucunda, İstanbul'da yüksek OKSD'ye sahip mahallelerin, yüksek NDVI değerleri ve düşük LST değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi, OKSD'nin kentin kuzeyine doğru gidildikçe nispeten daha yüksek olmasıdır. Kentin kuzeyinde bulunan yerleşim alanlarında, diğer ilçelere göre daha seyrek nüfus, yoğun olmayan yapılaşma ve daha fazla yeşil alan varlığı söz konusudur. Ancak yine de, kentin genelinde OKSD'nin yüksek olduğu ilçelerde NDVI değerlerinin nispeten daha yüksek olduğu, LST değerlerinin ise daha düşük olduğu söylenebilmektedir.

İstanbul'da, Eyüp ilçesinin NDVI – OKSD, LST - OKSD ve NDVI-LST ikilileri arasında iyi bir R^2 değeri oluşturduğu tespit edilmiştir. Eyüp ilçesinde kuzey yönünde bulunan ormanlar yeşil alan varlığını arttırmaktadır. Dolayısıyla, Kemerburgaz ve Göktürk gibi mahallelerde OKSD yükselmektedir. Aynı ilçenin güney tarafında bulunan yeşil alanlardan yoksun mahallelerde ise OKSD daha düşüktür. Dolayısıyla, bu ilçede NDVI ve LST değerlerinin OKSD'ye etkisinin yüksek olduğu söylenebilir. NDVI-OKSD ve LST – OKSD arasında en düşük R^2 değerleri Arnavutköy, Beykoz ve Şile gibi kent merkezinden uzak ilçelerde görülmüştür. Nüfus yoğunluğunun ve yapılaşmanın az, yeşil alan varlığının yoğun olduğu bu ilçelerde NDVI ve LST'nin OKSD'ye etkisi olmadığı açıktır. Ümraniye ilçesinin p-değeri kapsamında yüksek anlamlılığa sahip olduğu, fakat iyi R^2 değerlerine sahip olmadığı görülmüştür. Dolayısıyla, Ümraniye'de termal konfora etki eden başka faktörlerin de varlığı araştırılmalıdır.

Ankara'nın, dört kent arasında en düşük ortalama NDVI değerine sahip olduğu görülmüştür. Bunun sebebi, bölgenin bozkır bitki örtüsüne sahip olmasıdır. Ankara'da, NDVI – OKSD ilişkisinde en yüksek R^2 değeri Çankaya ilçesinde, LST – OKSD ilişkisinde en yüksek R^2 değeri Pursaklar ilçesinde görülmüştür. Çankaya ilçesi'nde genel olarak yüksek OKSD ve NDVI değerleri görülmektedir. İlçede yoğun yapılaşma faaliyetlerinin bulunmasına karşın, yeşil alan varlığının fazla olduğu ve LST değerlerinin kent ortalamasına göre daha düşük seyrettiği söylenebilir. Regresyon analizleri sonucunda, Çankaya'da NDVI değerlerinin OKSD'ye etkisinin olduğu söylenebilir. Pursaklar ilçesinde yapıların yoğun olduğu bölgelere bakıldığında LST değerlerinin yüksek, OKSD'nin düşük olduğu görülmüştür. Bunun sonucunda LST – OKSD arasında yüksek R^2 değeri elde edilmiştir. Ankara'nın analize dahil edilen diğer ilçelerinde NDVI-OKSD ve LST-OKSD ilişkisinde yüksek bir anlamlılık tespit edilememiştir.

İzmir'in, dört kent arasında en yüksek ortalama LST değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Kentin güney yönündeki en yüksek OKSD'ye sahip mahallelerine bakıldığında NDVI değerlerinin yüksek, LST değerlerinin daha düşük seyrettiği görülmektedir. NDVI- OKSD ikilisinde en yüksek R^2 değeri Buca ilçesinde, LST – OKSD ikilisinde en yüksek R^2 değeri Güzelbahçe ilçesinde görülmüştür. Buca ilçesinde NDVI ve OKSD'nin kent ortalamasına yakın, LST değerinin ise ortalamadan üzerinde olduğu görülmektedir. İlçede yoğun yapılaşma söz konusudur fakat, doğu yönüne doğru gidildikçe yeşil alan varlığı artmaktadır. Özellikle NDVI değerlerinin yüksek seyrettiği mahallelerde OKSD değerinin kent ortalaması üzerinde olduğu görülmektedir. Buca ilçesinde NDVI değerinin OKSD'ye etkisinin olduğu söylenebilir. Güzelbahçe ilçesinde OKSD'nin kent ortalamasına göre yüksek olduğu, LST'nin ise daha düşük olduğu görülmüştür. Bu ilçede yapılaşmasının daha az ve kent geneline göre daha düzenli olduğu, yeşil alan varlığının da fazla olduğu görülmektedir. LST değerlerinin OKSD'ye etkisinin yüksek olduğu söylenebilir. Gaziemir, Konak, Bornova ilçelerinde NDVI ve LST değerlerinin OKSD'ye etkisinin olmadığı görülmüştür. Güzelbahçe ve Karşıyaka ilçelerinde p-değeri kapsamında LST – OKSD ikilisinde anlamlılık söz konusudur.

Mersin kentinin kuzey ve batı yönünde bulunan mahallelerinde OKSD ve NDVI değerlerinin daha yüksek seyrettiği görülmüştür. Analizler sonucunda NDVI-OKSD, LST-OKSD ve NDVI – LST ikilileri arasında iyi tutarlılıklar gözlemlenmemiştir. Ancak ilçeler arasında nispeten daha yüksek R^2 değerine sahip ilçenin Yenişehir olduğu söylenebilir. Bu ilçede yoğun yapılaşma ve daha az yeşil alan varlığı söz konusudur. İlçenin kuzey yönüne doğru gidildikçe yeni ve daha düzenli yapılaşma görülmektedir. Fakat yapılaşma oranına kıyasla, yeşil alan varlığının daha az olduğu görülmüştür. Yenişehir ilçesinin kuzeyinde bulunan mahallelerinin yüksek OKSD'ye sahip olduğu görülmektedir. Bu ilçede NDVI ve LST'nin OKSD'ye hafif bir etkisi olduğu söylenebilir. Toroslar ilçesinde ise NDVI – OKSD, LST – OKSD analizinde p-değeri kapsamında anlamlılık söz konusudur. Fakat Toroslar ilçesinin NDVI – OKSD, LST – OKSD ve NDVI - LST ikilileri kapsamında yüksek R^2 değerlerine sahip olmadığı görülmektedir.

Konut ortalama fiyatlarına göre çeyreklik gruplara ayrılıp gerçekleştirilen regresyon analizde ise (Tablo 3), konut değerlerinin belirlenmesinde NDVI ve LST gibi çevresel faktörlerin tek başına yeterli olmadığı ve başka faktörlerin, örneğin yerel ekonomik koşulların, ulaşım altyapısının, sosyo-demografik yapının da analize mutlaka dahil edilmesi gerektiği sonucuna ulaşılabilir.

Bu çalışma, termal konforun OKSD'ye etkisini NDVI ve LST faktörleri ile analiz etmeye çalışmıştır. NDVI ve LST faktörlerinin OKSD'ye etkisi dört kentin ilçelerinde farklı biçimlerde gözlemlenmiştir. Bir başka deyişle, termal konforu ilgilendiren NDVI ve LST faktörlerinin OKSD'ye her kent için ortak bir etkisi bulunmamıştır. Bu iki faktörün OKSD ile ilişkisi ilçeler özelinde kendine has bir eğilimde gözlemlenmiştir.

Dört kent için elde edilen bulgular sonucunda, İstanbul'da kent sakinlerinin belirli ilçelerdeki konut tercihinde yeşil alan varlığının daha çok etkisinin olduğu, sırasıyla Ankara ve İzmir'de bu etkinin azaldığı, Mersin kentinin Ankara ve İzmir'e göre daha yüksek ortalama NDVI değerine sahip olmasına rağmen, NDVI faktörünün OKSD'ye olan etkisinin diğer üç kente kıyasla çok az olduğu söylenebilir. Konut tercihinde LST'nin etkisine bakıldığında en göze çarpan yerin Ankara olduğu görülmektedir. İstanbul ve İzmir'de bu etkinin azaldığı, Mersin kentinin dört kente kıyasla en düşük ortalama LST değerlerine sahip olmasına rağmen, kentteki LST'nin OKSD'ye etkisinin çok az olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışma sonucunda anlaşılabilir ki, NDVI ve LST'nin kentlerdeki OKSD'ye etkisi çalışma alanının kentsel, iklimsel ve demografik özelliklerine göre farklılık göstermektedir. Kentsel ve demografik olarak benzer yapıda olan İstanbul ve Ankara, iklimsel olarak benzer özellikler gösteren Mersin ve İzmir'e göre daha tutarlı bulgular göstermiştir.

NDVI ve LST arasındaki ilişkinin kentsel alanlara olan etkisi üzerine araştırma yapan Halder vd. (2021) çalışmalarında, kentleşmenin bir alandaki LST değerlerini arttırdığı ve bitki örtüsü değerlerini azalttığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde Çelik vd. (2019), İstanbul kenti için yaptıkları çalışmada, NDVI ile LST arasında negatif bir korelasyon olduğunu ve bitki örtüsü varlığının arazi yüzey sıcaklıklarında düşüşe neden olduğunu belirtmişlerdir. NDVI ve LST değerlerinin gayrimenkul piyasasına etkisini ele alan çalışmalar da mevcuttur. Örneğin Alkan ve Uslu, (2016) Mersin ilinin Yenişehir ilçesi için yaptıkları regresyon çalışmasında, konut fiyatları ile konutun sahip olduğu aktif yeşil alanlar arasında olumlu yönde bir ilişki olduğu sonucuna varmışlardır. Alan yazındaki bu bulgular ile bu çalışmanın bulguları birbiriyle örtüşmektedir. Yapılan bazı çalışmalar ise, yapı alanları etrafında bulunan yeşil bitki örtüsü varlığının konut fiyatları üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığını göstermektedir (Li vd., 2015; Li & Saphores, 2012). Bu çalışma ise, özellikle Çankaya ve Eyüp gibi örneklerde, yapı alanları etrafındaki yeşil bitki örtüsü varlığının konut fiyatları üzerindeki olumlu etkisini tespit ederek, alan yazına göre daha farklı bir sonucu ortaya çıkarmıştır. Dolayısıyla, kentlerde ilçelerin ve mahallelerin ihtiyacı doğrultusunda yeşil alanların potansiyel kullanımlarının ele alınarak yeşil alanların artırılması, yeni kentleşen bölgelerde yapı alanları oluşturulurken sahip olduğu yeşil alan miktarlarının dikkate alınması, bir kentteki konut piyasasının şekillenmesinde büyük rol oynayacaktır.

Çalışma alanı olarak seçilen dört kente ait OKSD verilerinin eldesi için kullanılan Endeksa.com adlı sitede, kentlerde seçilen ilçelere ait her mahallenin OKSD verisi bulunamamıştır. Bu nedenle veri elde edilemeyen mahallelerde OKSD verisi boş bırakılmak zorunda kalmıştır. OKSD verisi bulunan her bir mahallenin sınırları içerisinde kalan NDVI ve LST piksellerinin ortalaması hesaplanmıştır. Ancak, OKSD verisi elde edilemeyen mahallelerin NDVI ve LST piksellerinin ortalaması hesaplanmamış ve bu mahalleler regresyon analizlerine dahil edilememiştir. Bu kısıtlamayı gidermek için gelecekte yapılacak çalışmalarda, çalışma yapılacak kent, ilçe ya da mahalle için OKSD verisi bölgeye ait gayrimenkul piyasasının araştırılması yapılarak elde edilmelidir. Son olarak, bu tür bir çalışmaya yapı yoğunluğuna dair bilgi sunan uzaktan algılama verileri ve indeksleri de dahil edilerek, yapı yoğunluğunun bu çalışmada irdelenen faktörlerle ilişkisi de analiz edilebilir.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada, Türkiye'de seçilen farklı iklimsel, kentsel ve demografik yapıya sahip dört kentte termal konforun, konut satış tercihlerine olan etkisinin anlaşılması hedeflenmiştir. Bu sayede, farklı özellikler taşıyan bu kentlerde gözlemlenen NDVI ve LST değerlerinin OKSD ile olan ilişkisini ayrı ayrı incelemek olanaklı olmuştur. Ankara, İstanbul, İzmir ve Mersin'in kentsel özellik taşıyan ilçelerindeki mahallelerin OKSD verileri ile Landsat-8 uydu görüntülerinden elde edilen LST ve NDVI değerleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için regresyon analizi kullanılmıştır. Bu çalışmanın odak noktası, farklı arazi kullanımı ve iklim koşullarına sahip şehirlerde NDVI ve LST'deki varyasyonları anlamak ve bu değişkenlerin gayrimenkul piyasasındaki fiyatlarda gözlemlenen farklılıklara olan katkısını belirlemektir. Bu doğrultuda, mahallelerdeki ortalama LST ve NDVI değerlerinin konut satış değerlerine etkisi analiz edilmiş ve görselleştirilmiştir. Endeksa.com'un Kasım 2022 tarihli verileri kullanılarak mahallelere ait OKSD verileri elde edilmiştir. NDVI ve LST değerleri ise, 2022 yaz aylarına ait Landsat 8 OLI ve TIRS uydu sensörlerinden elde edilmiştir.

Çalışma, NDVI ve LST'nin konut satış değerleri üzerindeki etkisinin mahalleler, ilçeler ve kentlere göre değişkenlik gösterdiğini belirlemiştir. Bu etkinin özellikle İstanbul'da belirginken, Mersin ve İzmir gibi daha az yeşil alanlara sahip şehirlerde daha az belirgin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sonuçlara göre, sıcak iklim özellikleri gösteren kentlerde konut satış fiyatlarını termal konfor ile ilişkilendirebilmek için yeşil alanların artırılması gerektiği söylenebilir.

Teşekkür

BİDEB 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında 1919B012221063 numaralı projeye ve bu makalede kaleme alınan araştırmaya verdiği destekten ötürü TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi bir borç biliriz.

Kaynaklar

- Alkan, Y., & Uslu, C. (2016). Aktif yeşil alanların konut fiyatları üzerine etkisinin araştırılması: Mersin ili Yenişehir ilçesi örneği. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 6(13),1-10.
- Celik, B., Kaya, S., Alganci, U., & Seker, D. Z. (2019). Assessment of the relationship between land use/cover changes and land surface temperatures: a case study of thermal remote sensing. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(2), 541-547.
- Diem, P. K., Nguyen, C. T., Diem, N. K., Diep, N. T. H., Thao, P. T. B., Hong, T. G., & Phan, T. N. (2023). Remote sensing for urban heat island research: Progress, current issues, and perspectives. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 33, Article 101081. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2023.101081>
- Doğan, Ö. S., & Özdemir, F. (2021). Mersin’de (Akdeniz, Mezitli, Toroslar ve Yenişehir) Yaşayan Suriyeliler: Sosyo-Kültürel Yapı ve Entegrasyon Süreci. *Coğrafya Dergisi*, 42, 33-47.
- Endeksa. (2022, Kasım). *Evinizin kıymetini bilin*. <https://www.endeksa.com/tr/> adresinden alınmıştır.
- Erdem Okumus, D., & Terzi, F. (2021). Evaluating the role of urban fabric on surface urban heat island: The case of Istanbul. *Sustainable Cities and Society*, 73, Article 103128. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103128>
- 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.
- Halder, B., Bandyopadhyay, J., & Banik, P. (2021). Evaluation of the climate change impact on urban heat island based on land surface temperature and geospatial indicators. *International Journal of Environmental Research*, 15, 819-835.
- Hidalgo García, D. H., Riza, M., & Díaz, J. A. (2023). Land Surface Temperature Relationship with the Land Use/Land Cover Indices Leading to Thermal Field Variation in the Turkish Republic of Northern Cyprus. *Earth Systems and Environment*, 7(2), 561-580.
- Holt, J. R., & Borsuk, M. E. (2020). Using Zillow data to value green space amenities at the neighborhood scale. *Urban Forestry & Urban Greening*, 56, Article 126794. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126794>
- İban, M. C., & Şahin, E. (2022). Monitoring land use and land cover change near a nuclear power plant construction site: Akkuyu case, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(10), Article 724. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10437-6>
- Jiao, L., Xu, G., Jin, J., Dong, T., Liu, J., Wu, Y., & Zhang, B. (2017). Remotely sensed urban environmental indices and their economic implications. *Habitat International*, 67, 22-32.
- Kalogirou, S. A. (2000). Applications of artificial neural-networks for energy systems. *Applied Energy*, 67(1-2), 17-35.
- Li, W., & Saphores, J. D. (2012). A spatial hedonic analysis of the value of urban land cover in the multifamily housing market in Los Angeles, CA. *Urban Studies*, 49(12), 2597-2615.
- Li, W., Saphores, J. D. M., & Gillespie, T. W. (2015). A comparison of the economic benefits of urban green spaces estimated with NDVI and with high-resolution land cover data. *Landscape and Urban Planning*, 133, 105-117.
- Liebelt, V., Bartke, S., & Schwarz, N. (2018). Hedonic pricing analysis of the influence of urban green spaces onto residential prices: the case of Leipzig, Germany. *European Planning Studies*, 26(1), 133-157.
- Mashhoodi, B. (2021). Environmental justice and surface temperature: Income, ethnic, gender, and age inequalities. *Sustainable Cities and Society*, 68, Article 102810. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102810>
- Molenaar, R. E., Heusinkveld, B. G., & Steeneveld, G. J. (2016). Projection of rural and urban human thermal comfort in The Netherlands for 2050. *International Journal of Climatology*, 36(4), 1708-1723.
- Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., Sòria, G., Romaguera, M., Guanter, L., Moreno, J., ... & Martínez, P. (2008). Land surface emissivity retrieval from different VNIR and TIR sensors. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 46(2), 316-327.
- Şekertekin, 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), Article 294. <https://doi.org/10.3390/rs12020294>
- Şekertekin, A., & Zadbagher, E. (2021). Simulation of future land surface temperature distribution and evaluating surface urban heat island based on impervious surface area. *Ecological Indicators*, 122, Article 107230. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107230>
- Taleghani, M., Tenpierik, M., Kurvers, S., & Van Den Dobbelaars, A. (2013). A review into thermal comfort in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 201-215.
- Tan, K. C., Lim, H. S., MatJafri, M. Z., & Abdullah, K. (2012). A comparison of radiometric correction techniques in the evaluation of the relationship between LST and NDVI in Landsat imagery. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(6), 3813-3829.
- Ünal, Ç. (2020) İzmir’ın göç analizi (2008-2018). *Doğu Coğrafya Dergisi*, 25(43), 195-208.

- Yazar, M., Cetinkaya, I. D., İban, M. C., & Bilgilioglu, S. S. (2023). The green divide and heat exposure: urban transformation projects in Istanbul. *Frontiers in Environmental Science*, 11, Article 1265332. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1265332>
- Zambrano-Monserrate, M. A., Ruano, M. A., Yoong-Parraga, C., & Silva, C. A. (2021). Urban green spaces and housing prices in developing countries: A Two-stage quantile spatial regression analysis. *Forest Policy and Economics*, 125, Article 102420. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102420>
- Zengin, M., Yılmaz, S., & Mutlu, B. E. (2019). Mekansal Termal Konfor Açısından Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi Termal Kamera Görüntülerinin Analizi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50(3), 239-247.
- Zorlu, F., & Yoloğlu, A. C. (2022). İstanbul metropoliten alanında nüfus hareketliliğinin dinamikleri. *Megaron*, 17(2), 221–234. <https://doi.org/10.14744/MEGARON.2022.87854>