

E-ISSN: 2146-6459

Araştırma Makalesi / Research Article https://doi.org/10.54370/ordubtd.1580231

Arazi Örtüsü ile Kentsel Isı Adası Etkisi Arasındaki İlişki: Ordu Kent Merkezi (Türkiye) Örneği

Mesut Güzel¹ , Pervin Yeşil¹

¹Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Ordu

Geliş Tarihi / Received Date: 06.11.2024 Kabul Tarihi / Accepted Date: 25.03.2025

Öz

Bu çalışmada, üç temel arazi örtüsü tipi ile Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS) ve Kentsel Isı Adası (KIA) etkisi arasındaki ilişkinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda; AYS'nin hesaplanmasında Landsat 8 OLI/TIRS görüntüleri ve arazi örtüsünün sınıflandırılmasında denetimsiz sınıflandırma algoritmaları kullanılmıştır. Elde edilen bulgular istatistiksel yöntemler kullanılarak incelenmiştir. Çalışmanın sonuçları, Karadeniz kıyı kentlerinden biri olan Ordu'da KIA etkisinin ve AYS'nin mekânsal dağılımının arazi örtüsünün tipine göre değiştiğini göstermiştir. AYS ortalaması, yapılaşmış alanlarda bitki örtüsü ile kaplı alanlara göre ortalama 3 °C ve su yüzeylerine göre 8.3 °C daha yüksektir. Kent merkezindeki KIA ve KIA olmayan alanlar arasında ise 4.7 °C'lik sıcaklık farkı bulunmaktadır. Sonuç olarak; KIA etkisinin mekânsal örüntüsü ortaya konulmuş ve Ordu kent merkezi ölçeğinde, iklim değişikliğinin zararlı etkilerine karşı etkili stratejilerin geliştirilmesi noktasında karar vericilere referans sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: arazi yüzey sıcaklığı, alan kullanımı/arazi örtüsü, kentsel ısı adası etkisi, uzaktan algılama, Landsat 8

Relationship Between Land Cover and Urban Heat Island Effect: The Case of Ordu City Center (Türkiye)

Abstract

This study aims to reveal the relationship between three land cover types and Land Surface Temperature (LST) and Urban Heat Island (UHI) effects. For this purpose, Landsat 8 OLI/TIRS images were used in calculating LST and unsupervised classification algorithms were used in classifying land cover. The findings were examined using statistical methods. The results of the study showed that the spatial distribution of LST and UHI in Ordu, one of the Black Sea coastal cities, varies according to the type of land cover. The mean LST is 3 °C higher in built-up areas than vegetated areas and 8.3 °C higher than in water bodies. There is a temperature difference of 4.7 °C between UHI and non-UHI areas in the city center. As a result; the spatial pattern of the UHI effect was revealed and a reference was provided to decision makers in terms of developing effective strategies against the detrimental effects of global climate change at the Ordu city center.

Keywords: land surface temperature, land use/land cover, urban heat island effect, remote sensing, landsat 8

Giriş

Birleşmiş Milletler Nüfus Fonu [UNFPA] (2022) tahminlerine göre, dünya nüfusunun 2022 yılına kadar 7.95 milyara yaklaşması ve bu nüfusun yarısından fazlasının kentlerde veya kent yakınlarında yaşaması beklenmektedir. Kentsel nüfusun küresel nüfusa oranının 2040 yılında %80'e, 2050 yılında ise %85'e ulaşması öngörülmektedir (BM, 2019). Bu bilgilere göre, kentlerdeki insan sayısının yaklaşık 2 ila 3 milyar artacağı anlaşılmaktadır (Huang vd., 2019). Dünya nüfusunun çoğunun kentlerde yaşıyor olması ve yapı yoğunluğunun yüksek olması, kentleri iklim değişikliğinden etkilenme riski en yüksek yerler haline getirmektedir (Huq vd., 2007; Singh vd., 2021). Kentsel alanlar, kentsel nüfus arttıkça hızla genişlemektedir. Kentsel alanlar 2001 ile 2018 yılları arasında %168 oranında genişlemiştir (Huang vd., 2021). Kentsel genişlemenin birçok çevresel etkisi vardır ve kentleşme süreçleri doğal alanları önemli ölçüde değiştirmektedir (Girardet, 2020). Kentleşme süreci; yüzey yayınırlığı, albedo ve pürüzlülük gibi arazi yüzeyi özelliklerini değiştirerek arazi yüzeyi ile güneş enerjisi arasındaki dengeyi değiştirir (Kaya, 2018; Grigoras ve Uritescu, 2019). Bu değişen özellikler nedeniyle kentsel iklimler, çevredeki iklim koşullarından farklı, benzersiz özelliklere sahiptir. Jeomorfolojik ve arazi örtüsü özelliklerine bağlı olarak, kentsel ve kırsal alanlar arasındaki sıcaklık farkı 10 °C'ye ulaşabilmektedir (European Environment Agency [EEA], 2012). Manley (1958) bu sıcaklık farkını Kentsel Isı Adası (KIA) etkisi olarak tanımlamıştır.

Kentsel ısı adaları, kentlerde kırsal alanlara kıyasla daha yüksek yüzey ve hava sıcaklıklarının görülmesi ile karakterize edilmektedir (Buyantuyev ve Wu, 2010; Filho vd., 2018; Forman, 2014; Hu vd., 2019; Kleerekoper vd., 2012; Song vd., 2014; Tromeur vd., 2012). Araştırmalar; yoğun kentsel alanların ve çıplak arazilerin KIA etkilerini artırdığını, kentsel yeşil alanların, ormanların ve su kütlelerinin ise bunları azalttığını göstermektedir (Amiri vd., 2009; Grigoras ve Uritescu, 2019). Bu durum, arazi örtüsü ile KIA etkisi arasındaki karmaşık ilişkinin hem bölgesel hem de yerel düzeylerde analiz edilmesini gerektirmektedir. Bu nedenle, KIA etkisi ile arazi kullanımı/arazi örtüsü (AK/AÖ) arasındaki ilişki kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Du ve arkadaşları (2020) tarafından yürütülen bir araştırmada; hızlı kentleşmenin KIA etkisinin mekânsal ve zamansal örüntüleri üzerindeki etkisi analiz edilmiş ve kentleşmenin KIA etkisine katkıda bulunduğu gösterilmiştir. Dolayısıyla; AK/AÖ değişimi ile AYS arasındaki ilişkiyi karakterize eden araştırmalar, bu dinamiklerin anlaşılmasının kentsel planlama ve etkili politikaların geliştirilmesi noktasında oldukça önemlidir (Tran vd., 2017).

Bu çalışmada, arazi örtüsü tipleri ile KIA etkisi arasındaki ilişkinin ortaya konulması, KIA etkisindeki alanların mekânsal dağılımının haritalandırılması ve kent merkezindeki mahalleler arasındaki AYS farklılıkların incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda; uzaktan algılama verileri, denetimsiz sınıflandırma algoritmaları ve istatistiksel değerlendirme yöntemleri kullanılmıştır. Henüz kentleşme sürecinde olan Ordu kentinde, iklim değişikliğine uyumu destekleyen adımların atılması gerekmektedir. Bu çalışma, yakın gelecekte Ordu kent merkezinde yapılacak birçok benzer çalışma için referans noktası olacaktır. Araştırma bulgularının, Ordu kentindeki iklim değişikliğine uyum süreçlerine rehberlik etmesi, kentteki ısı adalarını azaltmak için etkili stratejilerin geliştirilmesine katkıda bulunması ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesine yardımcı olması beklenmektedir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma Alanı

Ordu, Türkiye'nin Karadeniz kıyısındaki kentlerinden biridir. Şehir hızla kentleşmektedir ve kentsel nüfus her geçen yıl artmaktadır. 2022 yılı itibariyle kent merkezinde 185 096 kişi yaşamaktadır ve nüfus yoğunluğu 545 kişi/km²'dir (TÜİK, 2023). 1990-2018 yılları arasındaki 28 yıllık dönemde, Ordu ilinde kentsel dokuyu da içeren yapay yüzeylerin alanı %92 oranında artmıştır (Yeşil ve Güzel, 2021). Günümüzde de yapılaşmanın ve yeni yerleşimlerin oranı artmaya devam etmektedir. Özellikle Ordu Üniversitesi'nin merkez yerleşkesinin bulunduğu ve Ordu Şehir Hastanesi'nin inşa edilmekte olduğu Cumhuriyet Mahallesi en yoğun kentleşmenin görüldüğü mahalledir. Kent merkezini oluşturan mahalleler, yapılaşmış alan ve bitki örtüsü oranları bakımından çok farklı karakter taşımaktadır.

Güzelyalı, Kirazlimanı ve Karapınar mahallelerinde bitki örtüsünün yoğun olduğu bölgeler ağırlıkta iken Yeni, Subaşı ve Düz mahallelerinde bitki örtüsü oranı oldukça düşüktür.

Ordu kent merkezi için yıllık ortalama sıcaklık 14.5 °C olup, yıllık yağış miktarı 1064.4 mm'ye ulaşmaktadır (MGM, 2022). En yüksek ortalama sıcaklığa sahip ay 23.4 °C ile Ağustos'tur. En yüksek yağışa sahip ay ise Ekim'dir (131 mm). Thornthwaite (1948) iklim sınıflandırma sistemine göre kentin iklim sınıfı B2, B'2, s, b'4'tür (B2: Nemli, B'2: 2. derece mezotermal, s: Orta yaz açığı, b'4: Yaz buharlaşması: %50.5). Çalışma alanı olarak; Ordu kent merkezi ve çevresinin de dâhil olduğu 21 km x 21 km'lik bir alan ve kent merkezini oluşturan 21 mahalle seçilmiştir (Şekil 1). Ordu ilinin kuzeydoğusunda yer alan araştırma alanında yükseklik deniz seviyesinden başlayarak 1125 m'ye kadar çıkmaktadır. İlk olarak; Ordu kent merkezi ve yakın çevresine karşılık gelen bölge için arazi örtüsü ve AYS arasındaki ilişki değerlendirilmiş ardından 21 mahalle özelinde kent merkezine odaklanılmıştır.





Yöntem

Veriler ve Görüntü İşleme

Çalışmada hem spektral indeksler hem de AYS hesaplanacağından, Operasyonel Arazi Görüntüleyici (OLI) ve Termal Kızılötesi Sensör (TIRS) algılama araçlarını bir arada içeren ve değerlendirme için yeterli mekânsal çözünürlüğe (30 m) sahip Landsat 8 görüntüleri tercih edilmiştir. Söz konusu görüntüler, USGS Earth Explorer web sitesinden (https://earthexplorer.usgs.gov) ücretsiz şekilde indirilmiştir.

Çalışmada kullanılmak üzere 5 Haziran 2020'de yerel saatle 11.07'de (UTC+3) çekilen bir Landsat 8 görüntüsü seçilmiştir (Tablo 1). Tüm görüntü için bulut örtüsü %9 olmasına rağmen, çalışma alanı sınırına göre kırpılan görüntü tamamen bulutsuzdur. Uydu görüntüsünün kalitesini iyileştirmek ve görüntüdeki olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için geometrik ve radyometrik düzeltmeler uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan termal kızılötesi bandın (TIRS-bant 10) mekânsal çözünürlüğü 100 m olduğundan, optik bantların çözünürlüğünü (30 m) eşitlemek için en yakın komşu algoritması ile yeniden örnekleme yapılmıştır.

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Uydu Görüntüsüne İlişkin Bilgiler

Görüntü tarihi ve saati	Uydu ve sensör	Mekânsal çözünürlük (m)	Bulutluluk (%)
05.06.2020 - 08.07 (UTC)	Landsat-8 OLI/TIRS	30	9

Spektral İndekslerin Hesaplanması

Sınıflandırmada kullanılmak üzere, arazi örtüsü sınıflarının spektral özelliklerinden yararlanan birçok indeksten yararlanılmıştır. Denetimsiz sınıflandırma sürecinde girdi verisi olarak kullanılan spektral

indeksler Tablo 2'de gösterilmiştir. Bu indeksler, Landsat 8 uydusu üzerindeki OLI (Operational Land Imager) modülü tarafından sağlanan R, G, B, NIR ve SWIR gibi bantların çeşitli eşitliklere göre oranlanmasıyla elde edilmektedir. Bu indeksler arasında, oranlamayla elde edilen diğer iki endeksteki (NDVI ve NDBI) matematiksel farkla yalnızca BUI (Built-up Index) hesaplanır. Çalışmada bitki örtüsünü ön plana çıkaran 5 adet bitki örtüsü indeksi (DVI, NDVI, IPVI, WDVI, SAVI), yapılaşmış alanları belirlemede kullanılan 5 adet yapılaşma indeksi (NBI, NDBI, BAEI, BUI, UI) ve 5 adet su yüzeyi indeksi (NDWI-1, NDWI-2, MNDWI, AWEI, WRI) QGIS 3.16.6 yazılımında yer alan "Raster Calculator" aracı ile hesaplanmıştır. Her bir indeksin haritası bir sonraki adımda gerçekleştirilen denetimsiz sınıflandırmada girdi verisi olarak tanımlanmıştır.

İndeks	Eşitlik	Kaynak
DVI	$ \rho_{NIR} - \rho_R $	Lillesand vd. (2015)
NDVI	$(\rho_{NIR} - \rho_R)/(\rho_{NIR} + \rho_R)$	Tucker (1979)
IPVI	$\rho_{NIR}/(\rho_{NIR}+\rho_R)$	Crippen (1990)
WDVI	$ \rho_{NIR} - 0.96916 \times \rho_R $	Qi vd. (1994)
SAVI	$(\rho_{NIR} - \rho_R)/(\rho_{NIR} + \rho_R + 0.5) \times (1 + 0.5)$	Huete (1988)
NBI	$(\rho_{SWIR} \times \rho_R) / \rho_{NIR}$	Jieli vd. (2010)
NDBI	$(\rho_{SWIR} - \rho_{NIR})/(\rho_{SWIR} + \rho_{NIR})$	Zha vd. (2003)
BAEI	$(\rho_R + 0.3)/(\rho_G + \rho_{SWIR})$	Bouzekri vd. (2015)
BUI	NDBI — NDVI	He vd. (2010)
UI	$((\rho_{SWIR} - \rho_{NIR})/(\rho_{SWIR} + \rho_{NIR}) + 1) \times 100$	Kawamura vd. (1996)
NDWI-1	$(\rho_{NIR} - \rho_{SWIR})/(\rho_{NIR} + \rho_{SWIR})$	Gao (1995)
NDWI-2	$(ho_G - ho_{NIR})/(ho_G + ho_{NIR})$	McFeeters (1996)
MNDWI	$(\rho_G - \rho_{SWIR})/(\rho_G + \rho_{SWIR})$	Xu (2006)
AWEI	$4 \times (\rho_G - \rho_{SWIR2}) - (0.25 \times \rho_{NIR} + 2.75 \times \rho_{SWIR1})$	Mustafa vd. (2017)
WRI	$(\rho_G + \rho_R)/(\rho_{NIR} + \rho_{SWIR1})$	Shen ve Li (2010)

Tablo 2. Calısmada Kullanılan	Spektral İndeksler ve Formülleri
-------------------------------	----------------------------------

Arazi Örtüsünün Denetimsiz Sınıflandırma ile Elde Edilmesi

AYS'nin farklı arazi örtülerine göre değişimini belirlemek için öncelikle çalışma alanındaki arazi sınıflandırılmalıdır. Arazi örtüsü sınıflandırmaları, denetimli ve denetimsiz sınıflandırma yöntemleri ile yapılabilmektedir. Ancak denetimsiz sınıflandırma yöntemleri zaman ve maliyet açısından daha avantajlıdır. Denetimli sınıflandırma algoritmalarında çalışma alanı hakkında ön bilgi sahibi olmanız gerekirken, denetimsiz algoritmalarda böyle bir gereklilik bulunmamaktadır (Mohammady vd., 2015). Bu çalışmada arazi örtüsü sınıflandırması için denetimsiz sınıflandırma algoritmaları olarak Kortalamalar ve ISODATA kullanılmıştır. Her iki algoritma da tek tek veya bir arada Landsat 8 OLI/TIRS görüntülerinin denetimsiz sınıflandırılmasında başarıyla uygulanmıştır (Herbei vd., 2015; Mohamed, 2021; Taufik vd., 2019; Yilmaz vd., 2023). Bu algoritmalar temelde kümeleme algoritmalarıdır. Kümeleme algoritmaları, benzer spektral özelliklere sahip nesneleri (bu makalede nesneler piksellerdir) aynı kümede gruplandırma işlemleridir. Kümeleme algoritması olarak K-ortalamalar, verileri önceden tanımlanmış merkez noktaları ile veri nesnesi arasındaki mesafeye göre k kümeye ayırır (Rajab ve George, 2021). ISODATA algoritmasının arkasındaki mantık K-ortalamalara benzese de, K-ortalamalar algoritmasının aksine, küme sayısı işlemden önce ayarlanmaz. Bu sınıf sayısı her yineleme boyunca aynı tutulurken, uygun sınıf numarası ISODATA algoritmasında istatistiksel olarak benzer özelliklere sahip kümeleri birleştirerek veya bölerek otomatik olarak belirlenmektedir (Abbas vd., 2016; Rajab ve George, 2021).

Sınıflandırma, açık kaynaklı bir CBS yazılımı olan QGIS 3.16.6 ile uyumlu olan Yarı Otomatik Sınıflandırma Eklentisi (SCP) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Congedo, 2021). Python tabanlı bir eklenti olan SCP; Landsat, MODIS ve Sentinel gibi popüler uydulardan gelen görüntülerin indirilmesini ve işlenmesini sağlar. SCP eklentisi, etkinliği ve doğruluğu ile tanınan K-ortalamalar ve ISODATA

algoritmalarını kullanarak pratik görüntü sınıflandırmasına olanak tanımaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada sınıflandırma her iki algoritma ile de yapılmış ve sonuçlar en doğru yöntem seçilerek yorumlanmıştır. Araştırmanın birincil amacı; inşa edilmiş çevreler, bitki örtülü alanlar ve su kütleleri arasındaki AYS değerlerindeki farklılıkları değerlendirmektir. Bu nedenle, istenen sınıf sayısı 3 olarak belirlenmiş ve sınıflandırma süreci maksimum 10 yineleme ile gerçekleştirilmiştir.

Sınıflandırma Doğruluğunun Belirlenmesi

Bu çalışmada gerçekleştirilen denetimsiz sınıflandırmanın doğruluğunu değerlendirmek için hata matrisi kullanılarak bir doğruluk değerlendirmesi yapılmıştır. Hata matrisi, sınıflandırma sonuçlarının referans verilerle karşılaştırılmasını kolaylaştıran satır ve sütunların tablo biçiminde düzenlenmesinden oluşur. Bu matris, sınıflandırma doğruluğunun değerlendirilmesini sağlamakla birlikte hataları kategorilere ayırarak sınıflandırma modelinin tahmin yeteneklerini artırır (Stehman, 2009). Hata matrisi kullanılarak denetimli veya denetimsiz sınıflandırma algoritmalarının performansı nicel olarak ölçülebilmektedir. Ayrıca, hata matrisi temelinde hesaplanan doğruluk göstergelerinin yardımıyla sınıflandırma algoritmaları arasında birden fazla karşılaştırma yapılabilirken, en yüksek doğruluğa sahip algoritma da bu yolla seçilebilmektedir.

Sınıflandırma doğruluğunu belirlemede, referans veri olarak kullanılacak yeterli kontrol noktasının belirlenmesi önem arz etmektedir. Denetimsiz sınıflandırmanın doğruluğunu test etmek için, bu çalışmada önceki benzer çalışmalarda tercih edilen 200 adet yer kontrol noktası yeterli kabul edilmiştir (Ismail ve Jusoff, 2008; Talukdar vd., 2020). Sınıfların alan büyüklüğüne göre tabakalı rastgele örnekleme yoluyla 3 arazi örtüsü sınıfına atanmıştır. Buna göre; 200 kontrol noktasından 24'ü yapılaşmış alana, 115'i bitki örtüsüne ve 61'i su yüzeyi sınıflarına karşılık gelmiştir. Yüksek çözünürlüklü ve uygun zaman aralığına sahip Google Earth Pro görüntüleri değerlendirme için referans verisi olarak kullanılmıştır. Sınıflandırma sonucunda arazi sınıfının atandığı noktanın gerçek arazi sınıfı Google Earth Pro yazılımı kullanılarak kontrol edilmiştir. Bu işlem her kontrol noktası için tekrarlanarak bir hata matrisi oluşturulmuştur. Hata matrisinin geliştirilmesinin ardından, her iki sınıflandırma algoritması için üretici ve kullanıcı doğruluğu, genel doğruluk ve kappa istatistikleri hesaplanmıştır (Congalton ve Green, 2019; Olofsson vd., 2014). Genel doğruluk, sınıflandırma sonucunda doğru tespit edilen nokta sayısının toplam nokta sayısına oranının yüzdesidir. Arazi sınıfları ölçeğinde sınıflandırma doğruluğu, üretici ve kullanıcı doğruluğu kullanılarak değerlendirilmiştir. Üretici doğruluğu, referans verilere göre bir arazi örtüsü sınıfı içinde doğru sınıflandırılan noktaların o arazi örtüsü sınıfındaki toplam nokta sayısına oranı olarak tanımlanır. Sınıflandırma veya harita veri kümelerinden türetilen kullanıcı doğruluğu, bir sınıf içinde doğru tespit edilen noktaların o arazi sınıfındaki toplam nokta sayısına oranı olarak hesaplanmaktadır (Everitt vd., 2008). Kappa değeri, bir sınıflandırma sürecinin sonuçları ile referans veriler arasındaki eşleşme düzeyinin istatistiksel bir göstergesidir (Talukdar vd., 2020). %80'in üzerindeki bir kappa istatistik değeri, sınıflandırma sonuçları ile gerçek referanslı veriler arasında sağlam bir uyuma işaret eder (Jensen, 2015). Kappa istatistiği aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\widehat{K} = \frac{N\sum_{i=1}^{k} x_{ii} - \sum_{i=1}^{k} (x_{i+} * x_{+j})}{N^2 - \sum_{i=1}^{k} (x_{i+} * x_{+j})}$$
(1)

Burada N, toplam referans noktası sayısı; k, hata matrisindeki arazi sınıflarını gösteren satır sayısı; x_{ii}, satır i ve sütun i için doğru sınıflandırılan nokta sayısı; x_{i+} ve x_{+j}, sırasıyla satır i ve sütun j'deki toplam gözlem sayılarıdır.

Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS) Haritasının Oluşturulması

AYS, KIA etkisinin incelemesinde oldukça önemli bir parametredir. Radyometrik sıcaklık olarak da adlandırılan AYS, Dünya yüzeyinin sıcaklığını belirtmektedir (Almeida vd., 2021). Bu ölçüm genellikle uydu platformlarına yerleştirilen termal kızılötesi sensörlerle yapılmaktadır (Stewart ve Mills, 2021). Uzaktan algılama verilerinden, Dünya yüzeyinin radyatif özelliklerini belirlemek için kullanılabilen AYS'yi hesaplamak mümkündür (Almeida vd., 2021). Dahası, bu coğrafi olarak referanslanmış verilerin

(2)

(3)

çoğuna serbestçe erişilebilmektedir (Stewart ve Mills, 2021). Kızılötesi uzaktan algılama görüntülerinden türetilen AYS haritaları, KIA etkisinin mekânsal dağılımını ve kentsel yüzey özellikleriyle ilişkisini incelemek için yaygın olarak uygulanmaktadır (Algretawee vd., 2019; Chen ve Zhang, 2017; Gui vd., 2019; Sfîcă vd., 2023). AYS'nin uygulama alanı KIA çalışmalarıyla sınırlı değildir. AYS, küresel iklim değişikliği (Pandey vd., 2022; Zou vd., 2020), kriyosfer erimesi (Fang vd., 2023; Zhong vd., 2020;) ve böcek istilası (Farrah vd., 2017) gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır.

AYS, Landsat-8'deki termal bant (TIRS-1) kullanılarak elde edilmiştir. Landsat uydusundan elde edilen görüntülerin biçimi Dijital Sayılar (DN) formatındadır. Bu nedenle, AYS'yi hesaplamak için yaygın olarak kullanılan aşağıdaki algoritma izlenmiştir (Artis ve Carnahan, 1982). İlk adım, termal banttaki dijital sayıları Atmosfer Üstü (TOA) spektral parlaklık değerine dönüştürmektir (USGS, 2013):

$$L_{\lambda} = M_L \times Q_{cal} + A_L$$

Burada L_{λ}, W m⁻² s r⁻¹ mm⁻¹ cinsinden spektral parlaklıktır; M_L, bant 10 için çarpımsal ölçekleme faktörüdür (0.0003342); A_L ise, bant 10 için eklemeli ölçekleme faktörüdür (0.1).

İkinci adım, spektral parlaklık değerini (L_{λ}) Parlaklık Sıcaklığı (T_{B}) değerine dönüştürmektir:

$$T_B = K_2 / (\ln(K_1/L_\lambda + 1)) - 273.15$$

 T_B , uydu seviyesindeki parlaklık sıcaklığını; K_1 ve K_2 ise, Landsat 8'deki bant 10 için termal dönüşüm sağlamak için kullanılan sabitleri temsil etmektedir. Landsat 8 OLI/TIRS için K_1 , 774.89 ve K_2 , 1321.08'dir. T_B değerini kelvinden santigrata dönüştürmek için 273.15 çıkarılmıştır.

Üçüncü adım, yayınırlık (ε) değerinin hesaplanmasını içermektedir. Bunun için, bitki örtüsü oranına dayalı bir yaklaşım benimsenmiştir (Carlson ve Ripley, 1997). Yayınırlık (emisivite), P_v ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$\varepsilon = 0.004 \times P_{\nu} + 0.986 \tag{4}$$

P_v, bitki örtüsü oranı olup, aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

$$P_{v} = [(NDVI - NDVI_{min})/(NDVI_{max} - NDVI_{min})]^{2}$$
(5)

Burada NDVI_{min}, çalışma alanının minimum NDVI değeri ve NDVI_{max}, çalışma alanının maksimum NDVI değeridir. NDVI, Eşitlik 6'daki matematiksel işlemle hesaplanmıştır (Guha vd., 2018; Kumar vd., 2022):

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

p_{NIR} yakın kızılötesi bant (Landsat 8 için bant 5) ve p_R kırmızı bandı göstermektedir (Landsat 8 için bant 4). NDVI değerleri - 1 ile 1 arasında değişmektedir. Genel olarak, NDVI değerleri su kütleleri için sıfırın altındadır. Ancak; çayırlar, çalılar, otlar ve ormanlar dahil olmak üzere tüm bitki örtüsü için pozitiftir (Jones ve Vaughan, 2010). Yoğun ve sağlıklı bitki örtüsü yüksek NDVI değerleri ile karakterize edilmektedir.

Son olarak; AYS, T_B ve emisivite (ϵ) değerleri kullanılarak hesaplanmıştır (Weng vd., 2004; Guha vd., 2018):

$$LST = T_B / [1 + (\lambda \times T_B / \rho) \times ln\varepsilon]$$

Burada; AYS, Celcius (°C) cinsinden arazi yüzeyinin sıcaklığını temsil etmektedir. λ , dalga boyunu (bant 10 için 10.9 mm), ϵ , yüzey emisivitesini; k, Boltzman sabitini (1.38×10⁻²³ J K⁻¹); ρ , 1.438×10⁻² m K değerini; c, ışık hızını (2.998×108 m s⁻¹) ve h, Planck sabitini (6.626×10⁻³⁴ J s) ifade etmektedir.

KIA Etkisinde Olan ve KIA Etkisinde Olmayan Alanların Çıkarılması

KIA ve KIA olmayan alanları belirlemek için bir eşik değeri hesaplanmıştır (Guha vd., 2017; Guha vd., 2018; Ma vd., 2010). Eşik değerini hesaplamak için ortalama AYS değeri (Eşitlik 8) ve standart sapma (Eşitlik 9) değerlerinin bilinmesi gerekmektedir.

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_i}{N} \tag{8}$$

(7)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (x_i - \mu)^2}{N}}$$

Burada x_i, piksel i'nin °C cinsinden AYS değeri, N çalışma alanındaki toplam piksel sayısı, μ çalışma alanının ortalama AYS değeri, σ çalışma alanındaki AYS değerlerinin standart sapmasıdır. Ortalama AYS değerinin yarısı (μ) ile çalışma alanındaki standart sapmanın (σ) toplamı eşik değerini vermektedie. Bir pikselin AYS değeri eşik değerinden büyükse, o piksel KIA etkisinde alan olarak tanımlanmıştır (Eşitlik 10). Tersi şekilde, pikselin AYS değeri eşik değerine eşit veya altındaysa, o piksel KIA etkisinde olmayan bir alan olduğu anlaşılmaktadır (Eşitlik 11). Bu işlem tüm çalışma alanı için tekrarlandığında, KIA ve KIA olmayan alanların haritası elde edilmiştir.

$$LST > \mu + 0.5 * \sigma \tag{10}$$

$$0 < LST \le \mu + 0.5 * \sigma$$

(10)

(9)

İstatistiksel Analiz

Arazi örtüsü çeşitleri ve mahalleler arasındaki ortalama AYS'deki farklılıklar istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Farklı arazi örtüsü tipleriyle ilişkili olarak ortalama AYS'deki farklılaşma durumu istatistikse tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile test edilmiştir (Stathopoulou vd., 2007; Li vd., 2014). Kent merkezindeki 21 mahallenin ortalama AYS'leri arasındaki fark aynı yöntem kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Ancak bu analizi gerçekleştirmek için öncelikle normallik ve varyans homojenliği gibi varsayımlar test edilmiştir (Jackson ve Ferguson, 1972). Verilerin normalliğini kontrol etmek için Shapiro-Wilk testinden yararlanılmıştır (Shapiro ve Wilk, 1965). Varyansların homojenliği Levene testi ile değerlendirilmiştir (Levene, 1960). Üç ya da daha fazla grup için ortalamalar karşılaştırılmak istendiğinde verilerin normal dağılıp dağılmadığına göre parametrik ya da parametrik olmayan testler tercih edilmektedir. Bu çalışmada her iki gruba ait veriler normal dağıldığı için ANOVA testi tercih edilmiştir. Ancak bu ön koşul mevcut değilse bu analiz ancak Kruskal-Wallis (Kruskal ve Wallis, 1952) gibi parametrik olmayan bir yöntemle yapılabilmektedir. Varyans analizi grup ortalamalarındaki farkı ortaya koymasına rağmen, ikili karşılaştırmalarda post-hoc testler kullanılmaktadır. Bu noktada uygun testin seçimi varyansların homojenliğine bağlıdır. Levene testi sonucunda veri seti için varyansların homojen dağıldığı görülmüştür. Bu nedenle ikili karşılaştırmalarda Tukey HSD (a=0.05) kullanılmıştır (Tukey, 1949). Tukey testindeki anlamlılık düzeyi farklı araştırmacılar tarafından farklı değerlerde alınabilse de birçok çalışmada yaygın olarak kabul görmüş bir düzey olduğundan, bu çalışmada %5 düzeyi tercih edilmiştir. Tukey testi sonucunda anlamlı olarak farklı olduğu bulunan gruplar sembolize edilmiş ve küçük harflerle işaretlenmiştir.

Son olarak, KIA ve KIA olmayan alanlar arasındaki AYS farkını tespit etmek için bağımsız örneklem ttesti kullanılmıştır (Ross ve Willson, 2017). ANOVA testinin aksine, bu test için iki bağımsız grubun olması yeterlidir. Bu çalışma için gruplar KIA ve KIA olmayan bölgelerdir. Bu iki grup arasındaki AYS ortalamasındaki farkın düzeyi ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı bağımsız örneklem t-testi (a=0.05) ile ortaya çıkarılmıştır. Verilerin normal dağılım göstermediği bir durumda, t-testinin parametrik olmayan eşdeğeri olan Mann-Whitney U testi, iki grubun ortalamalarını karşılaştırmak için kullanılmaktadır (McKnight ve Najab, 2010). T-testi sonucunda iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı çıkarsa, grup ortalamaları farkı, KIA bölgesi ile KIA bölgesi olmayan bölgeler arasındaki yüzey sıcaklığı farkını vermektedir.

Bulgular ve Tartışma

K-ortalamalar ve ISODATA algoritmaları ile gerçekleştirilen sınıflandırmanın sonuçları Şekil 2'de verilmiştir. Denetimsiz sınıflandırmaların doğruluğunu test etmek için kappa katsayısı ve genel doğruluk hesaplanarak değerler Tablo 3'te gösterilmiştir. ISODATA sınıflandırma sonuçlarına göre üretici ve kullanıcı doğruluğu su yüzeyleri sınıfı için %100'dür. Yapılaşmış alanları temsil eden 24 kontrol noktasından 23'ü doğru tahmin edilmiştir; dolayısıyla bu sınıf için üretici doğruluğu %95.8'dir. Bitki örtüsü için üretici doğruluğu ise %98.3 olarak hesaplanmıştır. Bitki örtüsü sınıfında iki kontrol noktası yanlış tahmin edilerek yapılaşmış alan sınıfına atanmıştır. Su yüzeylerinin tahmininde hata yapmayan

algoritma, yapılaşmış alanlar ve bitki örtüsü sınıflarında kabul edilebilir sınırlar içinde hata göstermiştir. K-ortalamalar algoritması ile oluşturulan arazi sınıflarının hata düzeyi ISODATA algoritmasınınkine benzerdir. Yapılaşmış alanlar için üretici doğruluğu %91.7 iken, bitki örtüsü için %99.1'dir. Sonuç olarak, arazi örtüsü sınıflandırması için genel doğruluk değeri ve kappa katsayısının her iki sınıflandırma yöntemi için de eşit olduğu görülmüştür. Genel doğruluk %98.5 ve kappa istatistiği 0.973'tür. Genel doğruluk düzeyi %90'ın üzerinde ve kappa istatistiği 0.8'in üzerindeyse, sınıflandırılmış görüntü ile gerçek veriler arasında güçlü bir eşleşme olduğu anlaşılmaktadır (Jensen, 2015). Bu nedenle, iki yöntem kullanılarak elde edilen sınıflandırma haritasının da isabetli sonuç verdiği görülmüştür.

Tablo 4'te iki sınıflandırma algoritması ile elde edilen arazi örtüsü alanları hektar ve yüzde olarak gösterilmiştir. Çalışma alanı 21 km x 21 km büyüklüğünde olduğundan toplam alan 44.100 hektardır. ISODATA algoritması ile elde edilen arazi örtüsü haritasına göre yapılaşmış alanlar çalışma alanının %8.8'ini oluştururken, K-ortalamalar algoritmasına göre bu oran %7.9'dur. Bitki örtüsü ile kaplı alanların oranı ISODATA algoritmasına göre %58.6 iken K-ortalamalar algoritmasına göre %59.5'tir. Su yüzeyi ile kaplı alanların oranı her iki sınıflandırma algoritmasına göre çalışma alanının %32.6'sına karşılık gelmektedir.



9	Sekil 2.	ISODATA ve	K-ortalamalar	Siniflandirmanir	n Sonuclar
5		1300/11/100	K of tulumului	Jinnunununun	i Sonaçıar

Genel doğruluk (%)

Sınıflandırılmış veri		Referans Veri							
		Yapılaşmış a.	Bitki ö.	Su y.	Satır toplamı	Üretici doğr. (%)	Kullanıcı doğr. (%)		
1	Yapılaşmış alan	23	2	0	25	95.8	92.0		
ISODAT#	Bitki örtüsü	1	113	0	114	98.3	99.1		
	Su yüzeyi	0	0	61	61	100.0	100.0		
	Sütun toplamı	24	115	61	200				

98.5

Tablo 3. ISODATA ve K-ortalamalar	Sınıflandırmaya	İlişkin Hata Matrisi
-----------------------------------	-----------------	----------------------

	Kappa istatistiği		0.973						
Sınıflandırılmış veri		Referans Veri							
		Yapılaşmış a.	Bitki ö.	Su y.	Satır toplamı	Üretici doğr. (%)	Kullanıcı doğr. (%)		
alar	Yapılaşmış alan	22	1	0	23	91.7	95.7		
ame	Bitki örtüsü	2	114	0	116	99.1	98.3		
tal	Su yüzeyi	0	0	61	61	100.0	100		
K-or	Sütun toplamı	24	115	61	200				
	Genel doğruluk (%	6)	98.5						
	Kappa istatistiği		0.973						

Sınıflandırma	Yapılaşmış alan		Bitki örtüsü		Su yüzeyi		Toplam	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
ISODATA	3 880.8	8.8	25 842.6	58.6	14 376.6	32.6	44 100	100.0
K-ortalamalar	3 483.9	7.9	26 239.5	59.5	14 376.6	32.6	44 100	100.0

Tablo 4. Arazi Örtüsü Tiplerinin Alansal Ve Oransal Büyüklükleri

Çalışma alanı ölçeğinde AYS'nin mekânsal dağılım deseni Şekil 3'te gösterilmiştir. Kırmızı tonlarındaki alanlar yüksek AYS değerini, mavi renk tonundaki alanlar ise nispeten düşük AYS değerlerini göstermektedir. Çalışma alanındaki AYS değeri 16.4 °C ile 32.7 °C arasında değişmektedir. Arazi örtüsü (Şekil 2) ve AYS haritası (Şekil 3) dikkate alındığında, en yüksek yüzey sıcaklıklarının büyük ölçüde yerleşim alanlarıyla örtüştüğü görülmektedir.



Şekil 3. Çalışma Alanının AYS Haritası (21 km x 21 km)

Tek yönlü varyans analizine göre, üç arazi sınıfı (yapılaşmış alan, bitki örtüsü, su yüzeyi) arasında AYS açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır (Tablo 5). Varyansların homojen olması nedeniyle, hangi sınıfların birbirinden farklı olduğunu belirlemek için çift yönlü karşılaştırma testi olan Tukey's HSD kullanılmıştır. Tablo 5'te, AYS ortalamalarının yanındaki küçük harfler farklı grupları göstermektedir. Dolayısıyla, üç arazi sınıfı AYS ortalamaları açısından birbirinden farklıdır. Çalışma alanındaki yapılaşmış alanlarda, ortalama AYS; bitki örtüsünden 3 °C daha yüksektir. En düşük AYS ortalamasına sahip arazi sınıfı, 17.3 °C ile su yüzeyleridir. Çalışma alanında, en yüksek AYS değeri (32.7 °C) yapılaşmış alanlarda gözlenirken, en düşük AYS değeri ise 16.4 °C ile su yüzeyindedir (Tablo 5). Konuyla ilgili yapılan çalışmalarda, bu üç temel arazi örtüsü için ortalama AYS değerlerinin yüksekten düşüğe doğru yapılaşmış alanlar, bitki örtüsü ile kaplı alanlar ve su yüzeyleri olarak sıralandığı konusunda fikir birliği bulunmaktadır. Ayrıca, Çin'in Guangzhou kentindeki yerleşim alanlarındaki ortalama AYS'nin orman alanından ve su kütlelerinden daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Sun vd., 2012). İran'ın Maraqeh kentinde yürütülen bir başka çalışmada ise kentsel alanlardaki ortalama AYS değerinin 33.7 °C olarak bulunmuş olup, bu değer su kütlelerindeki ve otlaklar ile meyve bahçeleri gibi bitki örtüsü ile kaplı alanlardaki ortalama AYS değerini gibi bitki örtüsü ile kaplı alanlardaki ortalama AYS değerini gibi bitki örtüsü ile kaplı alanlardaki ortalama AYS değerini as.7 °C olarak

Bu araştırmanın odaklandığı bölgenin topoğrafik özellikleri, AYS ile arazi örtüsü tipi arasındaki ilişkiyi etkileyen ana faktörlerdir. Çin'in Hangzhou kentinde yürütülen bir çalışmanın sonuçları; yükseklik, eğim, bakı ve rölyef özelliklerinin AYS ile güçlü bir şekilde ilişkili olduğunu ortaya koymuştur (Peng vd., 2020). Yükseklik ve AYS arasında genellikle negatif bir korelasyon bulunduğundan AYS değerlerinin yükseklikle birlikte azalması beklenir (Peng vd., 2020; Stroppiana vd., 2014; Ullah vd., 2023). Bununla

birlikte, Maraqeh kentinde yapılan çalışmanın sonuçları bunun tersini göstermektedir. Çalışmada, düşük rakımlı taşkın ovalarında daha düşük AYS değerleri gözlemlenirken, yükseklik arttıkça kayalık ve çıplak toprakla kaplı alanların artması sonucunda AYS değerlerinde önemli artışlar meydana gelmiştir (Feizizadeh vd., 2013).

	Sınıf (ISODATA)	Ν	Ortalama	Minimum	Maksimum	Std. Sapma
AV(C (8 C)	Yapılaşmış alan	42793	25.6	18.0	32.7	2.375
AYS (°C)	Bitki örtüsü	286479	22.6	18.2	30.3	1.095
	Su yüzeyi	159329	17.3	16.4	31.4	0.806

Tablo 5. Arazi örtüsü tipleri arasındaki ortalama AYS bakımından farklılıklar

Kent merkezindeki mahalleleri kapsayan alandaki AYS değerlerinin dağılımı Şekil 4'te gösterilmiştir. Kırmızı alanlar yüksek AYS değerlerini, mavi alanlar ise nispeten düşük AYS değerini göstermektedir. Kent merkezindeki AYS değerleri 18.9 °C ile 32.7 °C arasında değişmektedir. Şekil 4'te AYS değerlerinin mahalleler arasında homojen bir şekilde dağılmadığı açıkça görülmektedir. Örneğin; Güzelyalı ve Kirazlimanı mahallelerinde nispeten düşük AYS değerleri görülürken; Düz, Yeni ve Şarkiye mahalleleri ile Karapınar mahallesinin kuzeyinde çok daha yüksek AYS değerleri gözlenmektedir. Çeşitli mahalleler arasında AYS'deki farklılıkları istatistiksel olarak değerlendirmek için gerçekleştirilen varyans analizinin sonuçları Tablo 6'da ayrıntılı olarak verilmiştir.



Şekil 4. Kent Merkezi ve Mahalleler Ölçeğinde AYS Haritası

1: Akyazı, 2: Aziziye, 3: Bahçelievler, 4: Bucak, 5: Cumhuriyet, 6: Durugöl, 7: Düz, 8: Güzelyalı, 9: Karapınar, 10: Karşıyaka, 11: Kirazlimanı, 12: Kumbaşı, 13: Şahincili, 14: Saray, 15: Şarkiye, 16: Selimiye, 17: Şirinevler, 18: Subaşı, 19: Taşbaşı, 20: Yeni, 21: Zaferimilli

En yüksek AYS ortalamasına sahip mahalleler Yeni (30.6 °C) ve Düz (29.8 °C) olup, ikisi arasında anlamlı bir fark yoktur (p<0.05). Bu mahallelerin ortak özellikleri; yapı yoğunluğunun yüksek, yapılar arasındaki mesafenin dar ve yeşil alan miktarının diğer mahallelere göre daha az olmasıdır. En düşük AYS ortalamasına sahip mahalleler ise Güzelyalı ve Kirazlimanı'dır. Her iki mahallede de yapılaşma denize yakın alanlarda veya denize bakan yamaçlarda yoğunlaşmıştır. Bu nedenle, mahalle alanlarının çoğu bitki örtüsü ile kaplıdır. Yoğun bitki örtüsü nedeniyle mahallelerin AYS ortalaması düşmektedir. Ortalama AYS açısından düşük sıralarda yer almasına rağmen en yüksek maksimum AYS'ye sahip mahalle Karapınar'dır (32.7 °C). Bunun nedeni mahalledeki arazi kullanımındaki dengesizliktir. Mahallenin kuzeyinde şehrin en önemli sanayi bölgesi yer almakta olup, en yüksek AYS burada kaydedilmiştir. Ancak mahallenin orta ve güney kesimlerinde neredeyse tamamen kırsal yapı görülmektedir. Sonuç olarak; minimum ve maksimum AYS arasındaki fark burada diğer tüm mahallelere göre daha yüksektir (12.7 °C). KIA alanlarının ortaya çıkarılması için eşik değeri 27.4 °C olarak hesaplanmıştır. AYS değeri bu eşik değerinin üstünde olan alanlar KIA etkisindeki alanları, eşiğin altında olan alanlar ise KIA etkisinde olmayan alanlardır. Bu alanların mekânsal dağılımı Şekil 5'te sunulmaktadır. Kent merkezinde KIA etkisinde olan ve olmayan alanlar arasında yüzey sıcaklığı bakımından p<0.05 düzeyinde anlamlı fark bulunmaktadır (Şekil 6). KIA etkisinin kapsamındaki alanların ortalama yüzey sıcaklığı, KIA etkisinde olmayan alanlardan 4.7 °C daha yüksektir. Kentlerin morfolojik ve topoğrafik yapısı, iklim özellikleri, yapılarda kullanılan malzemeler, açık-yeşil alanların oranı gibi birçok faktör KIA etkisinde olmayan alanlar arasındaki AYS farkını belirlemektedir (Chen vd., 2021; Kuang vd., 2014; Liu vd., 2021). Örneğin; İtalya'da yürütülen benzer bir çalışmada, KIA etkisindeki alanların ortalama AYS değerinin KIA etkisinde olmayan alanlardan 7.5 °C, Napoli'de ise 12.1 °C daha yüksek olduğu hesaplanmıştır (Guha vd., 2018). Hindistan'ın Raipur kentinde, yaz mevsiminin başında, KIA etkisinde olan ve olmayan bölgeler arasında 2.7 °C'lik bir fark gözlemlenmiştir (Guha vd., 2020).

	Mahalle	N (adet)	Ortalama	Minimum	Maksimum	Std. Sapma
	Yeni	584	30.6* ^a	28.8	31.7	0.67
	Düz	134	29.8 ^{ab}	24.6	32.0	1.86
	Subaşı	288	29.7 ^b	27.3	31.5	0.89
	Şarkiye	291	29.5 ^b	23.4	32.1	2.18
	Bahçelievler	544	28.9 ^{bc}	23.9	30.9	1.45
	Akyazı	1645	28.6 ^{cd}	24.4	31.3	1.37
	Şirinevler	1216	28.5 ^{cd}	25.5	30.2	0.97
	Selimiye	666	28.2 ^d	22.5	31.1	2.28
	Saray	117	27.6 ^{de}	23.2	30.1	1.86
	Şahincili	2587	27.0 ^e	22.7	31.0	1.73
AYS (°C)	Aziziye	183	26.6 ^f	22.4	30.3	2.02
	Bucak	1670	26.6 ^{fg}	21.7	31.6	3.11
	Durugöl	1304	26.6 ^{fg}	20.0	30.1	2.16
	Taşbaşı	268	26.2 ^{fg}	20.9	29.5	1.57
	Karşıyaka	3216	26.1 ^g	21.5	31.5	2.39
	Cumhuriyet	4109	25.3 ^h	20.1	29.2	1.45
	Karapınar	4976	24.9 ⁱ	20.0	32.7	2.48
	Zaferimilli	321	24.7 ⁱ	21.2	29.4	2.72
	Kumbaşı	1649	24.1 ^j	20.2	28.0	1.63
	Güzelyalı	1613	23.3 ^k	18.9	29.4	2.51
	Kirazlimanı	1111	23.1 ^k	20.2	28.6	1.75

Tablo 6. Kent Merkezindeki Mahalleler Arasındaki AYS Farklılığı

* Küçük harfler Tukey testine göre p<0.05 düzeyinde farklı grupları göstermektedir.



Şekil 5. Kent Merkezi Ölçeğinde KIA Etkisindeki Alanların Mekânsal Dağılımı



Şekil 6. KIA Etkisinde Olan Ve Olmayan Alanlardaki Ortalama AYS Farkı (p<0.05)

Kent merkezindeki AYS profilleri ile arazi örtüsü arasındaki ilişki Şekil 7'de gösterilmiştir. AYS değerleri, deniz ve akarsu gibi su kütleleri üzerinde önemli ölçüde azalmaktadır. En yüksek AYS profillerine sahip alanlar yapılaşmış alanları temsil etmektedir. AYS, yapılaşmış alanlar içinde dağılmış bitki örtüsüyle kaplı alanlarda azalma eğilimindedir. AYS'nin yapılaşmış alanlarda çevredeki su yüzeyleri ve bitki örtüsünden daha yüksek olması KIA etkisiyle karakterize edilmektedir. Yapılaşmış alanlardaki AYS dalgalanmalarının nedeninin, yüzey kaplamalarında veya çatılarda kullanılan malzemeler ile binaların yoğunluğu gibi faktörlerle ilgili olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 7. Kent Merkezinden Alınan Arazi Örtüsü-AYS Profilleri

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, KIA etkisi ile arazi örtüsü arasındaki ilişkiyi belirlemek için uzaktan algılama verilerine dayalı bir araştırma yürütülmüştür. Üç temel arazi örtüsü sınıfı için denetimsiz sınıflandırma yapılmıştır: yapılaşmış alanlar, bitki örtüsü ile kaplı alanlar ve su yüzeyleri. Sonuç olarak; yapılaşmış alanlardaki AYS ortalamasının çevredeki yapılaşmamış alanlardan önemli ölçüde daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu nedenle, Ordu kent merkezinde "kentsel ısı adası" etkisinden bahsedilebilmektedir. Bununla birlikte, söz konusu ısı adalarının dağılımı homojen değildir. Kent merkezinde, henüz tamamen yapılaşmamış bazı mahalleler nispeten daha avantajlı durumdadır. Yakın gelecekte bu mahallelerde ısı adalarının oluşmasını önlemek için iklim tabanlı bir arazi kullanım planlaması yapılmalıdır.

Dünya çapında birçok araştırmacı; kentlerde fiziksel, sosyal ve sağlıkla ilgili problemlere neden olan KIA etkisini azaltmak için çalışmalar yürütmektedir (Akbari vd., 2015; Cao vd., 2023; Ren vd., 2013; Wang, 2019; Yang vd., 2022;). Bu kapsam ülkeler ölçeğinde genişletildiğinde, iklim değişikliği olgusunun zararlarından korunmak ve iklim değişikliğiyle mücadele etmek için önemli adımlar atıldığı görülmektedir. Kentlerde KIA etkisini azaltmak için bölgesel ve yerel ölçeklerde envanter ve haritalama çalışmaları yapılmalıdır. Bu çalışma, Ordu kenti ve yakın çevresi için KIA etkisini haritalama ve arazi örtüsüyle ilişkilendirme konusundaki ilk adımlardan biridir. Bu açıdan, gelecekte kentte ve Karadeniz Bölgesi'nde yapılacak diğer çalışmalar için önemli bir referans olacaktır.

Oluşturduğumuz AYS haritasında, yüksek AYS değerlerinin kent merkezinde yoğunlaştığını gözlemledik. Ordu kent merkezinde, yeşil örtü çevredeki kırsal alanlara kıyasla genellikle sınırlıdır ve geçirimsiz yüzeyler yaygındır. Buna ek olarak; motorlu taşıtlar, sanayi alanları ve konutlar gibi antropojenik ısı kaynakları da kent merkezinde yer almaktadır. Küresel iklim değişikliğiyle birlikte artan ortalama sıcaklıklar devreye girdiğinde, özellikle yaz aylarında KIA etkisi hissedilmekte ve termal konfor seviyesi önemli ölçüde düşmektedir. Çalışmanın sonuçları; arazi örtüsü tipi ile KIA oluşumu arasındaki bağlantıyı doğrulamıştır. Üç temel arazi sınıfı arasında en yüksek AYS ortalaması, yapılaşmış alanlarda gözlenmiştir. Ordu kenti, nüfus artışı nedeniyle özellikle güney ve doğu yönlerinde kentsel genişleme sürecindedir. Bu kentleşme süreci, bitki örtüsünün yapılaşmış alanlara dönüşmesine neden olmakta ve geçirimsiz yüzeylerin oranını artırmaktadır. Bu nedenle yerel ölçekte alınması gereken ilk önlem, kentsel genişlemenin kontrol altına alınmasıdır. Kentsel morfoloji, kentlerde KIA oluşumunu ve KIA etkisindeki alanların dağılımını önemli ölçüde etkilemektedir (Huang ve Wang, 2019; Liu vd., 2020; Touchaei ve Wang, 2015; Zhou ve Hong, 2018). Yapılaşma yönündeki kontrolsüz arazi değişiklikleri, KIA etkisindeki alanların genişlemesine neden olabilir.

Kentsel yeşil alanların, şehirlerdeki yaşam kalitesini artırdığı ve kentsel yaşana bilirliği geliştirdiği yaygın olarak kabul edilmektedir (Grilo vd., 2020). Kentsel yeşil alanlar ve ağaçlar, kentlerde KIA etkisini azaltmada da önemli bir rol oynamaktadır. Sri Lanka'da yapılan bir çalışma, bitki örtüsünün KIA etkisini düzenlediğini ortaya koymuştur (Galagoda vd., 2018). Bu nedenlerden dolayı, kentteki yeşil altyapı sistemine odaklanan bir planlama yaklaşımı benimsenmelidir. Mevcut kentsel açıklıklar ve yol kenarları bitkilendirilmeli, kentteki bitki örtüsü oranı iyileştirilmelidir. Kentsel yeşil alanların sayısını artırmak, KIA etkisini azaltmak için yeterli olmayabilir (Azevedo vd., 2016; Bao vd., 2016). Yeşil alanların KIA etkisini azaltmadaki performansı, yeşil alanların büyüklüğü ve dağılımı, şehir planlaması ve kullanılan kentsel malzemelerin türü ve yerel meteorolojik koşullar gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Huang vd., 2018; Icaza ve Hoeven, 2017). Yeşil çatılar da KIA etkisini azaltma stratejilerinde önemli bir yere sahiptir (Akbari vd., 2015; Li vd., 2014; Mittermüller vd., 2021; Tan vd., 2009). Bu nedenlerden dolayı, kentsel ölçekte yeşil çatıların yaygın kullanımı KIA etkisininin yaratabileceği olumsuz durumları ortadan kaldırmaya yardımcı olabilir. Ayrıca, iklim faktörünü önceleyen kentsel yenileme çalışmalarının genel olarak mikroklimatik koşulları iyileştirdiğine dair önemli araştırmalar bulunmaktadır (Yucekaya ve Tirnakci, 2023).

Çalışmaya sınırlı sayıda arazi örtüsü sınıfı dahil edilmiştir. Ancak gelecekteki araştırmalarda, daha fazla arazi örtüsü sınıfı ya da "Yerel İklim Bölgeleri" gibi iklim çalışmaları için geliştirilen etkili sınıflandırma yöntemleri kullanılabilir. Ayrıca, bu çalışmada, AYS tahmini tamamen uzaktan algılama verileri kullanılarak yapılmıştır. Hesaplanan AYS değerinin doğruluğunu değerlendirmek için çalışma sonuçlarının yersel ölçümlerle desteklenmesi önemlidir.

Kent çevresindeki kentsel yeşil alanlar ve doğal/yapay bitki örtüsü alanları, kentleri ve kentlerde yaşayan sakinleri iklim değişikliğinin olası olumsuz etkilerinden korumada önemli bir yere sahiptir. İklim değişikliği mikro, makro ve küresel ölçekte kaçınılmaz bir olgudur. Bu nedenle kentsel ölçekte risk bölgelerini belirlemek ve gerekli önlemleri almak elzemdir. Bilhassa kentin yeni gelişim gösterdiği alanlarda ısı adalarının oluşumunu önlemek veya etkilerini hafifletmek için etkili bir arazi kullanım planlaması yapılmalıdır. İklim değişikliğine uyum politikalarının etkili bir şekilde formüle edilmesiyle olası olumsuz etkilere karşı daha dirençli kentler yaratılabilecektir.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleyi birlikte yazdı, okudu ve onayladı.

Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

ORCID

 Mesut Güzel
 https://orcid.org/0000-0001-6172-5812

 Pervin Yeşil
 https://orcid.org/0000-0003-4395-6881

Kaynaklar

- Abbas, A. W., Minallh, N., Ahmad, N., Abid, S. A. R. ve Khan, M. A. A. (2016). K-Means and ISODATA clustering algorithms for landcover classification using remote sensing. *Sindh University Research Journal*, *48*(2), 315-318. <u>http://sujo.usindh.edu.pk/index.php/SURJ/article/view/2358/2008</u>
- Akbari, H., Cartalis, C., Kolokotsa, D., Muscio, A., Pisello, A. L., Rossi, F. ve Zinzi, M. (2016). Local climate change and urban heat island mitigation techniques-the state of the art. *Journal of Civil Engineering and Management*, 22(1), 1-16. https://doi.org/10.3846/13923730.2015.1111934
- Algretawee, H., Rayburg, S. ve Neave, M. (2019). Estimating the effect of park proximity to the central of Melbourne city on Urban Heat Island (UHI) relative to Land Surface Temperature (LST). *Ecological Engineering*, *138*, 374-390. <u>https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.07.034</u>
- Almeida, C. R. D., Teodoro, A. C. ve Gonçalves, A. (2021). Study of the urban heat island (UHI) using remote sensing data/techniques: A systematic review. *Environments*, 8(10), 105. <u>https://doi.org/10.3390/environments8100105</u>
- Amiri, R., Weng, Q., Alimohammadi, A. ve Alavipanah, S. K. (2009). Spatial-temporal dynamics of land surface temperature in relation to fractional vegetation cover and land use/cover in the Tabriz urban area, Iran. *Remote Sensing of Environment*, *113*, 2606-2617. <u>https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.07.021</u>
- Artis, D. A. ve Carnahan, W. H. (1982). Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. *Remote Sensing of Environment*, *12*(4), 313-329. <u>https://doi.org/10.1016/0034-4257(82)90043-8</u>
- Azevedo, J., Chapman, L. ve Muller, C. (2016). Quantifying the daytime and night-time urban heat island in birmingham, uk: a comparison of satellite derived land surface temperature and high resolution air temperature observations. *Remote Sensing*, 8(2), 153. <u>https://doi.org/10.3390/rs8020153</u>
- Bao, T., Li, X., Zhang, J., Zhang, Y. ve Tian, S. (2016). Assessing the distribution of urban green spaces and its anisotropic cooling distance on urban heat island pattern in Baotou, China. *ISPRS International Journal of Geo-information*, 5(2), 12. <u>https://doi.org/10.3390/ijgi5020012</u>
- Bouzekri, S., Lasbet, A. A. ve Lachehab, A. A. (2015). New spectral index for extraction of built-up area using Landsat-8 data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, *43*, 867-873. https://doi.org/10.1080/10106049.2018.1497094
- Buyantuyev, A. ve Wu, J. (2010). Urban heat islands and landscape heterogeneity: Linking spatiotemporal variations in surface temperatures to land-cover and socioeconomic patterns. *Landscape Ecology*, *25*, 17-33. <u>https://doi.org/10.1007/s10980-009-9402-4</u>
- Cao, S., Yin, W., Su, J., Chen, F., Du, Y., Jun, Z., ... & Li, Y. (2023). Spatial and temporal evolution of multiscale green space environments and urban heat islands: A case study of Beijing sub-center. *Sensors and Materials*, *35*(2), 589. <u>https://doi.org/10.18494/sam4189</u>
- Carlson, T. N. ve Ripley, D. A. (1997). On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, 62(3), 241-252. <u>https://doi.org/10.1016/S0034-4257(97)00104-1</u>
- Chen, X. ve Zhang, Y. (2017). Impacts of urban surface characteristics on spatiotemporal pattern of land surface temperature in Kunming of China. *Sustainable Cities and Society*, *32*, 87-99. <u>https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.03.013</u>
- Chen, Q., Cheng, Q., Chen, Y., Li, K., Wang, D. ve Cao, S. (2021). The influence of sky view factor on daytime and nighttime urban land surface temperature in different spatial-temporal scales: A case study of Beijing. *Remote Sensing*, *13*(20), 4117. <u>https://doi.org/10.3390/rs13204117</u>

- Congalton, R. G. ve Green, K. (2019). Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. CRC Press.
- Congedo, L. (2021). Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *Journal of Open Source Software*, *6*(64), 3172. https://doi.org/10.21105/joss.03172
- Crippen, R. E. (1990). Calculating the vegetation index faster. *Remote Sensing of Environment*, 34(1), 71-73. <u>https://doi.org/10.1016/0034-4257(90)90085-Z</u>
- Du, H., Zhou, F., Li, C., Cai, W., Jiang, H. ve Cai, Y. (2020). Analysis of the impact of land use on spatiotemporal patterns of surface urban heat island in rapid urbanization, a case study of Shanghai, China. *Sustainability*, *12*(3), 1171. <u>https://doi.org/10.3390/su12031171</u>
- EEA (2012). Urban adaptation to climate change in Europe challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies. Retrieved from https://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-to-climate-change. Accessed March 17, 2022
- Everitt, J. H., Fletcher, R. S., Elder, H. S. ve Yang, C. (2008). Mapping giant salvinia with satellite imagery and image analysis. *Environmental Monitoring and Assessment*, *139*, 35-40. <u>https://doi.org/10.1007/s10661-007-9807-y</u>.
- Farrah, M. M., Siti, A. R., Siti, L. Z., Norida, M., Nur, A. A. ve Nor, A. H. (2017). Remote sensing derivation of Land Surface Temperature for insect pest monitoring. *Asian Journal of Plant Sciences*, 16(4), 160-171. <u>https://doi.org/10.3923/ajps.2017.160.171</u>
- Fang, Z., Wang, N., Wu, Y. ve Zhang, Y. (2023). Greenland-Ice-Sheet Surface Temperature and Melt Extent from 2000 to 2020 and Implications for Mass Balance. *Remote Sensing*, 15(4), 1149. <u>https://doi.org/10.3390/rs15041149</u>
- Feizizadeh, B., Blaschke, T., Nazmfar, H., Akbari, E. ve Kohbanani, H. R. (2013). Monitoring land surface temperature relationship to land use/land cover from satellite imagery in Maraqeh County, Iran. *Journal of Environmental Planning and Management*, 56(9), 1290-1315. https://doi.org/10.1080/09640568.2012.717888
- Gao, B. C. (1995). A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. In M. R. Descour, J. M. Mooney, D. L. Perry ve L. Illing (Eds.), *Imaging spectrometry* (pp. 257-266). SPIE.
- Galagoda, R. U., Jayasinghe, G. Y., Halwatura, R. U. ve Rupasinghe, H. T. (2018). The impact of urban green infrastructure as a sustainable approach towards tropical micro-climatic changes and human thermal comfort. *Urban Forestry & Urban Greening, 34,* 1-9. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.05.008
- Girardet, H. (2020). People and nature in an urban world. *One Earth*, 2(2), 135-137. <u>https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.02.005</u>
- Grigoras G. ve Uritescu, B. (2019). Land use/land cover changes dynamics and their effects on surface urban heat island in Bucharest, Romania. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 80, 115-126. <u>https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.03.009</u>
- Grilo, F., Pinho, P., Aleixo, C., Catita, C., Silva, P. ve Lopes, N. (2020). Using green to cool the grey: modelling the cooling effect of green spaces with a high spatial resolution. *Science of The Total Environment*, 724, 138182. <u>https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138182</u>
- Guha, S., Govil, H. ve Mukherjee, S. (2017). Dynamic analysis and ecological evaluation of urban heat islands in Raipur city, India. *Journal of Applied Remote Sensing*, 11(3), 036020. https://doi.org/10.1117/1.JRS.11.036020

- Guha, S., Govil, H., Dey, A. ve Gill, N. (2018). Analytical study of land surface temperature with NDVI and NDBI using Landsat 8 OLI and TIRS data in Florence and Naples city, Italy. *European Journal of Remote Sensing*, *51*(1), 667-678. <u>https://doi.org/10.1080/22797254.2018.1474494</u>
- Gui, X., Wang, L., Yao, R., Yu, D. ve Li, C. A. (2019). Investigating the urbanization process and its impact on vegetation change and urban heat island in Wuhan, China. *Environmental Science and Pollution Research, 26*, 30808-30825. <u>https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-019-06273-w</u>
- He, C., Shi, P., Xie, D. ve Zhao, Y. (2010). Improving the normalized difference built-up index to map urban built-up areas using a semiautomatic segmentation approach. *Remote Sensing Letters*, 1, 213-221. <u>https://doi.org/10.1080/01431161.2010.481681</u>
- Herbei, M. V., Sala, F. ve Boldea, M. (2015, March). Using mathematical algorithms for classification of Landsat 8 satellite images. In AIP Conference Proceedings (Vol. 1648, No. 1). AIP Publishing. <u>https://doi.org/10.1063/1.4912899</u>
- Hu, J., Yang, Y., Pan, X., Zhu, Q., Zhan, W., Wang, Y., Ma, W. ve Su, W. (2019). Analysis of the spatial and temporal variations of land surface temperature based on local climate zones: A case study in Nanjing, China. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 12(11), 4213-4223. <u>https://ieeexplore.ieee.org/document/8781808</u>
- Huang, M., Cui, P. ve He, X. (2018). Study of the cooling effects of urban green space in harbin in terms of reducing the heat island effect. *Sustainability*, *10*(4), 1101. <u>https://doi.org/10.3390/su10041101</u>
- Huang, K., Li, X., Liu, X. ve Seto, K. C. (2019). Projecting global urban land expansion and heat island intensification through 2050. *Environmental Research Letters*, 14(11), 114037. <u>https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab4b71</u>
- Huang, X. ve Wang, Y. (2019). Investigating the effects of 3D urban morphology on the surface urban heat island effect in urban functional zones by using high-resolution remote sensing data: A case study of Wuhan, Central China. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 152, 119-131. <u>https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.04.010</u>
- Huang, X., Huang, J., Wen, D. ve Li, J. (2021). An updated MODIS global urban extent product (MGUP) from 2001 to 2018 based on an automated mapping approach. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 95, 102255. <u>https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102255</u>
- Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment, 25*(3), 295-309. <u>https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90106-X</u>
- Huq, S., Kovats, S., Reid, H. ve Satterthwaite, D. (2007). Reducing risks to cities from disasters and climate change. *Environment and Urbanization*, 19(1), 3-15. <u>https://doi.org/10.1177/0956247807078058</u>
- Icaza, L. and Hoeven, F. (2017). Regionalist principles to reduce the urban heat island effect. *Sustainability*, 9(5), 677. <u>https://doi.org/10.3390/su9050677</u>
- Ismail, M. H. ve Jusoff, K. (2008). Satellite data classification accuracy assessment based from reference dataset. *International Journal of Computer and Information Science and Engineering*, 2(3), 23-29.
- Jensen, R. J. (2015). *Introductory digital image processing: A remote sensing perspective* (4th ed.). Pearson.
- Jieli, C., Manchun, L., Yongxue, L., Chenglei, S. ve Wei, H. (2010). Extract residential areas automatically by New Built-up Index. *18th International Conference on Geoinformatics*, 1-5. https://doi.org/10.1109/GEOINFORMATICS.2010.5567823
- Jones H. G. ve Vaughan, R. A. (2010). *Remote sensing of vegetation: Principles, techniques, and applications.* Oxford University Press, New York, pp. 53.

- Kawamura, M., Jayamana, S. ve Tsujiko, Y. (1996). Relation between social and environmental conditions in Colombo Sri Lanka and the urban index estimated by satellite remote sensing data. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, *31*, 321-326.
- Kleerekoper, L., van Esch, M. ve Salcedo, T. B. (2012). How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. *Resource Conservation Recycling*, *64*, 30-38. <u>https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.06.004</u>
- Kruskal, W. H. ve Wallis, W. A. (1952). Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47, 583-621. <u>https://doi.org/10.2307/2280779</u>
- Kuang, W., Liu, Y., Dou, Y., Chi, W., Chen, G., Cheng-feng, G., ... ve Zhang, R. (2014). What are hot and what are not in an urban landscape: quantifying and explaining the land surface temperature pattern in beijing, china. *Landscape Ecology*, *30*(2), 357-373. <u>https://doi.org/10.1007/s10980-014-0128-6</u>
- Kumar, B. P., Babu, K. R., Anusha, B. N. ve Rajasekhar, M. (2022). Geo-environmental monitoring and assessment of land degradation and desertification in the semi-arid regions using Landsat 8 OLI/TIRS, LST, and NDVI approach. *Environmental Challenges, 8*, 100578. https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100578

Levene, H. (1960). Robust Tests for Equality of Variances. Stanford University Press.

- Li, D., Bou-Zeid, E. ve Oppenheimer, M. (2014). The effectiveness of cool and green roofs as urban heat island mitigation strategies. *Environmental Research Letters*, *9*(5), 055002. <u>https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/5/055002</u>
- Li, W., Bai, Y., Chen, Q., He, K., Ji, X. ve Han, C. (2014). Discrepant impacts of land use and land cover on urban heat islands: A case study of Shanghai, China. *Ecological Indicators*, *47*, 171-178. <u>https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.08.015</u>
- Lillesand, T., Kiefer, R. W. ve Chipman, J. (2015). *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons.
- Liu, Y., Li, Q., Yang, L., Mu, K., Zhang, M. ve Liu, J. (2020). Urban heat island effects of various urban morphologies under regional climate conditions. *Science of The Total Environment*, 743, 140589. <u>https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140589</u>
- Liu, Y., Wang, Z., Li, X. ve Zhang, B. (2021). Complexity of the relationship between 2d/3d urban morphology and the land surface temperature: A multiscale perspective. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(47), 66804-66818. <u>https://doi.org/10.1007/s11356-021-15177-7</u>
- McFeeters, S. K. (1996). The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, *17*(7), 1425-1432. <u>https://doi.org/10.1080/01431169608948714</u>
- McKnight, P. E. ve Najab, J. (2010). *Mann-Whitney U Test*. The Corsini Encyclopedia of Psychology, 1-1.
- MGM (2022). Turkish State Meteorological Service. https://mgm.gov.tr/eng/about.aspx. adresinden 1 Nisan 2022 tarihinde erişilmiştir.
- Mittermüller, J., Erlwein, S., Bauer, A., Trokai, T., Duschinger, S. ve Schönemann, M. (2021). Contextspecific, user-centred: Designing urban green infrastructure to effectively mitigate urban density and heat stress. *Urban Planning*, 6(4), 40-53. <u>https://doi.org/10.17645/up.v6i4.4393</u>
- Mohamed, S. A. (2021). Comparison of Satellite Images Classification Techniques Using Landsat-8 Data for Land Cover Extraction in Alexandria, Egypt. *International Journal of Intelligent Computing & Information Sciences*, 21(3), 29-43. <u>http://dx.doi.org/10.21608/ijicis.2021.78853.1098</u>

- Mohammady, M., Moradi, H. R., Zeinivand, H. ve Temme, A. J. A. M. (2015). A comparison of supervised, unsupervised and synthetic land use classification methods in the north of Iran. *International Journal of Environmental Science and Technology*, *12*, 1515-1526. https://doi.org/10.1007/s13762-014-0728-3
- Mustafa, M. T., Hassoon, K. I., Hassan M. ve Abd, M. H. (2017). Using water indices (NDWI, MNDWI, NDMI, WRI and AWEI) to detect physical and chemical parameters by apply remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Research*, 10, 117-128. <u>http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1040209</u>
- Olofsson, P., Foody, G. M., Herold, M., Stehman, S. V., Woodcock, C. E. ve Wulder, M. A. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, 148, 42-57. <u>https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015</u>
- Pandey, P. C., Chauhan, A. ve Maurya, N. K. (2022). Evaluation of earth observation datasets for LST trends over India and its implication in global warming. *Ecological Informatics*, *72*, 101843. <u>https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101843</u>
- Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A. R., Kerr, Y. H. ve Sorooshian, S. (1994). A modified soil adjusted vegetation index. *Remote Sensing of Environment*, 48, 119-126. <u>https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)90134-1</u>
- Rajab, M. A. ve George, L. E. (2021). Stamps extraction using local adaptive k-means and ISODATA algorithms. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, *21*(1), 173-145. http://doi.org/10.11591/ijeecs.v21.i1.pp137-145
- Ren, Z., He, X., Zheng, H., Zhang, D., Yu, X., Shen, G., ... & Guo, R. (2013). Estimation of the relationship between urban park characteristics and park cool island intensity by remote sensing data and field measurement. *Forests*, 4(4), 868-886. <u>https://doi.org/10.3390/f4040868</u>
- Ross, A. ve Willson, V. L. (2017). Independent samples T-test. In *Basic and advanced statistical tests* (pp. 13-16). Brill.
- Sfîcă, L., Corocăescu, A. C., Creţu, C. Ş., Amihăesei, V. A. ve Ichim, P. (2023). Spatiotemporal Features of the Surface Urban Heat Island of Bacău City (Romania) during the Warm Season and Local Trends of AYS Imposed by Land Use Changes during the Last 20 Years. *Remote Sensing*, 15(13), 3385. <u>https://doi.org/10.3390/rs15133385</u>
- Shapiro, S. S. ve Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3-4), 591-611. <u>https://doi.org/10.2307/2333709</u>
- Shen, L. ve Li, C. (2010). Water body extraction from landsat etm imagery using adaboost algorithm. In *Proceedings of the 18th International Conference on Geoinformatics*, pp. 1-4. <u>https://doi.org/10.1109/GEOINFORMATICS.2010.5567762</u>
- Singh, C., Madhavan, M., Arvind, J. ve Bazaz, A. (2021). Climate change adaptation in Indian cities: A review of existing actions and spaces for triple wins. *Urban Climate*, *36*, 100783. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100783
- Song, J., Du, S., Feng, X. ve Guo, L. (2014). The relationships between landscape compositions and land surface temperature: Quantifying their resolution sensitivity with spatial regression models. Landscape and Urban Planning, 123, 145-157. http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.014
- Stathopoulou, M., Cartalis, C. ve Petrakis, M. (2007). Integrating Corine Land Cover data and Landsat TM for surface emissivity definition: Application to the urban area of Athens, Greece. *International Journal of Remote Sensing*, 28(15), 3291-3304. <u>http://dx.doi.org/10.1080/01431160600993421</u>

Stehman, S. V. (2009). Sampling designs for accuracy assessment of land cover. *International Journal* of Remote Sensing, 30(20), 5243-5272. <u>http://dx.doi.org/10.1080/01431160903131000</u>

Stewart, I. D. ve Mills, G. (2021). The Urban Heat Island. Elsevier.

- Sun, Q., Wu, Z. ve Tan, J. (2012). The relationship between land surface temperature and land use/land cover in Guangzhou, China. *Environmental Earth Sciences*, 65(6), 1687-1694. https://doi.org/10.1007/s12665-011-1145-2
- Talukdar, S., Singha, P., Mahato, S., Pal, S., Liou, Y. A. ve Rahman, A. (2020). Land-use land-cover classification by machine learning classifiers for satellite observations-A review. *Remote Sensing*, 12(7), 1135. <u>https://doi.org/10.3390/rs12071135</u>
- Tan, J., Zheng, Y., Tang, X., Guo, C., Zhang, L., Song, G., ... ve Chen, H. (2009). The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai. *International Journal of Biometeorology*, 54(1), 75-84. <u>https://doi.org/10.1007/s00484-009-0256-x</u>
- Taufik, A., Syed Ahmad, S. S. ve Azmi, E. F. (2019). Classification of Landsat 8 satellite data using unsupervised methods. In *Intelligent and Interactive Computing: Proceedings of IIC 2018* (pp. 275-284). Springer Singapore. <u>https://doi.org/10.1007/978-981-13-6031-2_46</u>
- Thornthwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, *38*(1), 55-94. <u>https://doi.org/10.2307/210739</u>
- Touchaei, A. G. ve Wang, Y. (2015). Characterizing urban heat island in Montreal (Canada)-Effect of urban morphology. *Sustainable Cities and Society*, *19*, 395-402. <u>https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.03.005</u>
- Tran, D., Pla, F., Carmona, P., Myint, S., Caetano, M. ve Kieu, H. (2017). Characterizing the relationship between land use land cover change and land surface temperature. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *124*, 119-132. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.01.001
- Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation? *Remote Sensing of Environment*, *8*, 127-150. <u>https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0</u>
- Tukey, J. (1949). Comparing individual means in the analysis of variance. Biometrics, 5(2), 99-114. https://doi.org/10.2307/3001913
- TÜİK (2023). Turkish Statistical Institute. Retrieved form https://www.tuik.gov.tr/Home/Index adresinden 20 Haziran 2023 tarihinde erişilmiştir.
- UN (2019). World Urbanization Prospects 2018 Highlights, Department of Economic and Social Affairs, Trends in Urbanization. <u>https://population.un.org/wup/publications/files/wup2018-highlights.pdf</u> adresinden 2 Mart 2021 tarihinde erişilmiştir.
- UNFPA (2022). World Population Dashboard. Retrieved from <u>https://www.unfpa.org/data/world-population-dashboard</u> adresinden 4 Nisan 2022 tarihinde erişilmiştir.
- USGS (2013). Product guide: Landsat climate data record (CDR). Surface Reflectance, Version 5.3, Department of the Interior U.S. Geological Survey: Washinton, DC, USA, December 2013.
- Wang, Z. (2019). The relationship between land use, land cover change, and the heat island effect in xi'an city, china. *Applied Ecology and Environmental Research*, *17*(4). <u>https://doi.org/10.15666/aeer/1704_77957806</u>
- Weng, Q., Lu, D. ve Schubring, J. (2004). Estimation of land surface Temperature vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*, 89(4), 467-483. <u>https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.11.005</u>

- Xu, H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), 3025-3033. <u>https://doi.org/10.1080/01431160600589179</u>
- Yang, Y., Fan, S., Ma, J., Zheng, W., Song, L. ve Wei, C. (2022). Spatial and temporal variation of heat islands in the main urban area of zhengzhou under the two-way influence of urbanization and urban forestry. *Plos One*, *17*(8), e0272626. <u>https://doi.org/10.1371/journal.pone.0272626</u>
- Yesil, P. ve Guzel, M. (2021). Evaluation of land cover/land use change in Ordu province (1990-2018) Using CORINE Data. *Suleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Sciences*, 25(3), 492-498. <u>https://doi.org/10.19113/sdufenbed.809991</u>
- Yilmaz, O. S., Gulgen, F., Balik Sanli, F. ve Ates, A. M. (2023). The performance analysis of different water indices and algorithms using sentinel-2 and landsat-8 images in determining water surface: Demirkopru dam case study. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 48(6), 7883-7903. <u>https://link.springer.com/article/10.1007/s13369-022-07583-x</u>
- Yucekaya, M. ve Tirnakci, A. (2023). Microclimatic effect of urban renewal: A case study of Kayseri/Turkey. Landscape and Ecological Engineering, 19(3), 471-483. <u>https://doi.org/10.1007/s11355-023-00554-w</u>
- Zha, Y., Gao, J. ve Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, *24*, 583-594. <u>https://doi.org/10.1080/01431160304987</u>
- Zhong, X., Wang, L., Zhou, J., Li, X., Qi, J., Song, L. ve Wang, Y. (2020). Precipitation dominates longterm water storage changes in Nam Co Lake (Tibetan Plateau) accompanied by intensified cryosphere melts revealed by a basin-wide hydrological modelling. *Remote Sensing*, *12*(12), 1926. <u>https://doi.org/10.3390/rs12121926</u>
- Zhou, X. ve Hong, C. (2018). Impact of urbanization-related land use land cover changes and urban morphology changes on the urban heat island phenomenon. *Science of The Total Environment*, 635, 1467-1476. <u>https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.091</u>
- Zou, F., Li, H. ve Hu, Q. (2020). Responses of vegetation greening and land surface temperature variations to global warming on the Qinghai-Tibetan Plateau, 2001-2016. *Ecological Indicators*, *119*, 106867. <u>https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106867</u>