

LST/UHI, KENTSEL YEŞİLLİK VE ARAZİ KULLANIMI/ÖRTÜ TÜRLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

Emre Günen¹

¹Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Harita Mühendisi, Çankaya, Ankara, emre.gunen@csb.gov.tr

ÖZET

Bu çalışma, İstanbul'da yer yüzeyi sıcaklığı (LST), kentsel ısı adası (UHI) etkisi, kentsel yeşillik ve arazi kullanımı/örtüsü türleri arasındaki ilişkileri incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırma, LANDSAT 8 uydu verilerinden elde edilen bilgiler ışığında LST ölçümleri üretmek, kentsel ısı adası bölgelerini tespit etmek ve haritalamak, ayrıca LST ile kentsel yeşillik ve arazi örtüsü/kullanımı modelleri arasındaki bağlantıları analiz etmektedir. Kentsel alanlarda, arazi yüzey sıcaklıklarının kırsal alanlara göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiş ve bu durum, kentsel ısı adası (UHI) etkisi olarak tanımlanmıştır. Bu etki, özellikle bitki örtüsünün azaldığı ve insan yapımı yüzeylerin yoğunlaştığı bölgelerde belirginleşmiştir. Çalışma kapsamında, Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) kullanılarak kentsel yeşil alanlar analiz edilmiş, yeşil alanların yüzey sıcaklıklarını düşürdüğü ortaya konmuştur. LST ve NDVI arasında ters bir ilişki bulunmuş olup, yeşil alanların artması ile LST değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir. Özellikle ormanlık alanlar ve ekili alanlar, şehir merkezindeki yerleşim alanlarına kıyasla daha düşük yüzey sıcaklıklarına sahiptir. Bu bulgular, şehir planlamacıları ve politika yapıcıları için yeşil alanların artırılmasının kentsel ısı adası etkisini azaltmada kritik bir rol oynadığını göstermektedir. Arazi kullanımı ve örtüsü ile ilgili bu bilgiler, sürdürülebilir kentsel gelişim ve iklim değişikliğine uyum süreçlerinde önemli bir kaynak olarak değerlendirilebilir.

Anahtar Sözcükler: arazi kullanımı, arazi yüzeyi sıcaklığı, bitki örtüsü, kentsel ısı adası, NDVI

ABSTRACT

This study aims to examine the relationships between land surface temperature (LST), urban heat island (UHI) effects, urban greenery, and land use/land cover types in Istanbul. Using data obtained from LANDSAT 8 satellite imagery, the study seeks to generate LST measurements, identify and map UHI regions, and analyze the connections between LST, urban greenery, and land use/cover patterns. The results indicate that urban areas exhibit higher surface temperatures compared to rural areas, a phenomenon known as the urban heat island (UHI) effect. This effect is particularly evident in areas where vegetation has decreased and artificial surfaces are more concentrated. The study also analyzes urban green spaces using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and demonstrates that green areas reduce surface temperatures. A negative correlation was found between LST and NDVI, with LST values decreasing as vegetation increases. Forested and cultivated areas, in particular, were found to have significantly lower surface temperatures compared to urbanized areas. These findings highlight the critical role of green spaces in mitigating the urban heat island effect, providing valuable insights for urban planners and policymakers. Enhancing green spaces in cities is shown to be crucial in reducing surface temperatures and combating the negative impacts of urbanization on climate. This information on land use and cover can be an important resource for sustainable urban development and climate change adaptation processes.

Keywords: land surface temperature (LST), urban heat island (UHI), land use/cover, NDVI, vegetation

1. GİRİŞ

Kentsel ekosistemlerin karmaşık dinamiklerinin anlaşılması büyük ölçüde arazi yüzey sıcaklığı (LST), kentsel ısı adası (UHI) etkileri, kentsel yeşillik ve arazi kullanımı/örtüsü modellerinin değerlendirilmesine dayanmaktadır. Estoque, Murayama ve Myint (2017) kentsel ısı adasının, metropol alanların yakın çevrelerindeki kırsal alanlardan daha yüksek ortalama hava ve yüzey sıcaklıklarına maruz kaldığı olguyu tanımlamak için kullanılan bir terim olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte, UHI'nin mekansal modelini ve peyzaj tasarımıyla bağlantısını araştırmak için kuzeybatı uzaktan algılama görüntülerinden arazi yüzey sıcaklığını (LST) kurtarmak yaygın bir uygulamadır (Li, Zhou ve Ouyang, 2013). Bu araştırma, Türkiye'nin İstanbul ilinde arazi yüzey sıcaklığı/kentsel ısı adası (UHI), kentsel yeşillik ve arazi kullanımı/kaplaması arasındaki ilişkiler hakkında daha fazla bilgi edinmeyi amaçlamaktadır. Bu araştırma, LST ölçümleri üretmek, İstanbul'daki kentsel ısı adası (UHI) alanlarını bulmak ve haritalamak ve LST, kentsel yeşillik ve arazi kullanımı / örtüsü modelleri arasındaki bağlantıları incelemek için LANDSAT 8 uydu verilerini kullanmaktadır. Kırsal çevreleriyle karşılaştırıldığında, metropol alanları daha sıcak olma eğilimindedir; bu olgu kentsel ısı adası etkisi (UHI) olarak bilinir (Bhargava, Lakmini ve Bhargava, 2017).

Kentleşmeyle ilgili çeşitli nedenler bu olguya katkıda bulunur ve bunlar arasında arazi yüzeylerindeki değişiklikler, bitki örtüsünün kaybı ve farklı yüzey malzemelerinin kullanımı yer alır. UHI azaltma teknikleri, gelecekteki iklim

değişikliği ve adaptasyon senaryosunda özellikle önemli olacak ve planlamacıların, mimarların ve politika yapımcıların rollerinin artan önemini vurgulayacaktır (Jusuf vd., 2019).

Bu araştırmanın hedefleri, LANDSAT 8 uydu verilerine uygulanan otomatik bir LST haritalama tekniği kullanılarak karşılanabilir. Bu teknik, LANDSAT 8'in Bant 10'daki termal kızılötesi sensöründen gelen verileri kullanarak LST değerlerini hassas bir şekilde çıkarmaktadır. Program, LST'yi belirlemek için birden fazla yaklaşım ve formülü entegre ederek İstanbul bölgesinin yer-yüzey termal iklimi üzerine araştırmaları kolaylaştırmaktadır. LST üretmenin yanı sıra proje, NDVI ve arazi örtüsü/kullanımı haritaları üretmek için LANDSAT 8 uydu verilerini kullanacaktır. Normalleştirilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI), kentsel bitki örtüsünün durumu hakkında değerli bilgiler sağlar. Çalışma alanının arazi kullanımı ve arazi örtüsü türleri, arazi örtüsü/kullanımı haritası kullanılarak öğrenilebilir. Bu araştırma, LST verileri, NDVI ve arazi örtüsü/kullanım haritalarını analiz ederek İstanbul bölgesindeki UHI dağılımını tespit etmeyi ve haritalamayı amaçlamaktadır. Makale, LST/UHI, kentsel yeşillik (NDVI ile ölçülen) ve farklı arazi kullanımı/örtüsü türleri arasındaki bağlantıyı araştırmayı amaçlamaktadır. Sonuçlar, şehir planlamacılarının, politikacıların ve akademisyenlerin daha derin bir bilgi edinmesine yardımcı olacaktır. Bu çalışma, LST ve UHI etkilerinin yanı sıra çeşitli görünür ve yakın kızılötesi (VNIR) ve termal kızılötesi (TIR) sensörler kullanılarak arazi yüzeyi emisivitesinin elde edilmesine ilişkin önceki araştırmaları genişletmektedir. Bu çalışmanın yöntemleri, LANDSAT 8 uydu verileri kullanılarak LST'nin otomatik haritalanmasına yönelik bir algoritma da dahil olmak üzere, LST ve kentsel yeşillik çalışmalarına yönelik çeşitli köklü yaklaşımlardan yararlanmaktadır. Çalışma, LANDSAT 8 uydu verilerini kullanarak LST'nin otomatik haritalanması için algoritma kullanarak LST verilerini oluşturmayı; UHI modellerini tanımlamayı; ve LST, kentsel yeşillik ve arazi kullanımı/örtüsü türleri arasındaki ilişkiyi analiz etmeyi amaçlamaktadır. Sürdürülebilir kentsel kalkınma ve iklim değişikliğine uyum, bu çalışma tarafından sağlanan bilgilerden önemli ölçüde faydalanabilir.

1.1 Çalışma Alanı ve Veriler

Landsat 8 Collection 2 Level 1 ve Level 2 veri setleri bu araştırma için kullanılmıştır. Web tabanlı bir veri portalı olan Earth Explorer, 3 Ağustos 2023 tarihli Landsat 8 Collection 2 Seviye 1 ve Seviye 2 verilerini içeren Landsat 8 verilerini almak için kullanılmıştır. Bu veri setleri İstanbul'un arazi yüzeyine derinlemesine bir bakış sağlamaktadır. Landsat 8 Collection 2 Level 1 verileri LST'yi elde etmek için kullanılmıştır. Landsat 8 Collection 2 Level 2 verileri ise NDVI için kullanılmış ve arazi örtüsü/kullanım verileri analiz için temel olarak kullanılmıştır.

Çizelge 1: Veri kaynakları ve formatları.

Veri	Format	Kaynak
Landsat 8 Collection 2 Level-2	.tiff	USGS
Landsat 8 Collection 2 Level-1	.tiff	USGS
İstanbul İl Sınırı	.shapefile	General Command of Mapping



Şekil 1: İstanbul Haritası.

1.2. Landsat Görüntülerinden Yer Yüzeysel Sıcaklığı (LST) Üretimi

Landsat görüntülerinden yer yüzeysel sıcaklığının (LST) oluşturulması ArcGIS Pro yazılımı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Yer yüzeysel sıcaklığına dair kesin değerlere ulaşmak ve arazi yüzeyinin termal özelliklerini anlamak açısından her bir aşama sürecin önemli bir parçasını oluşturur. Bu çalışmada sırasıyla şu işlemler uygulanmıştır.

İlk adımda, atmosferin tepesindeki spektral radyasyonun (TOA) hesaplanması yapılmıştır. Bu işlemi gerçekleştirmek için uydu sensörü tarafından kaydedilen dijital sayıların TOA değerlerine dönüştürülmesi için banda özgü parlaklık çarpımsal yeniden ölçeklendirme faktörü olan ML, landsat uydusundaki Band 10 ile işleme girip uydu görüntüsünün meta verilerinde sağlanan banda özgü katkılı yeniden ölçeklendirme faktörü olan AL ile toplandı.

$$TOA(R) = ML \times Q_{cal} + AL \quad (1)$$

TOA radyansı, atmosferin tepesinde sensör tarafından tespit edilen termal enerji miktarıdır. Bu değer, LST tahmininin başlangıç noktasıdır (Mousivand ve diğerleri, 2015). Ardından, belirlenen TOA radyasyon değerleri ikinci adımda, parlaklık sıcaklığının tahmini için kullanılmış ve bu sıcaklık hesaplanmıştır. Sensörün özelliklerini ve çevresel koşulları dikkate alan algoritmalar kullanılmıştır. Bu sıcaklık, sensör tarafından tespit edilen termal radyasyon miktarını yayacak olan bir kara cisim yayıcısının eşdeğer sıcaklığını yansıtır. Kara cisim yayıcı, tüm çıkışı boyunca sabit bir sıcaklığa sahiptir.

$$BT = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{TOA(R)} + 1\right)} \quad (2)$$

Üçüncü adımda, parlaklık sıcaklığının ölçüm birimi Kelvin'den Santigrat dereceye çevrilmiştir. Bu dönüşüm, yaygın olarak kabul edilen bir sıcaklık ölçeği kullanarak LST'nin daha kullanışlı bir şekilde temsil edilmesine olanak tanır.

$$BT_{Celsius} = BT - 273.15 \quad (3)$$

LST hesaplamasında emisyon düzeltmesi gereklidir. Bu çalışmada Normalleştirilmiş Vegetasyon İndeksi'nden (Normalized Vegetation Index - NDVI) elde edilen vejetasyon oranı kullanılacaktır.

NDVI, vejetasyonun yoğunluğunu ve canlılığını gösteren bir göstergedir. Landsat verilerinden kırmızı ve yakın kızılötesi bantlar kullanılarak üretilir. Bu indeks, hem bitki örtüsünün varlığına hem de bitki örtüsünün sağlığına dair önemli bilgiler sağlar; bu faktörler arazi yüzeyinin sıcaklık desenlerini etkiler (Guha, Govil ve Diwan, 2020; Xu ve Guo, 2014).

Beşinci aşamanın odak noktası vejetasyon oranının (PV) hesaplanmasıdır. NDVI değerleri, her bir piksel içindeki vejetasyon hacmini ölçen PV'nin temelini oluşturur. Vejetasyon oranının iyi anlaşılması önemlidir, çünkü bu oran arazi yüzeyinin sıcaklığını etkiler. Daha fazla bitki örtüsü bulunan bölgelerde, buharlaşma yoluyla soğutma daha etkili olduğu için genellikle sıcaklıklar daha düşüktür (Tan ve diğerleri, 2018).

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

Burada NDVI_s: Toprak NDVI değeri 0.2 olarak ve NDVI_v: Vejetasyon NDVI değeri ise 0.5 olarak varsayılmıştır

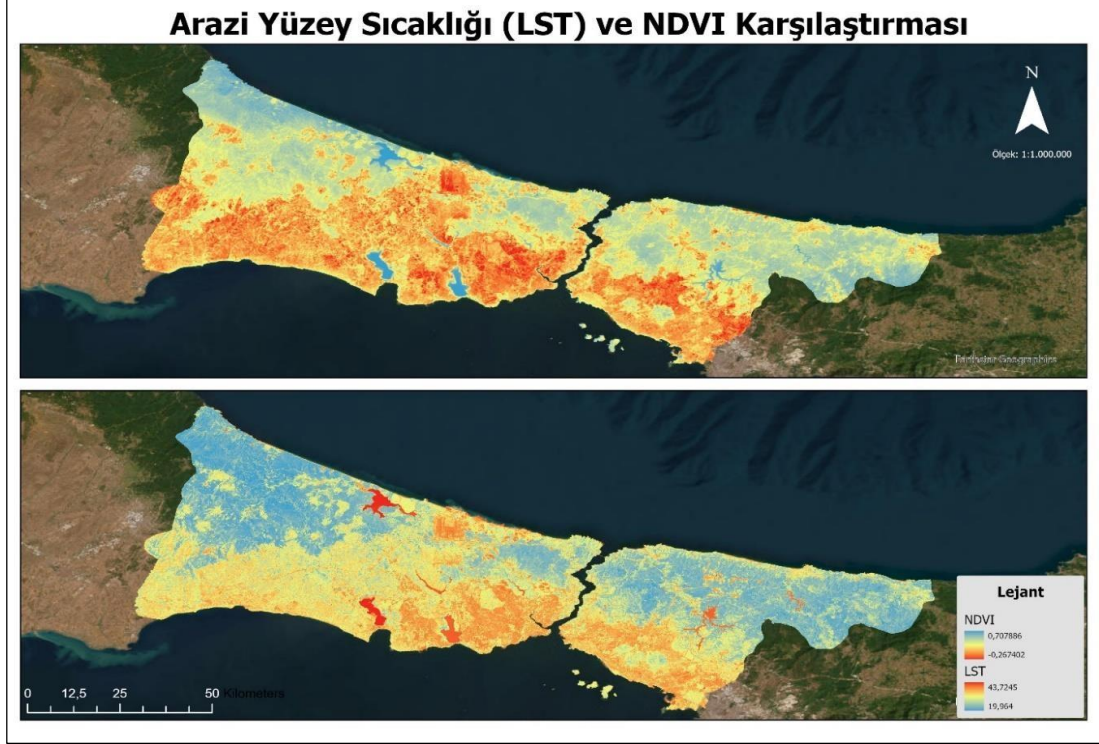
Yüzey emisyonunun hesaplanması ile devam edilmiştir. Li ve diğerleri (2013) bitki ve toprak değerlerinin yanı sıra yüzey pürüzlülüğünün de arazi yüzeyinin emisyonunun belirlenmesinde dikkate alınması gerektiğini belirtmişlerdir. Daha hassas tahmin edilen emisyon değerleri kullanılarak LST hesaplamaları geliştirilebilir.

$$LSE = C \times PV + \varepsilon_v \quad (5)$$

Bu formülde C=0.005C ve ε_v=0.985 olarak alınmıştır. Araştırmanın son aşamasında, tahmin edilen parlaklık sıcaklığı, NDVI, PV ve yüzey emisyonu entegre edilerek yer yüzeysel sıcaklığı hesaplanmıştır. Bu aşamada önceki aşamalarda elde edilen bilgiler bir araya getirilerek LST'nin detaylı bir haritası oluşturulmuştur. Sonuç olarak

üretilen Yer Yüzeyi Sıcaklık (LST) haritası, arazi yüzeyindeki sıcaklıkların bölgesel dağılımına dair faydalı bilgiler sunarak termal desenlerin ve bu eğilimlerin çevresel etkilerinin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunmaktadır.

$$LST = \left(\frac{BT_{celsius}}{1 + (0.00115 \times BT_{celsius}) \times \ln(\epsilon)} \right) \quad (6)$$

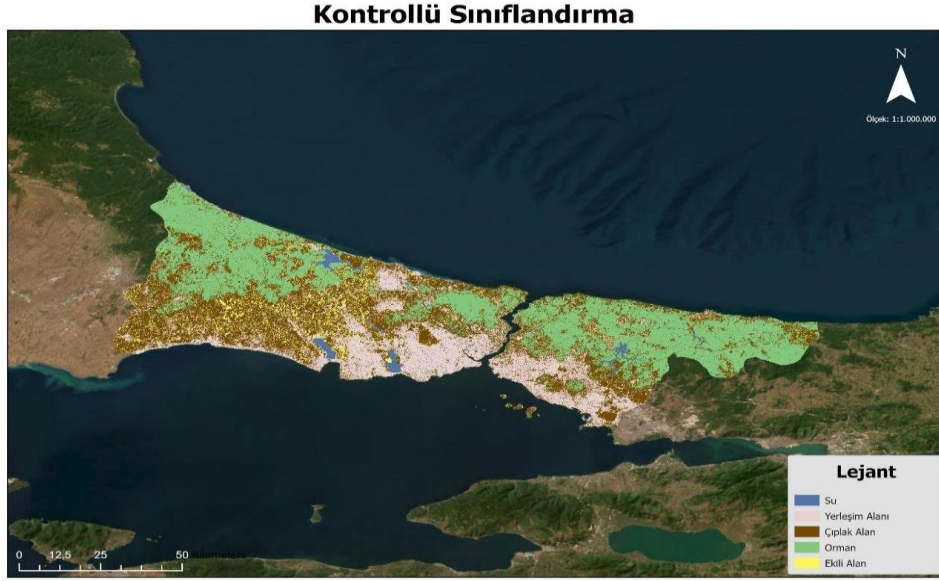


Şekil 2. Arazi Yüzey Sıcaklığı ve NDVI Karşılaştırması.

1.3. Kontrollü Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıflandırması Üretmek

Arazi Kullanımı/Örtüsü, şehirler, çiftlikler, ormanlar ve göller gibi farklı arazi örtüsü türlerinin nerede bulunduğunu ve bunların mekânsal olarak nasıl bir araya geldiğini göstermesi açısından yararlıdır. Arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki değişiklikler, iklim değişikliğinin başlıca nedenlerinden biridir (Verburg, Neumann ve Nol, 2011). Uzaktan algılama görüntü analizinde çeşitli sınıflandırma yöntemleri bulunmaktadır. Bu çalışmada, Minimum Mesafe Yöntemi Sınıflandırıcısı (Minimum Distance to Means Classifier) kullanılarak kontrollü sınıflandırma yapılmıştır. Bu yöntemde kullanılan eğitim örneklerinde farklı arazi örtüsü türleri temsil edilmektedir. MDM sınıflandırıcısı, bir pikselin özellik vektörü ile her sınıfın ortalama vektörleri arasındaki Öklid mesafesini hesaplayarak bir pikseli veya segmenti tanımlar (Congedo, Barachant ve Andreev, 2013). Son olarak, piksel, en kısa mesafeye sahip arazi örtüsü sınıfına atanır. Bu çalışmada beş sınıflandırma yapılmıştır: Su, Orman, Çıplak Alan, Ekili alan ve Yerleşim alanı. Her sınıf için 40 ile 50 arasında eğitim verisi işaretlenmiş ve buna göre kontrollü sınıflandırma yapılmıştır. Sınıflandırma sonucu oluşan harita (Şekil 3) aşağıda gösterilmiştir.

Sınıflandırıcının doğruluğu, görüntüdeki arazi örtüsü sınıflarının spektral ayrılabilirliği ve modelin eğitilmesinde kullanılan eğitim örneklerinin kalitesi ve temsil edilebilirliği gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Daha iyi sınıflandırma doğruluğu elde etmek için her sınıf için yeterli sayıda eğitim örneği sağlamak ve ilgili arazi örtüsü sınıflarıyla alakalı spektral bantların dâhil edilmesi önemlidir. Kullanılan uydu görüntüsünün mekânsal çözünürlüğü ilgili arazi yüzeyinin sınıfını belirlemede doğrudan etkilidir.

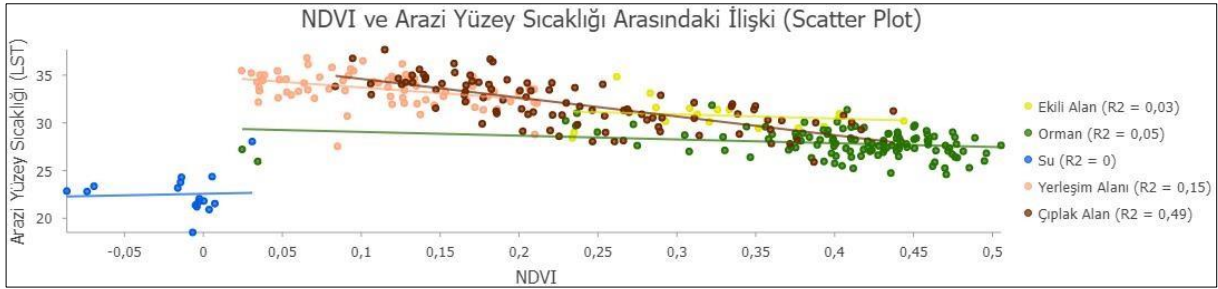


Şekil 3. Kontrollü Sınıflandırma.

1.4. NDVI ve LST'nin Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü Haritası ile Karşılaştırılması

Yer Yüzeği Sıcaklığı (LST), Normalleştirilmiş Fark Vejetasyon İndeksi (NDVI) ve Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü (LULC) haritaları, yüzey sıcaklığı, vejetasyonun aktivitesi ve farklı arazi örtüsü formları arasındaki ilişkiye dair değerli bilgiler sağlar. Bu inceleme, çalışılan bölgenin dinamik doğasına ışık tutan birçok ilginç desen ve ilişkiyi ortaya çıkarmaktadır.

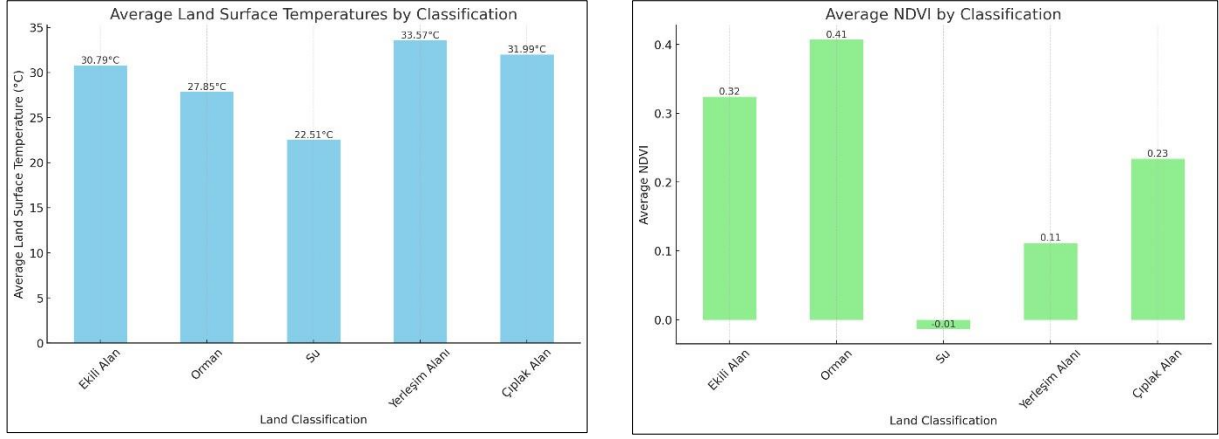
LST ve NDVI grafiklerine bakıldığında (Şekil 4) fark edilir bir desen görülebilir. Yerleşim alanındaki yüzey sıcaklıkları ölçülmüş ve bu değerlerin önemli ölçüde daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Bu, kentsel ısı adası etkisinin bir kanıtıdır. Öte yandan, çayır ve ormanlık alanların yüzey sıcaklıkları belirgin bir şekilde daha düşüktür. İlginç bir şekilde, her iki harita için kullanılan renk şeması, daha yüksek LST değerlerinin daha düşük NDVI değerlerine karşılık geldiğini ve bunun tersinin de geçerli olduğunu göstermektedir. Bu gözlem, ormanlık alanların yüzey sıcaklığını düşürmede önemli bir rol oynadığını göstermektedir.



Şekil 4. NDVI ve Arazi Yüzey Sıcaklığı Arasındaki İlişki.

Dağılım grafiği çalışması, LST ve NDVI'nin birden fazla şekilde ilişkili olduğunu göstermektedir. Çizilen noktalar düz bir çizgiye yakın olup, bu değişkenlerin olumlu bir şekilde ilişkili olduğunu işaret eder. NDVI değerleri arttıkça, yani bitki örtüsü arttıkça, LST değerleri düşme eğilimindedir. Bu sonuç, bitkilerin soğutma etkisine sahip olduğunu ve yeşil alanların yüzey sıcaklıklarını düşürmede ne kadar önemli olduğunu gösterir.

İstatistiksel ölçütler kullanılarak, yüksek LST değerlerinin ortalaması 30.20 olarak belirlenmiş ve standart sapması 3.48 olarak hesaplanmıştır. Diğer yandan, ortalama NDVI değeri 0.26 iken, standart sapma 0.15'dir. Orman'lık alanların NDVI değeri ortalaması 0.41 iken Ekili alanların ortalama değeri 0.32. Çıplak Alan 0.23 iken yerleşim alanları ise 0.11 ile en düşük NDVI ortalamasına sahiptir. Şekil 5'de sınıflara göre LST ve NDVI değerleri gösterilmiştir.



Şekil 5. Arazi sınıflarına göre LST ve NDVI değerleri.

Çalışma alanında rastgele oluşturulan 300 noktanın hangi alanlara düştüğüne dair bir analiz yapılmıştır. Böylece, su, orman, ekili alan, çıplak alan ve yerleşim alanlardaki noktaların yüzey sıcaklıkları karşılaştırılmıştır. Bu rastgele oluşturulan 300 noktanın 15 tanesi aşağıdaki Çizelge 2'de gösterilmiştir. Bu noktaların sıcaklık ve NDVI değerleri karşılaştırılmıştır.

Çizelge 2: 15 farklı noktanın sıcaklık ve NDVI değerlerinin karşılaştırılması.

X	Y	LST (C°)	NDVI	Sınıf
28,24503	41,05241	21,80571	0,000276	Su
29,08105	41,12008	20,90836	0,0036003	Su
28,42566	41,41423	25,29298	0,485397	Orman
28,3501	41,37091	27,63255	0,505448	Orman
29,22577	41,08665	27,03705	0,471864	Orman
28,47665	41,18921	29,59899	0,393318	Ekili Alan
28,58728	41,09536	29,46108	0,376945	Ekili Alan
28,06199	41,06946	31,38683	0,3257	Ekili Alan
28,18031	41,41539	33,38461	0,200559	Çıplak Alan
28,67287	41,12669	32,08311	0,229813	Çıplak Alan
28,21927	41,1045	34,24102	0,132526	Çıplak Alan
29,14882	40,99604	33,46484	0,066212	Yerleşim Alanı
28,61364	41,17689	34,17477	0,110872	Yerleşim Alanı
28,69718	41,03238	35,64175	0,093374	Yerleşim Alanı
28,85302	41,06143	36,82265	0,065616	Yerleşim Alanı

Sonuç olarak, LST'nin NDVI ve LST'nin LULC haritaları ile karşılaştırılması, yüzey sıcaklığı, bitki aktivitesi ve arazi örtüsü türlerinin birbiriyle nasıl etkileşime girdiğini gösterir. Sonuçlar, ormanların yer yüzeyi sıcaklığını düşürmedeki önemini ve şehirlerdeki yeşil alanların ne kadar kritik olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgular, çalışma alanındaki sıcaklık değişimlerini daha iyi anlamamıza yardımcı olur ve kentsel planlama ve iklim direnci kararlarında kullanılabilir.

2. Sonuç

Bu çalışmanın amacı, İstanbul'da yer yüzeyi sıcaklığı (LST)/kentsel ısı adası (UHI), NDVI ile ölçülen kentsel yeşillik ve arazi kullanımı/örtüsü türleri arasındaki ilişkiyi incelemektir. Landsat 8 uydusundan elde edilen veriler kullanılarak LST ölçülmüş, UHI eğilimleri belirlenmiş ve haritalandırılmış, ayrıca LST, kentsel yeşillik ve arazi kullanımı/örtüsü desenleri arasındaki bağlantılar analiz edilmiştir.

Çalışmanın sonuçları, İstanbul'da LST, NDVI ve farklı arazi kullanımı/örtüsü türleri arasında önemli mekânsal desenler ve bağlantılar olduğunu ortaya koymuştur. Kentsel alanlarda yüzey sıcaklığı daha yüksek çıkmış ve bu da

kentsel ısı adası etkisinin varlığını göstermiştir. Öte yandan, ekili ve ormanlık alanlarda yüzey sıcaklıkları daha düşük olmuştur. LST ve NDVI haritalarında aynı renk paleti kullanılarak, bu iki değişken arasında ters bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Bu, ormanlık alanların yer yüzeyi sıcaklığını düşürmedeki önemli rolünü göstermektedir.

Dağılım grafiği analizi, LST ile NDVI arasında güçlü bir negatif ilişki olduğunu da ortaya koymuştur. NDVI değerleri arttıkça, yani bitki örtüsü arttıkça, LST değerleri düşmüş ve yüzey sıcaklıkları azalmıştır. Bu durum, şehirlerin soğutulması ve yüzey sıcaklıklarının düşürülmesi açısından yeşil alanların ve bitkilerin ne kadar hayati olduğunu göstermektedir. İstatistiksel analizlerde sıcak LST ve NDVI için ortalama değerler ve bunlara ait standart sapmalar hesaplanmıştır.

Genel olarak, bu çalışma LST/UHI'nin işleyişi, yeşil şehirlerin durumu ve İstanbul'daki arazi kullanımı ve örtüsü ile ilgili bilgi birikimine katkıda bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, şehir plancıları, politika yapıcılar ve araştırmacılar için daha sürdürülebilir kentsel planlama yöntemleri ve iklim değişikliğine yanıt geliştirme açısından faydalı olabilir. Yüzey sıcaklığı, vejetasyon ve arazi örtüsünün nasıl etkileşime girdiği bilindiğinde, kentsel alanların daha yaşanabilir ve dirençli hale getirilmesi için pratik adımlar atılabilir.

Kaynaklar

- Bhargava, A., Lakmini, S. ve Bhargava, S.** 2017. Urban Heat Island Effect: It's relevance in urban planning', J. Biodivers. Endanger. Species, 5(187), pp. 2020.
- Congedo, M., Barachant, A. ve Andreev, A.** 2013. A New Generation of Brain-Computer Interface Based on Riemannian Geometry
- Estoque, R. C., Murayama, Y. ve Myint, S. W.** 2017. Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature: An urban heat island study in the megacities of Southeast Asia, *Science of The Total Environment*, 577, pp. 349-359.
- Guha, S., Govil, H. ve Diwan, P.** 2020. Monitoring LST-NDVI Relationship Using Premonsoon Landsat Datasets, *Advances in Meteorology*, 2020, pp. 4539684.
- Jusuf, S. K., Ignatius, M., Hien, W. N. ve Akbari, H.** 2019. Editorial: Urban Heat Island (UHI) and its Mitigation through Urban Planning, Design, and Landscaping, *Architectural Science Review*, 62(1), pp. 1-2.
- Li, X., Zhou, W. ve Ouyang, Z.** 2013. Relationship between land surface temperature and spatial pattern of greenspace: What are the effects of spatial resolution?, *Landscape and Urban Planning*, 114, pp. 1-8.
- Li, Z.-L., Wu, H., Wang, N., Qiu, S., Sobrino, J. A., Wan, Z., Tang, B.-H. ve Yan, G.** 2013. Land surface emissivity retrieval from satellite data, *International Journal of Remote Sensing*, 34(9-10), pp. 3084- 3127.
- Mousivand, A., Verhoef, W., Menenti, M. ve Gorte, B.** 2015. Modeling Top of Atmosphere Radiance over Heterogeneous Non-Lambertian Rugged Terrain, *Remote Sensing*, 7(6), pp. 8019-8044.
- Tan, P. Y., Wong, N. H., Tan, C. L., Jusuf, S. K., Chang, M. F. ve Chiam, Z. Q.** 2018. A method to partition the relative effects of evaporative cooling and shading on air temperature within vegetation canopy, *Journal of Urban Ecology*, 4(1).
- USGS 2023 Landsat Collection 2 Level-2 and Level-1 Product.
- Verburg, P. H., Neumann, K. ve Nol, L.** 2011. Challenges in using land use and land cover data for global change studies, *Global Change Biology*, 17(2), pp. 974-989.
- Xu, D. ve Guo, X.** 2014. Compare NDVI extracted from Landsat 8 imagery with that from Landsat 7 imagery', *American Journal of Remote Sensing*, 2(2), pp. 10-14