

# VAN KENTİNİN MORFOLOJİK GELİŞİMİNDE KENTSEL ÇEPER DİNAMİKLERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA: 2011-2024 DÖNEMİ

# 16

Nurbanu ÖZKARTAL<sup>1</sup>, Esra ŞIRKI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Siirt Üniversitesi, Tasarım Meslek Yüksekokulu/Tasarım Bölümü,  
banuozkartal@hotmail.com

<sup>2</sup> Siirt Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi/Şehir ve Bölge Planlama  
Bölümü, esra.yavic@siirt.edu.tr

## ÖZET

*Kentleşme süreçleri, doğal ve yapıllı çevre arasındaki hassas dengenin korunması açısından kritik bir öneme sahiptir. Yeşil alanlar, kentlerin morfolojik yapısının ayrılmaz bir parçası olup, sürdürülebilir kentsel gelişim için çevresel, sosyal ve ekonomik işlevler sağlamaktadır. Ancak, hızla artan kentleşme, yeşil alanların azalmasına ve kent morfolojisinde köklü değişimlere yol açmaktadır. Bu bağlamda, Van'ın 2011 yılında yaşamış olduğu deprem ve 2012 yılında yürürlüğe giren Büyükşehir Yasası sonrası yaşadığı kentsel ve yönetsel değişim süreçleri, yeşil alanlar ve kent morfolojisi arasındaki ilişkiyi incelemek açısından önemli bir çalışma alanı sunmaktadır.*

*Bu çalışma, 2011 Van Depremi ve 2012'de yürürlüğe giren Büyükşehir Yasası'nın Van kentinin kentsel gelişim süreçleri ve morfolojik yapısı üzerindeki etkilerini incelemektedir. Araştırmanın amacı, Van'ın İpekyolu, Tuşba ve Edremit ilçelerine odaklanarak kentsel çeperlerdeki büyüme dinamiklerini, arazi kullanımı değişimlerini ve fonksiyonel dönüşümleri analiz etmektir. Bu bağlamda, kentsel büyümenin yönü, yapı yoğunluğundaki artış, yeşil alanlardaki değişim ve Van Gölü kıyısındaki rekreasyonel alanların dönüşümü gibi temel unsurlar değerlendirilmektedir. Çalışma, ayrıca çeper bölgelerdeki morfolojik değişimlerin mekânsal bağımlılık özelliklerini ortaya koymayı hedeflemektedir.*

*Araştırma kapsamında mekânsal analiz ve uzaktan algılama yöntemleri bir arada kullanılmıştır. Landsat ve Sentinel-2 uydu görüntüleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) araçlarıyla analiz edilerek Van'ın 2011, 2015, 2020 ve 2024 yıllarındaki kentsel büyüme süreci haritalandırılmıştır. Uydu görüntülerinden türetilen NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ve NDBI (Normalized Difference Built-up Index) gibi mekânsal indeksler, yeşil alanların azalma eğilimi ve yapı yoğunluğundaki değişimlerin tespitinde temel araçlar olarak kullanılmıştır. Moran's I ve LISA (Local Indicators of Spatial Association) analizleri ile mekânsal bağımlılık ve kümelenme özellikleri değerlendirilmiştir. Bu süreçte, Van Gölü kıyısındaki rekreasyonel alanların dönüşümü için tampon alan analizleri yapılmış ve bu bölgelerdeki yapılaşma eğilimleri incelenmiştir.*

*Çalışmanın bulguları, 2011 sonrası dönemde Van'ın kentsel büyümesinin özellikle Edremit ve Tuşba ilçelerine yöneldiğini göstermektedir. 2024 yılı verileriyle yapılan analizler, bu büyüme eğilimlerinin devam ettiğini ve kentsel çeperlerdeki yapılaşma yoğunluğunun daha belirgin hale geldiğini ortaya koymuştur. Özellikle Van Gölü kıyısındaki doğal alanların rekreasyonel kullanıma dönüşmesi ve bu süreçte yeşil alanların niceliğinin*

*değiştirdiği NDVI analizleri ile ortaya konulmuştur. Tampon alan analizleri, Van Gölü çevresindeki yapılaşma baskısının kıyılardan 500 m, 1 km ve 2 km mesafelerde farklı yoğunluklarla ilerlediğini göstermiştir. NDBI sonuçları, yapılaşma yoğunluğundaki artışın çeper bölgelerde belirgin olduğunu ve bu alanların kent merkeziyle fonksiyonel ilişkiler kurduğunu göstermektedir. Mekânsal bağımlılık analizleri ise kentsel çeperlerdeki yapılaşma dinamiklerinin belirli kümelenmeler oluşturduğunu ve bazı alanlarda süreklilik, bazı alanlarda ise kopuş olduğunu göstermektedir.*

*Sonuç olarak, Van'ın morfolojik gelişimi, deprem sonrası süreçler ve büyükşehir statüsünün etkisiyle önemli bir dönüşüm geçirmiştir. Özellikle kentsel çeperlerde yaşanan yapılaşma baskısı, doğal alanların ve yeşil altyapının korunması gerekliliğini daha da kritik hale getirmiştir. Van Gölü kıyısındaki rekreasyonel alanların korunması için tampon alan yönetimi ve bu alanlarda yapılaşma kontrolünün sağlanması önerilmektedir. Ayrıca, sürdürülebilir kentsel gelişim için yerel yönetimlerin imar planlarını yeşil altyapıyı destekleyecek şekilde düzenlemeleri gerekmektedir. Bu durum, sürdürülebilir kentsel gelişim için yeni yaklaşımların gerekliliğini ortaya koymaktadır. Araştırmanın bulguları, Van'ın kentsel planlama süreçlerinde çeper bölgelerinin etkin yönetimi için öneriler sunmaktadır*

**Anahtar Kelimeler:** Kentsel Morfoloji, Yeşil Alanlar, Kent Çeperi, Mekânsal Analiz, Kentsel Gelişim

## 1. GİRİŞ

Küresel ölçekte kentleşme süreci, özellikle gelişmekte olan ülkelerde doğal çevre ile yapılı çevre arasındaki dengenin korunması açısından önemli zorluklar ortaya koymaktadır. Artan nüfus, düzensiz yapılaşma ve mekânsal olarak genişleyen kent çeperleri, kent morfolojisinin fiziksel yapısını ve işlevsel düzenini dönüştürmektedir. Bu dönüşüm, başta yeşil alanlar olmak üzere, kentsel ekosistem hizmetlerinin kaybına neden olmakta ve kentlerin sürdürülebilir gelişimini tehdit etmektedir (Çetin et al., 2024). Kent içi yeşil alanlar sadece estetik ve ekolojik işlevler değil, aynı zamanda sosyal bütünleşme, mikroklimatik dengeleme ve afet sonrası toplanma alanı gibi çok yönlü faydalar sunmaktadır (Tzoulas et al., 2007).

Depremler gibi ani ve yıkıcı afetler, kentsel dokuyu hem fiziksel hem de işlevsel açıdan ciddi şekilde etkilemekte ve bu bağlamda yeniden yapılaşma süreçleri, kent morfolojisinin evrimini doğrudan belirleyen unsurlardan biri haline gelmektedir. Türkiye'de 2011 yılında yaşanan Van Depremi ve ardından 2012 yılında yürürlüğe giren 6360 sayılı Büyükşehir Yasası, Van ilinin mekânsal gelişiminde çarpıcı değişimlere yol açmıştır. Özellikle İpekyolu, Tuşba ve Edremit ilçelerinde kentsel yayılmanın yönü, yapılaşma yoğunluğundaki artış ve yeşil alanlarda meydana gelen dönüşümler, bu değişimi gözler önüne sermektedir (Yetkin, 2020).

Son yıllarda uzaktan algılama teknolojileri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) araçları, kentsel büyüme, arazi kullanımı değişimi ve morfolojik dönüşüm süreçlerinin izlenmesinde güçlü analitik araçlar haline gelmiştir. Landsat ve Sentinel-2 gibi çok zamanlı uydu görüntülerinden türetilen Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ve Normalized Difference Built-Up Index (NDBI) gibi spektral indeksler, yeşil alanların kaybı ve yapılaşma yoğunluğunun artışı gibi çevresel dinamiklerin nicel olarak analizine olanak tanımaktadır (Xu, 2008; Gao, 1996). Buna ek olarak, Moran's I ve LISA (Local Indicators of Spatial Association) gibi mekânsal otokorelasyon teknikleri, bu değişimlerin mekânsal kümelenme örüntülerini ortaya koymakta ve kentsel büyümenin yönü ile yoğunluk derecesini belirlemekte kullanılmaktadır (Anselin, 1995).

Mevcut literatürde Türkiye'nin çeşitli metropol kentlerinde NDVI, NDBI ve mekânsal analiz yöntemlerinin kullanıldığı birçok çalışma mevcuttur. Örneğin, Kayseri örneğinde Çetin ve arkadaşları (2024), NDVI ve NDBI kullanarak kentsel ısı adası etkileri ile bitki örtüsü arasındaki ilişkiyi ortaya koymuş ve dokuz yıllık Landsat serisi üzerinden yeşil alanlarda azalma eğilimlerini analiz etmişlerdir. Benzer şekilde, Ankara örneğinde Gürbüz ve Çilek (2023), Landsat 7 ETM+ ve Sentinel-2 verilerini kullanarak iki on yıllık süreçte mekânsal kümelenmeyi Moran's I ile analiz etmiş ve yapılaşma baskısının özellikle tarım alanları üzerinde yoğunlaştığını ortaya koymuştur. Bu çalışmalar, NDVI-NDBI ve mekânsal analiz araçlarının, Türkiye'deki büyükşehir kentlerinde kentsel yayılmayı ve yeşil alan kaybını izleme açısından etkili yöntemler olduğunu ortaya koymaktadır.

Ancak, deprem sonrası döneme özgü morfolojik dönüşümleri ele alan, Sentinel-2/Landsat görüntüleriyle desteklenmiş, CBS tabanlı tampon analizlerini de içeren bütüncül bir çalışmanın eksikliği göze çarpmaktadır. Bu durum, özellikle afet sonrası yeniden yapılaşma süreçlerinin yeşil alan dinamikleri ve kentsel işlevlerle ilişkisini anlamaya yönelik kapsamlı vaka çalışmalarına olan ihtiyacı ortaya koymaktadır (Ghaffarian et al., 2021).

Bu bağlamda, bu çalışma 2011 Van Depremi ve 2012 Büyükşehir Yasası sonrası Van ilindeki morfolojik ve işlevsel dönüşüm süreçlerini analiz etmeyi hedeflemekte; NDVI, NDBI, Moran's I, LISA ve tampon alan analizleri ile desteklenen uzaktan algılama temelli mekânsal analiz yöntemleriyle bu dönüşümü nicel ve mekânsal olarak ortaya koymaktadır. Çalışma hem bilimsel literatürdeki boşluğu doldurmayı hem de kent planlaması ve afet sonrası yeniden yapılanma süreçlerine katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde, kentsel morfoloji, çeper bölgelerdeki mekânsal dönüşüm dinamikleri ve bu dönüşümlerin analizinde kullanılan uzaktan algılama temelli yöntemlere dair güncel literatür özetlenmektedir. Ayrıca, NDVI ve NDBI gibi spektral indekslerin kullanımı, mekânsal otokorelasyon analizlerinin kent planlamasındaki yeri ve yeşil altyapının dönüşüm süreçlerine etkisi üzerine yapılmış ulusal ve uluslararası çalışmalar ele alınmaktadır.

### 2.1. Kent Morfolojisi ve Kentsel Büyüme Kuramları

Kent morfolojisi, bir kentin fiziksel biçiminin tarihsel evrimi, mekânsal düzeni ve yapısal örgütlenmesiyle ilgilenen bir çalışma alanıdır. Conzen'in (1960) kurumsallaştırdığı morfolojik analiz yaklaşımı, kentsel alanların yapı dokusu (form), kullanım biçimi (fonksiyon) ve mülkiyet örüntüsü (parselasyon) üçlüsü üzerinden incelenmesini önerir. Hillier ve Hanson'ın (1984) geliştirdiği "mekânsal sentez" kuramı ise, kent formunun yalnızca fiziksel değil, aynı zamanda sosyal etkileşimlerin bir ürünü olduğunu vurgular. Modern kent planlama çalışmalarında bu kuramsal çerçeveler, uzaktan algılama ve CBS teknikleri ile entegre edilerek kentsel büyüme, çeperleşme ve fonksiyonel dönüşüm analizlerinde kullanılmaktadır.

## 2.2. Uzaktan Algılama ile Morfolojik Değişim Analizleri

NDVI ve NDBI gibi spektral indeksler, kent formundaki değişimi uzamsal olarak izleme konusunda sıkça kullanılmaktadır (Xu, 2008). Bu indeksler, arazi örtüsündeki dönüşümleri bitki örtüsü ve yapılaşma düzeyi üzerinden sayısallaştırır. NDVI, yeşil alan yoğunluğunu temsil ederken; NDBI, kentleşmenin baskın olduğu alanları tanımlar. Literatürde bu indeksler sıklıkla kentsel yayılma (urban sprawl), ısı adası etkisi (UHI) ve yeşil alan kaybı analizlerinde kullanılmaktadır (Weng, 2009).

Örneğin, Cetin et al. (2024), Kayseri örneğinde NDVI ve NDBI kullanarak yüzey sıcaklığı ile yeşil alan dinamiği arasındaki ilişkiyi analiz etmiş, NDVI ile LST arasında negatif korelasyon tespit etmiştir. Bu çalışma, kentsel morfolojide yeşil altyapının mikroklimatik işlevini ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, Gürbüz ve Çilek (2023), Ankara'da uzaktan algılama temelli değişim analizleriyle kentsel yayılmanın mekânsal örüntülerini belirlemiş ve Moran's I ile yüksek derecede kümelenme eğilimi saptamıştır.

Uluslararası literatürde ise, Çin (Phiri et al., 2020), Hindistan (Wang et al., 2020) ve Güney Amerika'da (Delgado et al., 2019) NDVI/NDBI'nin afet sonrası kullanımı üzerine vaka çalışmaları bulunmaktadır. Ancak bu çalışmalar çoğunlukla sel, fırtına veya hızlı kentleşme senaryolarına odaklanmakta, deprem sonrası morfolojik değişim ise yeterince ele alınmamaktadır.

## 2.3. Yeşil Altyapı ve Fonksiyonel Dönüşüm

Kent morfolojisinin sürdürülebilirliği açısından yeşil altyapı, giderek önem kazanan bir kavram haline gelmiştir. Benedict ve McMahon (2006), yeşil altyapıyı doğa temelli çözümleri mekânsal planlama süreçlerine entegre eden bir yapı olarak tanımlar. Tzoulas et al. (2007) bu altyapının, sadece çevresel değil, aynı zamanda insan sağlığı ve toplumsal bütünleşme üzerinde de olumlu etkiler yarattığını savunur. Ahern (2013), afet sonrası yeniden yapılanma süreçlerinde yeşil altyapının sürekliliğinin korunmasının, morfolojik kopmaları önleyerek dayanıklılığı artırdığını belirtir. Ancak afet sonrası planlamalarda, bu yapısal sürekliliğin ne ölçüde sağlanabildiğine dair vaka çalışmaları sınırlıdır.

## 2.4. Tampon Zon ve Mekânsal Otokorelasyon Teknikleri

Göller, nehirler ve rekreasyon alanları gibi doğal eşikler çevresinde gelişen yapılaşma baskısı, tampon zon analizleriyle ölçülebilmektedir. Bu yöntem, yapılaşma yoğunluğunun doğal unsurlara olan mesafeye göre nasıl değiştiğini sayısallaştırır (Dijokienė & Kazlauskas, 2022). Mekânsal otokorelasyon teknikleri olan Moran's I ve LISA ise, yapılaşmanın kümelenme eğilimlerini belirler (Anselin, 1995). Ankara ve Kayseri'de yapılan çalışmalar bu tekniklerle yüksek tutarlılık göstermiş olsa da, Türkiye bağlamında deprem sonrası süreçlerde bu yöntemlerin entegre kullanımı oldukça sınırlıdır.

Literatür genel olarak, kentsel büyüme ve yeşil alan değişimini analiz eden güçlü yöntemler geliştirmiştir. Ancak NDVI/NDBI, Moran's I, LISA ve tampon zon analizlerinin birlikte kullanıldığı, deprem sonrası morfolojik dönüşümleri odak alan, Türkiye bağlamında yapılmış kapsamlı ve mekânsal bir vaka çalışması bulunmamaktadır. Van gibi hem deprem geçirmiş hem de büyükşehir statüsüne geçiş yaşamış bir kent için bu tür entegre analizler hem akademik hem de planlama pratiği açısından önemli bir boşluğu dolduracaktır.

### 3. MATERYAL METOT

Bu çalışma, Türkiye'nin doğusunda yer alan Van kentinin 2011-2024 döneminde geçirdiği morfolojik dönüşümü ve çeper alanlardaki mekânsal dinamikleri analiz etmeyi amaçlamaktadır. Van, hem jeolojik hem de yönetsel açıdan dikkate değer bir dönüşüm sürecine sahne olması nedeniyle örneklem alanı olarak seçilmiştir. Özellikle 2011 yılında yaşanan yıkıcı deprem ve 2012 yılında yürürlüğe giren 6360 sayılı Büyükşehir Yasası, kentin fiziksel mekân yapısını ve planlama sınırlarını radikal biçimde değiştirmiştir. Bu yönüyle Van, Türkiye'de afet sonrası yeniden yapılanma ve büyükşehir ölçeğinde mekânsal dönüşümün eş zamanlı yaşandığı nadir örneklerden biridir.

Van'ın seçilme gerekçeleri şu şekilde özetlenebilir:

- Afet Sonrası Yeniden Yapılanma: 2011 depremi, Van'ın kentsel morfolojisinde hem fiziksel hem de sosyo-ekonomik düzeyde büyük bir kırılma yaratmıştır. Yeniden yapılaşma süreçleri, çeper bölgelerde yeni kentsel yayılmalar doğurmuştur.
- Yönetsel Statü Değişimi: 2012 yılında Van'ın büyükşehir statüsü kazanması, mücavir alan sınırlarını genişletmiş ve İpekyolu, Tuşba ve Edremit gibi ilçelerde yeni yapılaşma baskılarını beraberinde getirmiştir.
- Ekolojik Hassasiyet: Van Gölü çevresi hem doğal peyzaj hem de ekolojik denge açısından kritik öneme sahiptir. Bu kıyı alanlarındaki yapılaşma baskısı, sürdürülebilir planlama açısından özel dikkat gerektirmektedir.
- Veri Ulaşılabilirliği: Van'a ait Landsat serisi uydu görüntüleri, bulutsuz ve eşlenik tarihli kayıtlar açısından analiz yapılabilir niteliktedir. Bu durum, zamansal karşılaştırmalı spektral analizlerin sağlıklı biçimde yürütülmesine olanak tanımıştır.

#### 3.1. Veri Seti ve Görüntü Kaynakları

Araştırmada kullanılan uzaktan algılama verileri, Landsat uydularına (Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI) ait multispektral görüntülerden oluşmaktadır. Veriler, yeşil örtünün maksimum seviyeye ulaştığı haziran aylarında seçilmiştir:

- 17 Haziran 2011 - Landsat 5
- 20 Haziran 2015 - Landsat 7
- 25 Haziran 2020 - Landsat 8
- 20 Haziran 2024 - Landsat 8

Bu tarihlerin seçiminde, bitki örtüsünün en aktif olduğu dönemlerin tercih edilmesi ve bulutsuz görüntüler üzerinden karşılaştırma yapılması esas alınmıştır.

#### 3.2. Spektral İndeks Hesaplamaları

Kentsel alanlardaki yeşil doku değişimini ve yapılaşma yoğunluğunu analiz etmek amacıyla iki temel spektral indeks kullanılmıştır:

- NDVI (Normalized Difference Vegetation Index): Yeşil alanların sağlığını ve yoğunluğunu tespit etmek için kullanılmış; yüksek NDVI değerleri yoğun bitki örtüsünü, düşük değerler ise seyrek veya bozulmuş vejetasyonu ifade etmiştir.

- NDBI (Normalized Difference Built-Up Index): Yapılaşmış alanların mekânsal dağılımını belirlemek için hesaplanmış; pozitif değerler yapılaşma yoğunluğunu, negatif değerler ise doğal yüzeyleri göstermiştir.

Bu indeksler ArcGIS 10.8 yazılımı aracılığıyla raster veri formatında işlenmiş, yeniden sınıflandırma (reclassify) işlemleriyle yorumlanabilir mekânsal katmanlara dönüştürülmüştür.

### 3.3. Mekânsal Otokorelasyon Analizleri

NDVI ve NDBI verilerinin mekânsal dağılımlarını ve bunlar arasındaki ilişkileri değerlendirmek için şu analizler uygulanmıştır:

- Moran's I: Genel mekânsal otokorelasyonu belirlemek için kullanılmış; pozitif otokorelasyon durumlarında benzer değerlerin kümelenmesi, negatif durumlarda ise karşıt örüntülerin ortaya çıktığı analiz edilmiştir.
- LISA (Local Indicators of Spatial Association): Yerel düzeydeki "yüksek-yüksek" ve "düşük-düşük" kümelenme desenlerini belirleyerek morfolojik süreklilik ya da kopuşları ortaya koymuştur.

### 3.4. Tampon Bölge Analizi

Van Gölü kıyı şeridinde yapılaşma baskısını analiz edebilmek amacıyla, kıyıdan itibaren 500 m, 1 km ve 2 km yarıçaplı tampon zonlar oluşturulmuştur. Bu zonlarda NDVI ve NDBI değerleri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiş; özellikle Edremit kıyılarında yapılaşma yoğunluğu ve yeşil alan kaybı dikkatle değerlendirilmiştir.

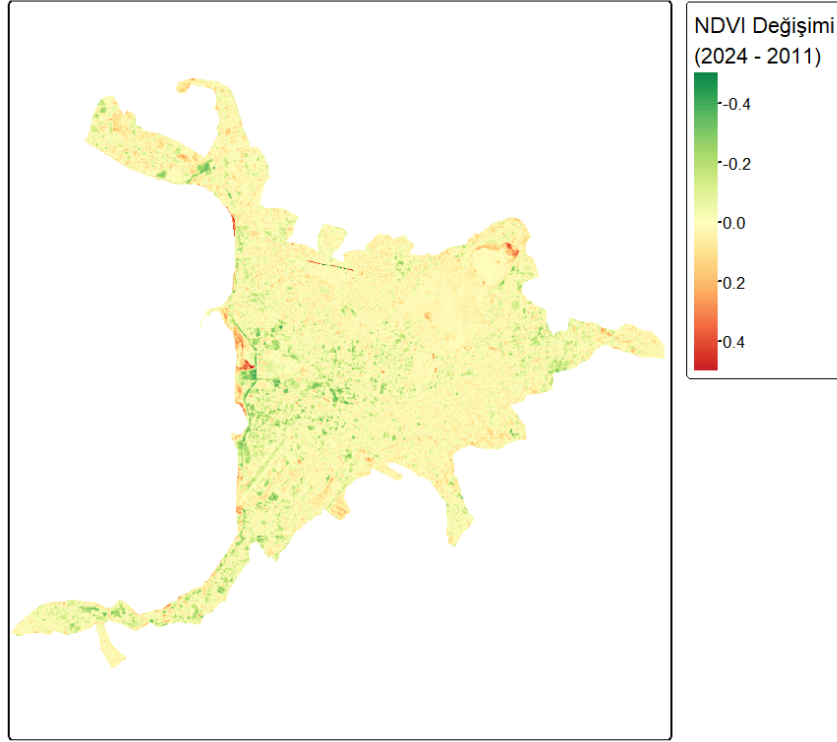
## 4. BULGULAR

Bu bölümde, 2011-2024 döneminde Van kentinin morfolojik yapısında gerçekleşen değişim, NDVI ve NDBI spektral indeks analizleri, Moran's I ve LISA mekânsal istatistikleri ile tampon bölge analizleri doğrultusunda detaylı biçimde sunulmaktadır.

### 4.1. NDVI Sonuçları: Yeşil Alanlardaki Değişim

NDVI analizleri, Van'da yeşil alanların mekânsal sürekliliğinde çarpıcı değişimlere işaret etmektedir. 2011 yılı NDVI verilerine göre, özellikle Edremit ve Tuşba ilçelerinde yüksek yoğunluklu yeşil alanlar bulunmaktaydı. Ancak Şekil 1'den de görüleceği üzere; 2024 yılı verilerinde, Edremit kıyılarında NDVI değerlerinde belirgin düşüş gözlenmiştir. Bu durum, kıyı bölgelerinde yoğun yapılaşmanın yeşil alanları doğrudan etkilediğini göstermektedir.

### NDVI Fark Haritası (2024 - 2011)



**Şekil 1.** 2011-2024 yılları arası Van İli NDVI fark analizi

NDVI fark haritası, 2011'de %15.7 olan yoğun yeşil alan oranının, 2024'te %9.5'e düştüğünü ortaya koymuştur. Özellikle kent çeperlerinde, parçalanmış ve seyrelmiş yeşil dokular, morfolojik sürekliliğin bozulduğunu göstermektedir. Buna karşılık, doğu ve güney çeperlerinde bazı yeni planlı yeşil alan uygulamaları ile NDVI değerlerinde artış eğilimi saptanmıştır (Tablo 1).

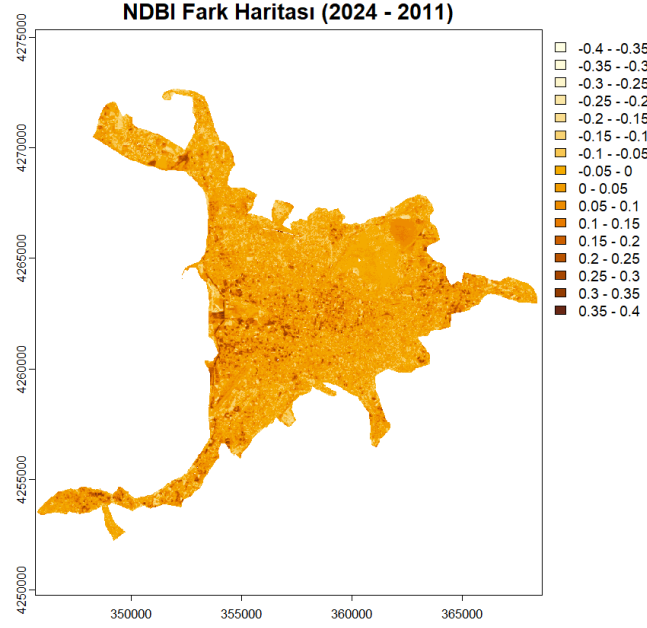
**Tablo 1.** Van ili 2011-2024 NDVI değişim tablosu

Yıl	Yapılaşmış / Su	Seyrek Yeşil	Orta Yeşil	Yoğun Yeşil
2011	13.6 %	43.2 %	27.6 %	15.7 %
2015	12.1 %	55.3 %	25.8 %	6.8 %
2020	12.4 %	46.5 %	29.3 %	11.7 %
2024	12.5 %	46.2 %	31.8 %	9.5 %

#### 4.2. NDBI Sonuçları: Yapılaşma Yoğunluğu ve Yayılma Örüntüleri

NDBI analizleri, kentsel yapılaşmanın özellikle batı ve güneybatı aksında yoğunlaştığını ortaya koymuştur. 2011 yılı verilerine göre %34.5 olan "orta yoğunlukta yapılaşma" oranı, 2024 yılında %41.0'a ulaşmıştır. Bu artış, yapılaşmanın yalnızca nicel olarak değil, aynı zamanda mekânsal olarak da yaygınlaştığını göstermektedir (Şekil 2).

Özellikle İpekyolu ve Edremit ilçelerinde yapı yoğunluğunun artması, kent merkezi ile çeper arasındaki fonksiyonel sınırların belirsizleşmesine yol açmıştır. Bu yayılma, doğrusal olmayan ve düzensiz bir örüntü göstermekte; bazı bölgelerde ise doğal eşiklerin (örneğin Van Gölü kıyısı) zorlandığı görülmektedir. (Şekil 2).



**Şekil 2.** 2011-2024 yılları arası Van İli NDBI fark analizi

2011-2024 dönemi boyunca NDBI verilerine dayalı olarak elde edilen arazi kullanım sınıflandırması, Van kentinde doğal alanların azaldığını, buna karşılık orta ve yüksek yoğunluklu yapılaşma oranlarının arttığını ortaya koymuştur. 2011 yılında %14.8 olan "Doğal Alan / Su / Boşluk" oranı, 2024 yılında %7.4'e düşmüştür. Bu durum, doğal peyzajın yapılaşma lehine gerilediğini göstermektedir.

Orta yoğunlukta yapılaşma, 2015 yılında zirve yaparak %47.5'e ulaşmış, 2024'te ise %41.0 düzeyinde sabitlenmiştir. Bu değişim, çeper bölgelerde konut odaklı genişlemeyi yansıtmaktadır. Yüksek yapılaşma ise 2011'de %23.7 iken 2024'te %24.0'a çıkarak merkez çevresi yapılaşma yoğunluğunun da artışta olduğunu göstermektedir.

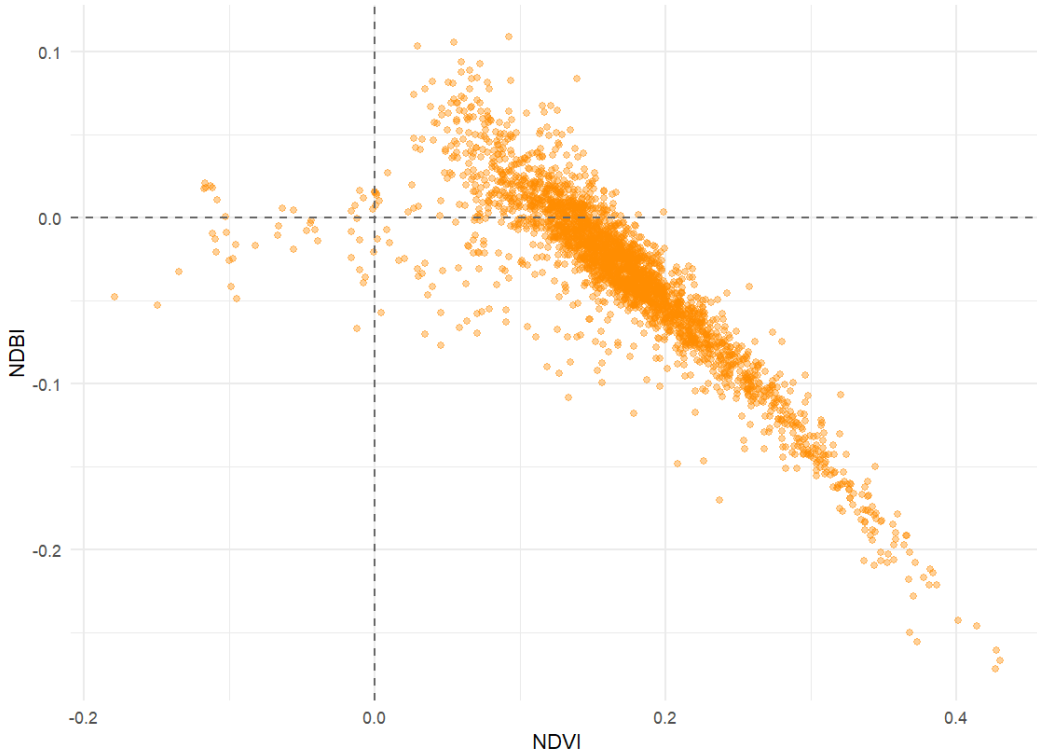
Bu veriler, kentsel yayılmanın hem yatay hem dikey büyümeyi içerdiğini, doğal alan kaybı ile birlikte mekânsal baskının giderek yoğunlaştığını ortaya koymaktadır (Tablo 2).

**Tablo 2.** Van ili 2011-2024 NDBI değişim tablosu

Yıl	Doğal Alan/ Su / Boşluk	Düşük Alanlar	Yoğunluklu Orta Yapılaşma	Yüksek Yapılaşma
2011	14.8 %	27.0 %	34.5 %	23.7 %
2015	6.3 %	25.0 %	47.5 %	21.2 %
2020	8.7 %	26.4 %	38.6 %	26.3 %
2024	7.4 %	27.6 %	41.0 %	24.0 %

### 4.3. NDVI–NDBI İlişkisi

2024 yılına ait NDVI–NDBI korelasyon grafikleri, bu iki indeks arasında güçlü bir negatif ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, yeşil alanların azaldığı bölgelerde yapılaşma baskısının arttığını göstermektedir. NDVI değeri düşük olan alanların komşuluğunda yüksek NDBI değerlerinin bulunması, çeperdeki yapılaşmanın ekolojik dokular üzerindeki etkisini açıkça ortaya koymaktadır (Şekil 3).

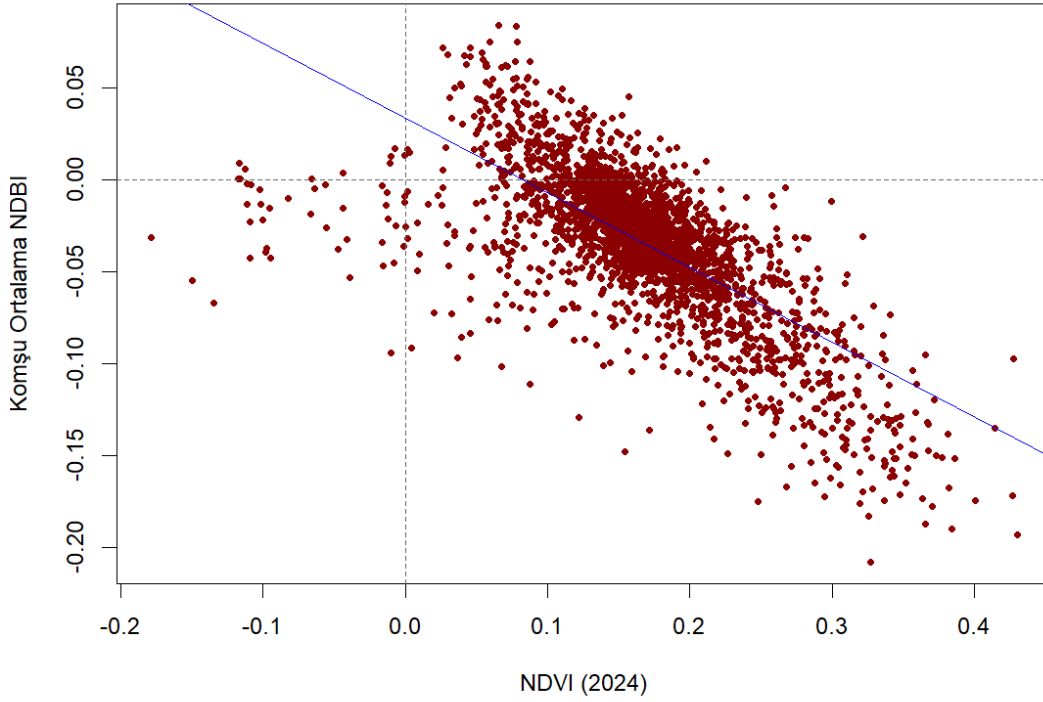


**Şekil 3.** Van İli NDBI–NDVI dağılım grafiği

Özellikle Van Gölü çevresinde, NDVI'nin düşük ve NDBI'nin yüksek olduğu alanlar dikkat çekicidir. Bu bulgu, kıyı koruma politikalarının yetersizliğini ve rekreasyon alanlarının inşaat baskısına karşı kırılganlığını vurgulamaktadır.

2024 yılına ait verilerle oluşturulan ikili mekânsal Moran scatter grafiği, NDVI ile mekânsal olarak gecikmeli (komşu) NDBI değerleri arasında belirgin bir negatif korelasyon olduğunu göstermektedir. Bu ilişki, bitki örtüsünün yoğunlaştığı alanların çevresinde yapılaşmanın genellikle seyrek olduğunu; buna karşılık düşük NDVI değerlerine sahip alanların ise yoğun yapılaşmış bölgelerle çevrelendiğini ortaya koymaktadır (Şekil 4).

Bu durum, Van kentindeki yapılaşma dinamiklerinin yalnızca yeşil alanları azaltmakla kalmadığını, aynı zamanda bitki örtüsü sürekliliğini mekânsal olarak parçalayarak kent ekolojisi üzerinde baskı oluşturduğunu göstermektedir. Özellikle kıyı ve çeper bölgelerde bu etki daha belirgin biçimde hissedilmektedir.

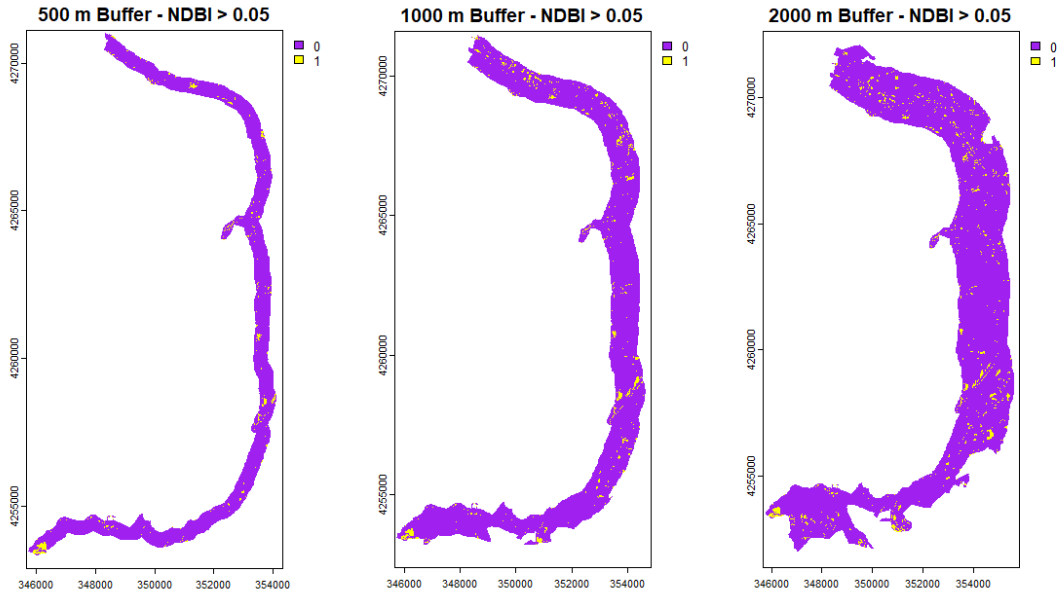


**Şekil 4.** NDVI ve Gecikmeli NDBI Arasındaki Mekânsal İlişki

#### 4.4. Tampon Zon Analizleri

Van Gölü kıyı şeridinde gerçekleştirilen tampon zon analizleri, yapılaşmanın doğal alanlarla ilişkisini mekânsal olarak değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, kıyıdan itibaren 500 m, 1 km ve 2 km yarıçaplı tampon bölgeler tanımlanmış ve bu zonlarda NDVI ve NDBI verileri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. 500 m şeridinde, özellikle Edremit ve güneybatı kıyı koridorunda yoğun yapılaşma baskısı tespit edilmiştir. Bu bölgelerde NDVI değerleri dikkate değer biçimde düşerken, NDBI pozitif değerler göstermiştir. Bu durum, kıyı çizgisine en yakın doğal alanların hızla yapılaşma baskısı altında kaldığını ve ekolojik sürekliliğin zayıfladığını ortaya koymaktadır. 1 km şeridinde, kısmi bir geçiş zonu karakteri gözlemlenmiştir. Bazı alanlarda yeşil alanlar korunurken, diğer bölgelerde yapılaşmanın kıyıdan içerilere doğru yayıldığı dikkat çekmektedir. Bu durum, kıyıya olan mesafenin yapılaşma yoğunluğu üzerindeki etkisinin heterojen olduğunu göstermektedir. 2 km şeridinde, kıyı baskısının göreceli olarak azaldığı, ancak yeni gelişen yerleşim alanlarının başladığı bir eşik zon tespit edilmiştir. Bu şerit içinde yapılaşma daha dağınık olmakla birlikte, NDVI değerleri bu bölgelerde bile 2011'e göre düşüş göstermektedir (Şekil 5).

Genel olarak analizler, Van Gölü çevresinde yapılaşma eğiliminin merkezden kıyıya doğru değil, kıyıdan merkeze doğru ilerleyen bir yayılma modeli izlediğini ortaya koymuştur. Bu durum, kıyı ekosistemlerinin yalnızca doğrudan yapılaşma ile değil, yakın çevresindeki baskılarla da tehdit altında olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, kıyı alanlarının koruma zonlarıyla sınırlandırılması ve mekânsal planlamada özel statü tanınması gerektiğini vurgulamaktadır.



**Şekil 5.** NDVI ve Gecikmeli NDBI Arasındaki Mekânsal İlişki

## 5. TARTIŞMA

Bu çalışmada elde edilen bulgular, Van kentinin 2011-2024 dönemi boyunca geçirdiği morfolojik dönüşümün hem mekânsal süreklilik hem de yeşil altyapı açısından ciddi kırımlara yol açtığını göstermektedir. NDVI analizleri, yeşil alanların hem oran hem de mekânsal bütünlük açısından azaldığını ortaya koyarken, NDBI sonuçları bu azalmayla paralel şekilde çeper bölgelerde yapılaşmanın düzensiz ve yaygın biçimde arttığını göstermektedir. Bu durum, Van'ın kentsel gelişiminin planlı olmaktan çok, afet sonrası yeniden yapılaşma ve yönetsel genişleme etkisiyle şekillendiğini düşündürmektedir.

Bulgular, Cetin et al. (2024)'ün Kayseri örneğinde NDVI-NDBI ilişkisi üzerinden kentleşmenin yeşil alanları nasıl dönüştürdüğünü ortaya koyan bulgularla tutarlıdır. Özellikle kıyı ve çeper bölgelerde NDVI değerlerinin düşmesi, Weng (2009) ve Tzoulas et al. (2007) tarafından tanımlanan kentsel yeşil altyapı kayıplarının ekosistem hizmetleri üzerindeki etkilerini desteklemektedir. Moran's I ve LISA analizleriyle tespit edilen mekânsal kopuşlar, Gürbüz ve Çilek (2023)'ün Ankara örneğinde tanımladığı "morfo-parçalanma" eğilimleriyle benzer bir örüntü sergilemektedir.

Özellikle Van Gölü kıyı şeridinde yapılan tampon analizleri, yapılaşma baskısının kıyıya en yakın zonlarda yoğunlaştığını ve bu durumun NDVI değerlerini dramatik biçimde düşürdüğünü ortaya koymuştur. Bu bulgular, Dijokiené & Kazlauskas (2022) tarafından vurgulanan "doğal eşikler üzerindeki yapılaşma baskısı" kuramını destekler niteliktedir. Van örneğinde olduğu gibi, rekreasyonel ve doğal karakter taşıyan alanlar, planlama mekanizmalarının zayıf olduğu durumlarda hızlı ve geri dönüşü zor bir dönüşüm sürecine girmektedir.

Bu bağlamda, çalışma Türkiye’de deprem sonrası kentsel dönüşüm ile büyükşehir statüsünün eş zamanlı etkilerini inceleyen mekânsal çözülemeye dayalı ilk örneklerden biri olma niteliğini taşımaktadır. Özellikle NDVI-NDBI ilişkilerinin mekânsal otokorelasyon analizleriyle desteklenmesi, bu dönüşümün rastlantısal değil, kümelenmiş ve yönlü bir biçimde gerçekleştiğini ortaya koymaktadır.

Ancak çalışmanın bazı sınırlılıkları da vardır. Uydu görüntülerinin mekânsal çözünürlüğü nedeniyle küçük ölçekli yeşil alanlar (örneğin mahalle parkları veya tarımsal küçük parseller) analiz dışında kalabilmiştir. Ayrıca, kentsel morfolojiyi etkileyen sosyal, ekonomik ve politik değişkenler bu çalışmada doğrudan ele alınmamıştır. Bu nedenle, gelecekteki çalışmaların sosyo-mekânsal etkileşimleri de modelleyecek biçimde tasarlanması önerilmektedir.

## 6. SONUÇ

Bu çalışma, Van kentinin 2011-2024 yılları arasındaki morfolojik dönüşümünü ve kentsel çeper dinamiklerini mekânsal çözüleme teknikleri ile inceleyerek, afet sonrası yeniden yapılaşma ile büyükşehir statüsünün birlikte kurguladığı kentleşme sürecine ışık tutmaktadır. NDVI ve NDBI spektral indekslerine dayalı analizler ile Moran’s I, LISA ve tampon zon tekniklerinin birlikte kullanılması, yalnızca yeşil alanların azalmasını ya da yapılaşmanın artmasını değil, aynı zamanda bu dönüşümün nerede, nasıl ve hangi mekânsal örüntülerle gerçekleştiğini nicel olarak ortaya koymuştur.

Bulgular, Van kentinde özellikle çeper bölgelerde yapılaşmanın heterojen ve parçalı bir şekilde ilerlediğini, yeşil alanların ise süresiz ve baskı altında olduğunu göstermiştir. NDVI analizleri, yeşil alanların toplam oranında %40’a yakın bir azalma olduğunu; NDBI analizleri ise orta ve yüksek yoğunluklu yapılaşmada dikkate değer artışlar olduğunu ortaya koymuştur. Moran’s I ve LISA istatistikleri, bu dönüşümün rastlantısal değil, mekânsal kümelenme biçiminde ilerleyen, belirli odaklarda yoğunlaşan bir karakter taşıdığını göstermektedir.

Özellikle Van Gölü kıyı şeridinde gerçekleştirilen tampon zon analizleri, ekolojik eşiklerin aşılmakta olduğunu, kıyıya 500 m mesafedeki yapılaşma baskısının NDVI değerlerini dramatik şekilde düşürdüğünü ve rekreasyonel alanların doğal karakterini kaybetme riskiyle karşı karşıya olduğunu ortaya koymuştur.

Sonuç olarak, Van kentinin morfolojik gelişimi, sadece fiziksel bir yayılma süreci değil, aynı zamanda ekolojik, yönetsel ve mekânsal kırılmaların iç içe geçtiği çok boyutlu bir dönüşüm olarak değerlendirilebilir. Bu durum, kent planlamasında bütüncül ve veri temelli yaklaşımların gerekliliğini bir kez daha ortaya koymaktadır. Çalışma, hem akademik literatüre hem de yerel yönetimlerin mekânsal planlama pratiklerine bilimsel temelli bir yol haritası sunmayı hedeflemektedir.

## 7. KAYNAKÇA

Ahern, J. (2013). Urban landscape sustainability and resilience: The promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design. *Landscape Ecology*, 28(6), 1203-1212. <https://doi.org/10.1007/s10980-012-9799-z>

- Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association—LISA. *Geographical Analysis*, 27(2), 93–115. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>
- Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2006). *Green infrastructure: Linking landscapes and communities*. Island Press.
- Cetin, M., Ozenen Kavlak, M., Senyel Kurkcuoglu, M. A., Bilge Ozturk, G., Cabuk, S. N., & Cabuk, A. (2024). Determination of land surface temperature and urban heat island effects with remote sensing capabilities: The case of Kayseri, Türkiye. *Natural Hazards*, 120(6), 5509–5536. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06431-5>
- Conzen, M. R. G. (1960). *Alnwick, Northumberland: A study in town-plan analysis*. Institute of British Geographers Publication, No. 27.
- Dijokienė, D., & Kazlauskas, S. (2022). Re-thinking the phenomenon of cityscapes in mass housing districts (Vilnius case). In *Urban redevelopment and revitalisation a multidisciplinary perspective: 29th international seminar on urban form (ISUF), Lodz-Krakow, 6-11 September 2022: book of abstracts..* Łódź University of Technology.
- Ghaffarian, S., Kerle, N., & Filatova, T. (2018). Remote sensing-based proxies for urban disaster risk management and resilience: A review. *Remote sensing*, 10(11), 1760.
- Gurbuz, M. and Cilek, A.: Analysis Of Urban Land Use Change Using Remote Sensing And Different Change Detection Techniques: The Case Of Ankara Province, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-M-1-2023, 515–520, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-1-2023-515-2023>, 2023.
- Hillier, B., & Hanson, J. (1989). *The social logic of space*. Cambridge university press.
- Phiri, D., Simwanda, M., Salekin, S., Nyirenda, V. R., Murayama, Y., & Ranagalage, M. (2020). Sentinel-2 data for land cover/use mapping: A review. *Remote sensing*, 12(14), 2291.
- Wang, S. W., Gebru, B. M., Lamchin, M., Kayastha, R. B., & Lee, W. K. (2020). Land use and land cover change detection and prediction in the Kathmandu district of Nepal using remote sensing and GIS. *Sustainability*, 12(9), 3925.
- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemela, J., & James, P. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81(3), 167–178. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.02.001>
- Weng, Q. (2009). Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64(4), 335–344. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.03.007>
- Xu, H. (2008). A new index for delineating built-up land features in satellite imagery. *International journal of remote sensing*, 29(14), 4269–4276.