Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 41:1 (2026) 201-210

Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi
Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University

Elektronik / Online ISSN : 1304 - 4915
Basılı / Printed ISSN : 1300 - 1884

Land use changes in Mersin after the 2023 Earthquakes: A remote sensing-based analysis

Gülsüm Ecem Demirdağ[1]*, Kemal Mert Çubukçu[2]

[1]Department of City and Regional Planning, Faculty of Architecture, Mersin University, 33343, Mersin, Türkiye
[2]Department of City and Regional Planning, Faculty of Architecture, Dokuz Eylül University, 35390, İzmir, Türkiye

Highlights:

- LULC changes
- LULC transfer matrix analyses
- Comparison with 1:100.000 scale environmental master plan

Keywords:

- Google Earth Engine
- Land-use
- 2023 Earthquakes
- Mersin
- Remote Sensing

Article Info:

Research Article
Received: 17.04.2025
Accepted: 26.10.2025

DOI:

10.17341/gazimmfd.1678183

Correspondence:

Author: Gülsüm Ecem Demirdağ
e-mail: ecemyuksel@mersin.edu.tr
phone: +90 545 880 8448

Graphical/Tabular Abstract

Figure A presents land use and land cover (LULC) transitions in Mersin between 2022 and 2025 in relation to the 1:100,000 scale Adana–Mersin Environmental Master Plan. The left map illustrates LULC conversions derived from Sentinel-2 imagery using Random Forest classification, emphasizing transitions from green areas to urban and bare land, as well as from bare land to urban use. The right map depicts only newly urbanized areas that are not compatible with the Environmental Master Plan, allowing for a clearer evaluation of post-disaster urban expansion occurring outside designated planning zones.



Figure A. Post-Earthquake Land Use Changes and Spatial Plan Compatibility in Mersin (2022–2025)

Purpose: The purpose of the study is to assess the effects of the February 2023 Kahramanmaraş-centered earthquakes on land use and land cover (LULC) changes in Mersin, Turkey. The study focuses on quantifying post-disaster spatial transformations driven by migration and evaluating their consistency with the 1:100.000 scale Environmental Master Plan.

Theory and Methods: Multi-temporal Sentinel-2 imagery (10 m) from 2022 and 2025 was analyzed using Google Earth Engine. Land use was classified with a Random Forest algorithm into urban, green, and bare land classes, supported by spectral indices. LULC transfer matrices and spatial overlay analyses were applied to assess land conversions and their consistency with planned development zones.

Results: Between 2022 and 2025, urban areas expanded by approximately 2%, while green areas declined from 44% to 37%. Bare land increased from 8% to 13%, indicating ongoing land-use transitions. Transfer matrix shows that 458 ha of green areas were converted into urban land and 143 ha into bare land. Spatial comparison with the Environmental Master Plan reveals that a considerable share of new urban development occurred outside designated development areas.

Conclusion: The findings indicate that disaster-induced migration following the 2023 earthquakes accelerated urban expansion in Mersin, primarily at the expense of green areas. The observed mismatch between land use change and planning decisions highlights the need for adaptive and resilient planning approaches that integrate disaster risk and migration dynamics. The study demonstrates the value of remote sensing and GIS-based analyses for monitoring post-disaster urban change and supporting evidence-based planning.

Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 41:1 (2026) 201-210

Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi
Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University
Elektronik / Online ISSN : 1304 - 4915
Basılı / Printed ISSN : 1300 - 1884

Mersin'de 2023 Depremleri sonrası arazi kullanımı değişimi: Uzaktan algılama temelli bir analiz

Gülsüm Ecem Demirdağ[1]*, Kemal Mert Çubukçu[2]
[1]Mersin Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, 33343, Mersin, Türkiye
[2]Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, 35390, İzmir, Türkiye

Ö N E Ç I K A N L A R

- Arazi örtüsü arazi kullanımı değişimleri
- AÖAK transfer matrisi analizleri
- 1/100.000 ölçekli Çevre Düzeni Planı karşılaştırması

Makale Bilgileri
Araştırma Makalesi
Geliş: 17.04.2025
Kabul: 26.10.2025

DOI:
10.17341/gazimmfd.1678183

Anahtar Kelimeler:
Google earth engine,
arazi kullanımı,
2023 depremleri,
mersin,
uzaktan algılama

ÖZ

Bu çalışma, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri sonrasında Mersin'de meydana gelen arazi kullanım ve örtüsü değişimlerini analiz etmektedir. Deprem sonrası göç dalgası, kentte önemli mekânsal dönüşümlere neden olmuş, özellikle kentsel alanlar genişlerken yeşil alanlarda belirgin bir azalma gözlemlenmiştir. Çalışmada, 2022 ve 2025 yıllarına ait Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak Google Earth Engine (GEE) ve Rastgele Orman (RF) sınıflandırma algoritması ile arazi kullanım değişimleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kentsel alanlar %48'den %50'ye yükselirken, yeşil alanlar %44'ten %37'ye gerilemiş ve çıplak yüzeyler %8'den %13'e yükselmiştir. Transfer matrisi analizleri de artan kentsel alanların büyük ölçüde yeşil alanlardan gerçekleştiğini göstermektedir. Bu değişimler, yoğun göç ve yeni yapılaşmaların etkisiyle ortaya çıkmıştır. Ayrıca elde edilen mekânsal veriler, 1/100.000 ölçekli Adana-Mersin Çevre Düzeni Planı kararları ile karşılaştırılarak, deprem sonrası yaşanan göç hareketlerinin plan kararlarıyla ne ölçüde örtüştüğü değerlendirilmiştir. Arazi kullanımındaki dönüşüm, sürdürülebilir kentleşme açısından önemli riskler barındırmakta olup, planlama süreçlerinde dikkate alınması gereken kritik unsurlar arasında yer almaktadır. Çalışma, deprem sonrası kentleşme süreçlerinin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Land use changes in Mersin after the 2023 Earthquakes: A remote sensing-based analysis

H I G H L I G H T S

- Land use land cover changes
- LULC transfer matrix analyses
- Comparison with 1:100.000 scale Environmental Master Plan

Article Info
Research Article
Received: 17.04.2025
Accepted: 26.10.2025

DOI:
10.17341/gazimmfd.1678183

Keywords:
Google earth engine,
Land-use,
2023 earthquakes,
mersin,
remote sensing

ABSTRACT

This study analyzes land use and land cover (LULC) changes in Mersin in the aftermath of the February 6, 2023 Kahramanmaraş earthquakes. The disaster-induced migration influx accelerated spatial transformations, with urban areas expanding while green spaces declined. Using Sentinel-2 satellite imagery from 2022 and 2025, classification was conducted through Google Earth Engine (GEE) and the Random Forest (RF) algorithm. Results indicate that urban areas increased from 48% to 50%, green spaces decreased from 44% to 37%, and bare surfaces rose from 8% to 13%. Transfer matrix analysis shows that most of the urban growth came at the expense of green areas. These shifts are closely tied to the demand for housing and construction triggered by rapid migration. Spatial outcomes were also compared with the 1:100,000 Adana–Mersin Environmental Master Plan, revealing discrepancies between planning decisions and actual land-use dynamics. The findings highlight significant risks for sustainable urbanization, particularly regarding the loss of agricultural land and ecological balance. Overall, the study provides timely insights into post-disaster urbanization and underscores the need for planning frameworks that integrate disaster-driven migration and promote resilient, sustainable development strategies.

*Sorumlu Yazar / Yazarlar / *Corresponding Author / Authors: *ecemyuksel@mersin.edu.tr, mert.cubukcu@deu.edu.tr / Tel: +90 545 880 8448

1. Giriş (Introduction)

İnsanlık tarihi aynı zamanda göçlerin de tarihidir. Göçler, savaşlar, siyasi baskılar, doğal afetler gibi itici faktörler veya daha iyi yaşam koşulları gibi çekici faktörler nedeniyle gerçekleşir [1–3]. Depremler ise zorunlu göçe neden olan önemli doğal afetlerdendir. Yer kabuğundaki kırılmalarla oluşan depremler, can ve mal kaybına, altyapı yıkımlarına ve iş alanlarının yok olmasına yol açarak insanları yaşadıkları bölgeyi terk etmeye zorlar ve göç edenler için çeşitli sosyal ve ekonomik sorunları da beraberinde getirir [2].

Depremler, dünyanın birçok yerine karşılaşılan doğal afetlerden biridir. Bir depremin felakete dönüşmesinin temel nedeni, insan bilincinin ve bu duruma karşı koyma yeteneğinin eksikliğidir. Bu durum, genellikle fay hatları üzerinde düzensiz yapıların inşa edilmesi ve inşaat kurallarına ve standartlarına uyulmaması gibi dikkatsiz insan müdahaleleriyle daha da kötüleşir [4]. Doğal bir olgu olarak depremler, tahmin edilemez ve önlenemez. Kısa vadeli bir hazırlık yapılması mümkün değildir; ancak insan topluluklarını ve inşa edilmiş çevreleri yıkıcı etkilerden korumak, planlama ve uzun vadeli hazırlıklarla sağlanabilir.

Türkiye, en aktif deprem kuşaklarından birinin üzerinde yer almakta olup, geçmişten günümüze birçok yıkıcı deprem yaşamıştır. Bu depremler, çok sayıda insanın zorunlu olarak göç etmesine neden olmuştur. Erzincan (1939), Gölcük (1999), Van (2011), Elazığ (2020) ve 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri, bu süreçlerin en çarpıcı örneklerindendir. 6 Şubat 2023 tarihinde saat 04:17 ve 13:24'te Kahramanmaraş'ın Pazarcık ve Elbistan ilçelerinde sırasıyla 7.7 ve 7.6 büyüklüğünde yaşanan depremlersen sonra; 20 Şubat 2023'te saat 20:04'te Hatay Yayladağı'nda 6.4 büyüklüğünde bir deprem daha yaşanmıştır. Bu depremler, 11 ilde büyük yıkımlara yol açmıştır [5]. Hatay, Gaziantep, Adıyaman, Malatya ve Kahramanmaraş gibi illerde ağır hasar meydana gelirken, depremin dolaylı etkileri çevre illerde de hissedilmiştir. Depremden etkilenen nüfus yaklaşık 16 milyon olup, bu nüfusun 1,8 milyonunu göçmenler oluşturmaktadır [6]. Yaşanan bu depremler dünya genelinde büyük ve yıkıcı etkileri olan depremler sınıfında değerlendirilmekte; sosyal ve ekonomik yapıyı da derinden etkilemektedir [7].

Afet sonrası yaşanan zorunlu ve gönüllü göç hareketleri, depremin etkilediği alanın genişliği ve bölgedeki nüfus yoğunluğu ile doğrudan ilişkilidir [8]. Yayınlanan raporlara göre, 3,3 milyon kişinin afet sonrası yerlerini terk ettikleri, en az 1,1 milyonunun ülkenin diğer bölgelerine göç ettiği bildirilmiştir [6]. Depremden doğrudan etkilenmeyen illerden biri olan Mersin, afet sonrası göç hareketliliğinin en yoğun yaşandığı şehirlerden biri haline gelmiştir. Mersin Valiliği'nin 4 Mart 2023 tarihli açıklamasına göre, resmi kayıtlara göre Mersin'de 164.845 afetzede barınmakta olup, bunların 97.405'i hanelerde kalmaktadır [9]. Buna karşılık, Mersin Büyükşehir Belediye Başkanı 11 Mart 2023'te yaptığı açıklamada, deprem sonrasında yaklaşık 400.000 kişinin kente göç ettiğini ifade etmiştir. Bu iki farklı rakam arasındaki fark, resmi kayıtlar ile tahmini veriler arasındaki yöntemsel farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Valilik açıklaması kayıt altına alınan ve barınma desteği sağlanan kişileri yansıtırken, Belediye Başkanı'nın açıkladığı rakam kente gelen toplam nüfus hareketliliğini kapsamakta ve dolayısıyla tahmine dayalı daha yüksek bir sayı sunmaktadır. TÜİK (2024) verileri de bu durumu destekler nitelikte olup, deprem sonrasında Mersin'in nüfus artış oranının önceki yıllara kıyasla yaklaşık %12 yükseldiğini göstermektedir. Bu süreçte göç eden nüfusun önemli bir kısmı geçici barınma alanlarına yönelmiş, büyük bölümü ise konut kiralama veya satın alma yoluyla kentte barınma ihtiyacını karşılamıştır.
Deprem sonrası göç eden nüfus, Mersin'in demografik yapısını önemli ölçüde değiştirmiş [10], kentteki konut piyasası ve mekânsal dönüşüm süreçleri üzerinde belirleyici bir rol oynamıştır. Özellikle konut talebinin artmasıyla kira fiyatlarında ve emlak değerlerinde belirgin bir yükseliş gözlenmiştir. Ayrıca, gelen göç dalgası kentsel hizmetlerin ve altyapının yeniden şekillendirilmesini zorunlu kılmıştır. Artan nüfusla birlikte kentin mekânsal dokusunda da önemli değişimler meydana gelecektir [11].

Bu çalışmanın temel amacı, 2023 depremleri sonrasında Mersin'e göç eden nüfusun barınma ihtiyacını karşılamak amacıyla oluşturulan yeni yerleşim alanlarını ve değişen arazi kullanımını uzaktan algılama yöntemleriyle analiz etmektir. Bu doğrultuda, 2022 ve 2025 yıllarına ait uydu görüntüleri kullanılarak Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı (AÖAK) Haritaları oluşturulmuş, yıllar arasındaki değişim ve dönüşüm incelenmiştir. Bu zaman aralığı içinde gerçekleşen değişimin mevcut plan kararlarıyla bağlantısını analiz etmek için ise, T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayınlanan; üst ölçekli sektörel ve mekânsal gelişim kararlarının üretildiği 1/100.000 ölçekli Adana-Mersin Çevre Düzeni Planı ile karşılaştırılmıştır.

2. Meteryal ve Yöntem (Materials and Methods)

2.1. Çalışma Alanı (Study Area)

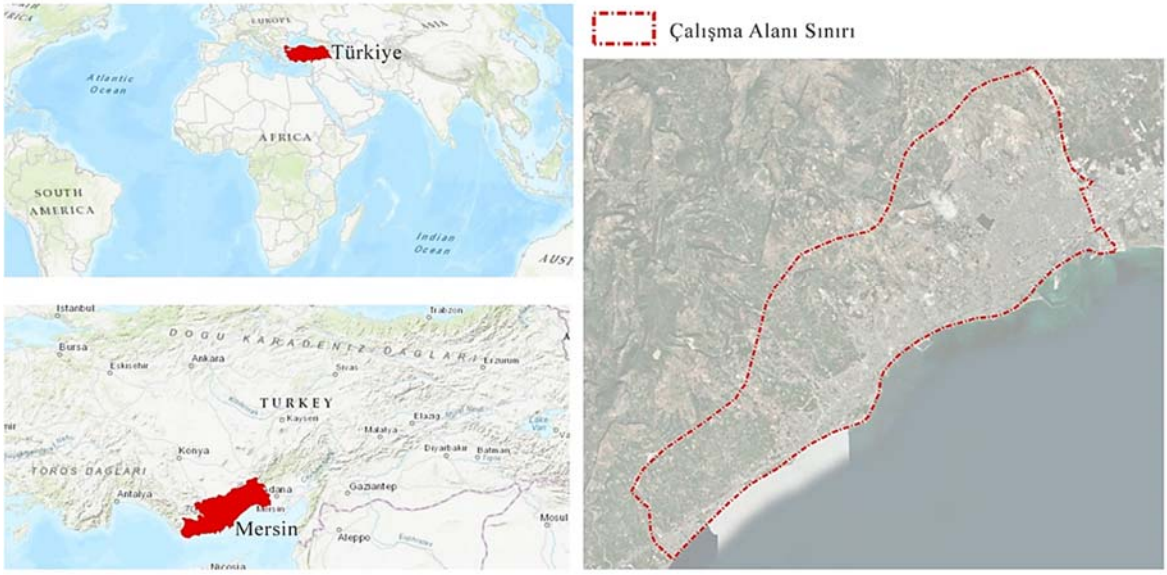
Çalışma alanı Şekil 1'de gösterilmiştir. 36°48′ - 35°04′ kuzey enlemleri ile 32°56′ - 35°10′ doğu boylamları arasında konumlanan alan, Mersin ilinde yaklaşık 15800 hektar (ha) alanı kapsamaktadır. Kuzeyde ve Batıda otoyol sınırı, Doğu'da ise sanayi alanlarının başlangıcı sınır alınmıştır. Çalışma alanı sınır seçimi, arazi kullanımının değişeceğinin öngörüldüğü alanlar üzerinden yapılmıştır.

2.2. Araştırma Yöntemi (Research Methodology)

AÖAK haritalarının üretilmesi için; 10 m mekânsal çözünürlüğe ve RGB bantlarına sahip, bulutsuz Sentinel 2 uydu görüntülerinden [12, 13] elde edilen 2022 ve 2025 yıllarına ait bileşik görüntüler oluşturulmuştur [14].

Görüntü sınıflandırması bağlamında üç farklı arazi sınıfı belirlenmiştir: kentsel alan, binalar ve yollar gibi yapılaşmış alanları temsil etmektedir. Yeşil alan, seyrek bitki örtüsüne sahip çalılıklar, tarım alanları (mevsimlik ve kalıcı ekinler dâhil), çayırlar ve seraları kapsamaktadır. Çıplak yüzey ise, üzerinde bitki örtüsü, su veya yapılaşma olmayan alanları ifade etmektedir. Çalışmada belirlenen üç temel sınıf (kentsel alan, yeşil alan ve çıplak yüzey) arasında özellikle 'yeşil alan' sınıfının büyük bölümünü tarım alanları oluşturmaktadır. Ancak yeşil alanların 'orman alanı' ve 'tarım alanı' olarak iki alt sınıfa ayrılması durumunda, sınıflandırma doğruluk oranlarının belirgin şekilde düştüğü gözlemlenmiştir. Bu nedenle, sınıflandırmada tek bir 'yeşil alan' sınıfı tercih edilmiştir.

AÖAK değişim analizi için bulut tabanlı Google Earth Engine platformu [15–17] ve literatürde sıkça kullanılan Rastegele Orman (RO) yöntemi kullanılmıştır [12, 14, 25, 26, 17–24]. Hesaplamalar ve görselleştirme ise ArcMap 10.7 kullanılarak hazırlanmıştır. Çalışmada sınıflandırma doğruluğunu artırmak ve coğrafi nesnelerin objektif analizini sağlamak amacıyla çeşitli uzaktan algılama indeksleri (spektral indeksler) kullanılmıştır. Spektral indeksler, farklı yüzey özelliklerinin spektral tepkisini kullanarak çok bantlı uydu görüntülerinden elde edilen matematiksel dönüşümler olarak tanımlanır. Bu indeksler, arazi örtüsünün spektral yansımalarına dayanarak yüzey özelliklerini analiz etmek, yönetmek ve yorumlamak için kullanılır [27]. Özellikle geçirimsiz yüzey indeksleri, multispektral bantlar aracılığıyla geçirimsiz yüzeyleri hızlı ve etkili bir şekilde tespit etmeye yardımcı olur [27–29]. Kullanılan indeksler Tablo 1'de verilmiştir.



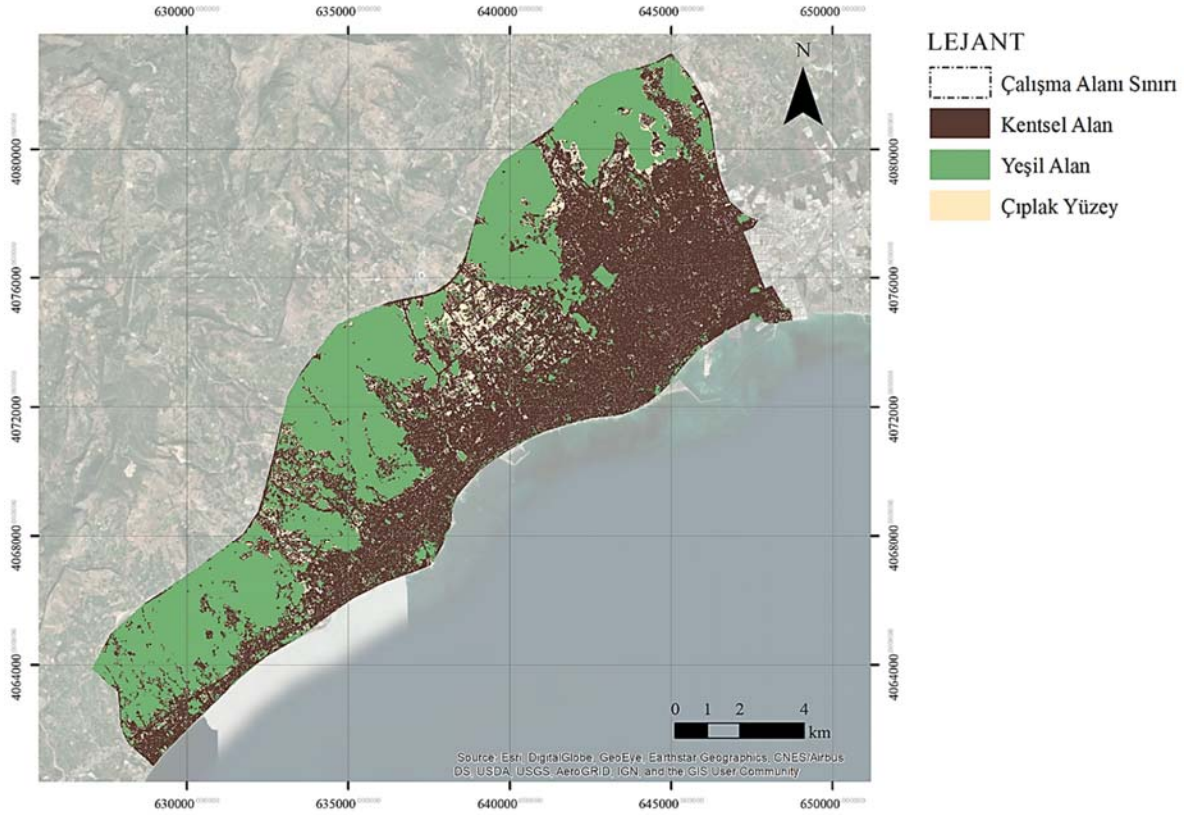
Şekil 1. Çalışma alanı (Study Area)

Tablo 1. Kullanılan indeksler (Used Indices)

İndeks	Formül	Referans
Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)	$\frac{NIR - Kırmızı}{NIR + Kırmızı}$	[30]
Toprakla Dengelenmiş Bitki Örtüsü İndeksi (SAVI)	$\left(\frac{NIR - Kırmızı}{NIR + Kırmızı + 0{,}5}\right) * 1{,}5$	[31]
Normalize Fark Su İndeksi (NDWI)	$\frac{Yeşil - NIR}{Yeşil + NIR}$	[32]
Kent İndeksi (UI)	$\left(\frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR}\right)$	[33]
Çıplak Arazi İndeksi (BSI)	$\frac{(SWIR + K) - (NIR + M)}{(SWIR + K) + (NIR + M)}$	[34]
Normalize Fark Yapay Alan İndeksi (NDBI)	$\frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR}$	[35]
Modifiye Edilmiş Normalize Fark Su İndeksi (MNDWI)	$\frac{Yeşil - SWIR}{Yeşil + SWIR}$	[36]
İndeks Tabanlı Yapay Alan İndeksi (IBI)	$\frac{NDBI - (SAVI + MNDWI)/2}{NDBI + (SAVI + MNDWI)/2}$	[37]
Yapay Alan İndeksi (BUI)	$NDBI - NDVI$	[38]
Yapay Alan Çıkarma İndeksi (BAEI)	$\frac{Kırmızı + 0{,}3}{Yeşil + SWIR}$	[39]

Tablo 2. İlgili yıllara ait uydu görüntülerinin genel özellikleri ve doğruluk değerleri
(General characteristics of satellite images and accuracy values for given years)

	Yıl	Görüntüleme dönemi	Bulutluluk oranı	Görüntü sayısı	Kappa katsayısı	Doğruluk oranı
Sentinel 2	2022	01.01.2022–31.12.2022	<1	23	0.86	0.91
Sentinel 2	2025	01.01.2025–15.09.2025	<1	10	0.85	0.90



Şekil 2. Çalışma alanı AÖAK Haritası, 2022 (LULC map of study area, 2022)

Literatür taraması sonucunda her arazi sınıfı türü için, eğitim noktaları belirlenmiş ve %60'ı eğitim, %40'ı test verisi [23, 40–44] olacak şekilde rastgele bölünerek kappa katsayısı ve doğruluk oranı hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar tatmin edici bir doğruluk seviyesine ulaşarak sonraki çalışmalar için güvenilir bir temel oluşturmuştur. Uydu görüntüleri ve doğruluk değerlerine ait detaylar Tablo 2'de verilmiştir.

2.3. AKAÖ Transfer Matrisi (LULC Transfer Matrix)

Çalışmada arazi kullanım değişimlerinin nicel analizi için transfer matrisi yöntemi kullanılmıştır. Transfer matrisi, belirli bir zaman dilimi içerisinde farklı arazi kullanım sınıfları arasındaki geçişleri hesaplayarak, bu değişimlerin doğasını ve mekânsal dağılımını detaylı bir şekilde ortaya koyan güçlü bir analiz aracıdır [45]. Bu yöntem, çalışma döneminin başlangıç ve bitiş yıllarına ait arazi kullanım sınıflandırmalarını karşılaştırarak, her bir arazi sınıfının ne kadar alan kazandığını veya kaybettiğini sayısal olarak belirler [46]. Aynı zamanda, bir arazi sınıfından diğerine gerçekleşen dönüşümleri ayrıntılı biçimde tanımlayarak, mekânsal dinamiklerin anlaşılmasına katkı sağlar. Bu bağlamda, transfer matrisi kentsel genişleme, tarım alanlarının dönüşümü, yeşil alan kayıpları veya çıplak yüzeylerin artışı gibi mekânsal süreçlerin analitik olarak incelenmesine olanak tanımaktadır [47]. Analiz sürecinde, matematiksel olarak her arazi sınıfının başlangıçtaki ve sondaki dağılımı hesaplanmış, bu doğrultuda değişim oranları belirlenmiştir. Transfer matrisinin sonuçları, özellikle deprem sonrası mekânsal dönüşümlerin hangi arazi sınıflarında yoğunlaştığını ve bu değişimlerin kentleşme üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Böylece, çalışma alanındaki arazi kullanım değişiklikleri nicel verilere dayalı olarak yorumlanmış ve sürdürülebilir planlama yaklaşımlarına yönelik çıkarımlar yapılmasına olanak sağlanmıştır.

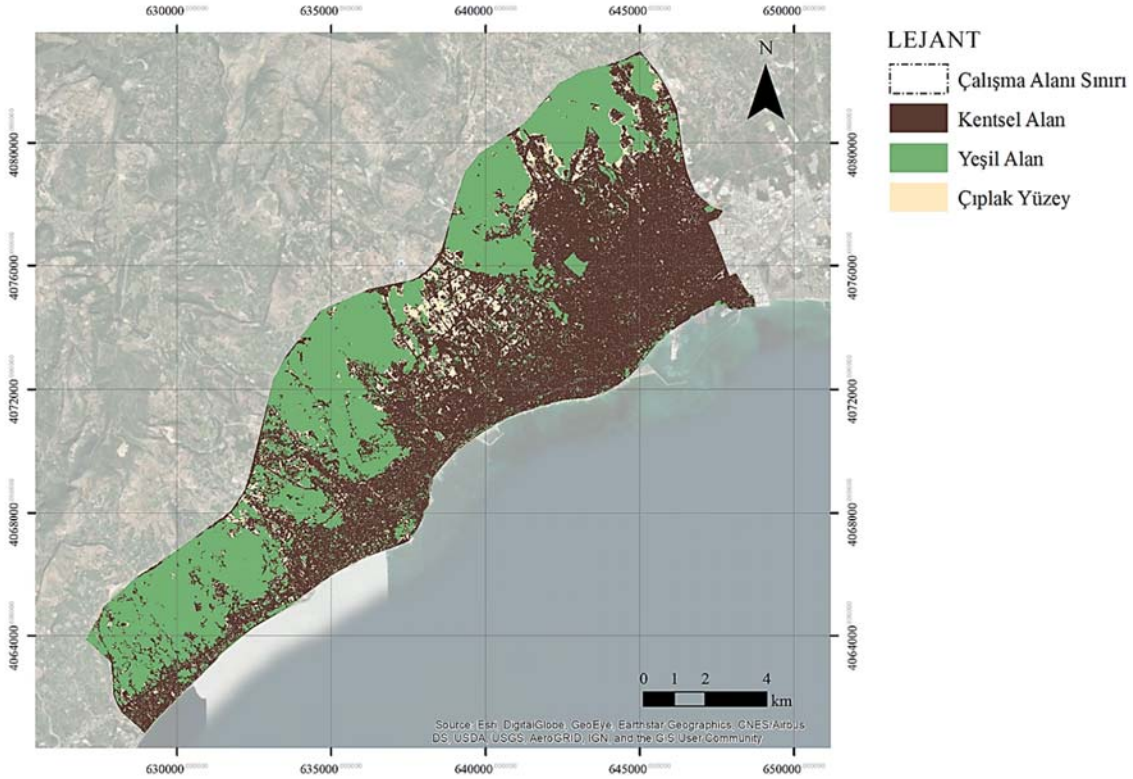
2.4. 1/100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı (1:100.000 Environmental Master Plan)

Çalışmada, Mersin iline ait 1/100.000 ölçekli Çevre Düzeni Planları, coğrafi referanslama (georeferencing) yöntemi kullanılarak sayısallaştırılmış ve analiz sürecine dahil edilmiştir. Bu kapsamda, öncelikle plan kararlarını içeren raster formatındaki haritalar, uygun koordinat sistemine dönüştürülerek vektör formatına aktarılmıştır. Daha sonra, Sentinel-2 uydu görüntülerinden elde edilen arazi kullanım değişim haritaları ile entegrasyonu sağlanmıştır. Analiz aşamasında, yeni oluşan kentsel alanların mevcut Çevre Düzeni Planı kararlarıyla uyumu değerlendirilmiş, bu doğrultuda planlanan gelişim alanları ile fiili değişimler arasındaki tutarlılık incelenmiştir. Transfer matrisi ve mekânsal örtüşme analizleri kullanılarak, kentleşme sürecinin mevcut plan kararlarıyla ne ölçüde örtüştüğü ve plan dışı gelişim gösteren alanların dağılımı belirlenmiştir. Bu yöntem, planlı ve plansız gelişim dinamiklerinin karşılaştırılmasına olanak tanımış olup, deprem sonrası göç hareketlerinin mekânsal yansımalarının planlama süreçleri üzerindeki etkilerini ortaya koymak amacıyla kullanılmıştır.

3. Sonuçlar ve Tartışmalar (Results and Discussions)

Bu çalışma 2023 depremleri sonrasında Mersin'de meydana gelen arazi örtüsü ve arazi kullanımı değişimlerinin mekânsal ve zamansal desenlerine odaklanmaktadır. AÖAK değişimlerinin mekânsal ve zamansal analizi 2022 ve 2025 yılları için 15800 hektarlık bir alanda gerçekleştirilmiştir. Üretilen AÖAK haritaları Sentinel uydu görüntülerinden türetilmiş, Şekil 1'de ve Şekil 2'de verilmiştir.

Google Earth Engine (GEE) kullanılarak sınıflandırılan raster görüntüler, daha ayrıntılı analizlerin gerçekleştirilebilmesi amacıyla



Şekil 3. Çalışma alanı AÖAK haritası, 2025 (LULC map of study area, 2025)

Tablo 3. 2022 ve 2025 yılları arasında AÖAK zamansal değişimler
(Temporal changes in LULC between 2022 and 2025)

Mersin	2022		2025	
	Alan (ha)	%	Alan (ha)	%
Kentsel Alan	7571	48	7900	50
Yeşil Alan	6923	44	5845	37
Çıplak Yüzey	1321	8	2069	13

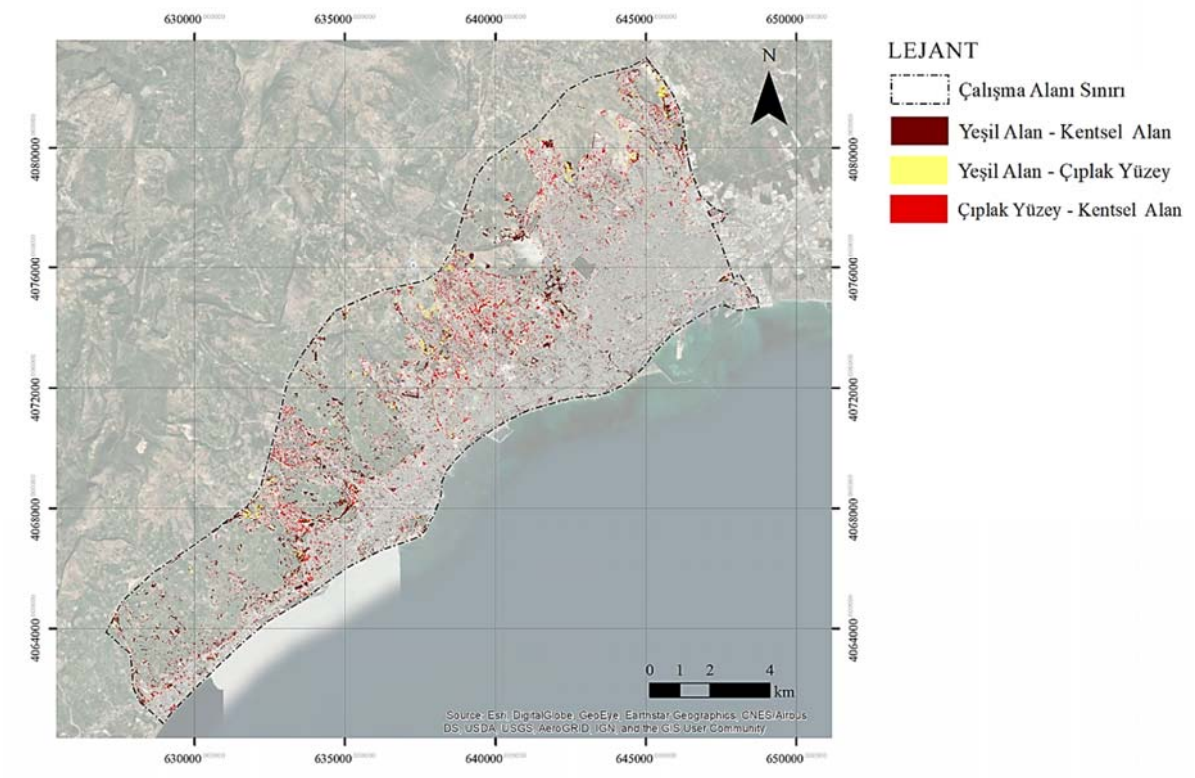
Tablo 4. AÖAK transfer matrisi (LULC transfer matrix)

		2025					
Mersin		Kentsel Alan	Yeşil Alan	Çıplak Yüzey	Toplam	Kayıp (-)	Net
2022	Kentsel Alan	6229	208	733	7571	941	+329
	Yeşil Alan	816	5614	492	6923	1308	-1077
	Çıplak Yüzey	454	23	843	1321	477	+748
	Toplam	7900	5845	2069			
	Kazanç (+)	1270	231	1225			

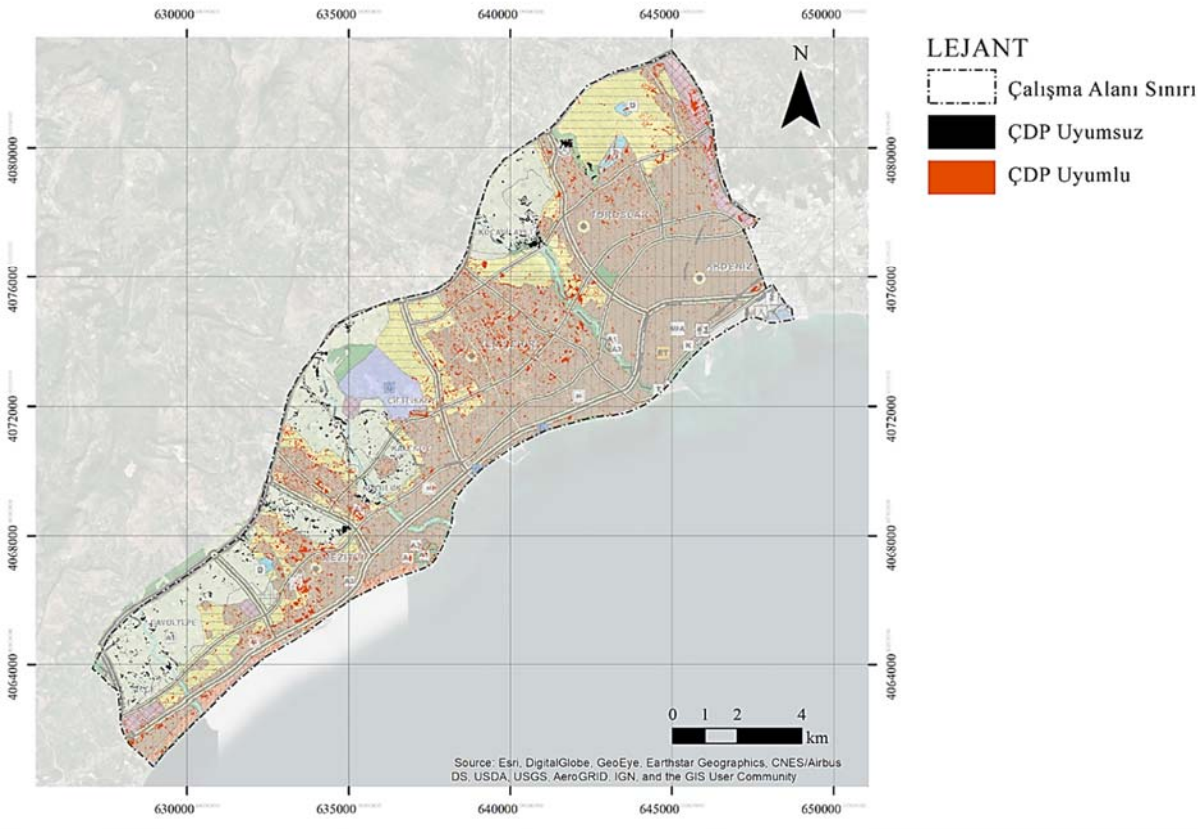
ArcMap yazılımı kullanılarak vektör formatına dönüştürülmüştür. Bu dönüşüm süreci, arazi kullanımı ve değişimlerin mekânsal dağılımının daha hassas bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Haritalar vektör formatına dönüştürüldükten sonra her bir arazi kullanım sınıfına ait alan büyüklükleri hesaplanmış, değişim analizi için gerekli istatistiksel veriler elde edilmiştir (Tablo 3).

2022–2025 dönemine ait transfer matrisi (Tablo 4), Mersin'deki arazi örtüsü/kullanımı değişimlerini hem kayıplar hem de kazançlar boyutunda ortaya koymaktadır. Veriler, kentsel alanların 7.571 hektardan 7.900 hektara çıkarak 329 hektarlık bir artış gösterdiğini; bu artışın büyük ölçüde yeşil alanlardan (816 ha) ve kısmen de çıplak yüzeylerden (133 ha) sağlandığını göstermektedir. Yeşil alanlar aynı dönemde 6.923 hektardan 5.845 hektara düşerek toplamda 1.077 hektarlık kayıp yaşamış, bu kaybın 816 hektarı kentsel alana, 492 hektarı ise çıplak yüzeye dönüşmüştür. Çıplak yüzeyler ise 1.321 hektardan 2.069 hektara yükselmiş ve 748 hektarlık net bir artış sergilemiştir. Bu artışın 733 hektarı kentsel alanlardan, 492 hektarı ise yeşil alanlardan kazanılmıştır. Genel olarak tablo, deprem sonrası göç ve yapılaşma baskısının en çok yeşil alanlar üzerinde yoğunlaştığını, çıplak yüzeylerdeki artışın ise yeni yapılaşmaların ve tarım alanı terklerinin bir göstergesi olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgular, tarımsal üretim kapasitesinin azalması ve ekolojik dengenin bozulması riskini işaret etmekte olup, sürdürülebilir kentleşme politikalarının önemini vurgulamaktadır.

Tablo 4 AÖAK dönüşümlerinin nicel verilerini gösterirken, Şekil 4 ise bu dönüşümlerin mekânsal haritasını göstermektedir.



Şekil 4. 2022-2025 yılları arası AÖAK transferi (LULC transfer between 2022 and 2025)



Şekil 5. AÖAK transferi ve 1/100.000 ÇDP (LULC transfer and 1:100,000 scale environmental master plan)

Tablo 5. 2022–2025 Döneminde yeni kentsel gelişim alanlarının ÇDP kararlarıyla uyum durumu

Uyum durumu	Alan (ha)	Oran
ÇDP Uyumlu	191	58,1
ÇDP Uyumsuz	138	41,9
Toplam	329	100

Nicel verilerden de anlaşıldığı üzere, kentsel alanlar kentin kuzeyinde çoğunlukta olan yeşil alanlara doğru genişlemekte, yine aynı bölgelerdeki yeşil alanlar çıplak yüzeylere dönüşerek yeni inşaat alanlarına zemin hazırlamaktadır. Deprem sonrası gelen göçle barınma ihtiyacının artması ve bu ihyacı karşılamaya yönelik yapılan yeni inşaatların yeşil alanların kaybına yol açması çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir risk oluşturmaktadır. Özetle, 2022-2025 yılları arasında Mersin'de kentsel alanların arttığı, doğal ve tarımsal alanların azaldığı ve çıplak yüzeylerin arttığı görülmektedir.

2022–2025 döneminde kentsel alana dönüşen bölgelerin 1/100.000 ölçekli Çevre Düzeni Planı (ÇDP) kararları ile karşılaştırılması, planlama kararları ile gerçekleşen mekânsal gelişmeler arasındaki uyum düzeyini ortaya koymaktadır. Analizler sonucunda toplam 329 hektar yeni kentsel gelişim alanı tespit edilmiş, bunların 138 hektarlık bölümünün ÇDP kararlarıyla uyumsuz olduğu belirlenmiştir. Özellikle çalışma alanının kuzey kesimlerinde yoğunlaşan bu uyumsuz gelişmeler, planlama–uygulama arasındaki kopukluğu ve mevcut denetim mekanizmalarının yetersizliğini ortaya koymaktadır. Bulgular, ÇDP'nin stratejik düzeyde mekânsal yönelimleri doğru tanımlamasına karşın, uygulama ve denetim süreçlerinin yeterince etkin işletilememesi nedeniyle plan kararlarının öngördüğü gelişme kurgusunun tam olarak hayata geçirilemediğini göstermektedir. Bu durum, Şekil 5'te sunulan mekânsal dağılım haritası ve Tablo 5'te verilen sayısal değerlerle desteklenmektedir.

Özellikle tarım alanlarının kentsel kullanımlara dönüşmesi, uzun vadeli sürdürülebilir arazi yönetimi açısından geri döndürülmesi güç bir süreç olup, tarımsal üretim kapasitesinin kaybı, gıda güvenliği ve ekolojik denge üzerinde olumsuz etkiler yaratabilecek önemli bir sorun olarak değerlendirilmektedir [48–50]. Bu bağlamda, çalışmada sunulan analiz, deprem sonrası gelişen mekânsal değişimlerin planlama politikaları ile uyumunun sorgulanmasına ve sürdürülebilir kentleşme stratejilerinin geliştirilmesine yönelik bilimsel bir temel oluşturmayı amaçlamaktadır. Karar vericilerin, kentsel alanlardaki bu mekânsal ve zamansal değişimleri dikkate alması büyük önem taşımaktadır. Kentleşme süreci, kırsal ve kentsel alanlar arasındaki dinamikleri şekillendirirken, yetkililerin yalnızca ekonomik çıkarları ve tarımsal olmayan kullanım taleplerini değil, aynı zamanda toprak koruma politikalarını da göz önünde bulundurması gerekmektedir.

4. Sonuçlar (Conclusions)

Bu çalışma, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri sonrası Mersin'de meydana gelen arazi kullanım değişimlerini uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleriyle analiz etmektedir Ayrıca elde edilen veriler 1/100.000 ölçekli Adana-Mersin Çevre Düzeni Planı perspektifinde değerlendirilmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknolojileri, özellikle kentleşmenin doğal alanlar üzerindeki baskısını tespit etmede kritik bir rol oynamaktadır. Bu teknolojiler, güncel mekânsal ve mekânsal olmayan verilerin toplanmasını ve işlenmesini sağlayarak zaman tasarrufu sunmakta ve analiz süreçlerini hızlandırmaktadır. Zamansal ve mekânsal değişimlerin izlenmesi, yerel yönetimlerin mevcut arazi kullanım desenlerini net analiz etmesine olanak tanımaktadır.

Deprem sonrası göç dalgası, kentsel genişleme, yeşil alan kaybı ve arazi örtüsündeki dönüşümler açısından önemli etkiler yaratmıştır. 2022 ve 2025 yılları arasındaki Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanılarak yapılan analizler, kentsel alanların %48'den %50'ye genişlediğini, yeşil alanların %44'ten %37'ye azaldığını ve çıplak yüzeylerin %8'den %13'e yükseldiğini göstermektedir. Transfer matrisi analizleri, kentleşmenin büyük ölçüde yeşil alanlar ve çıplak araziler üzerinden olduğunu ortaya koymaktadır [2, 8]. Öte yandan 1/100.000 ölçekli ÇDP ile yapılan karşılaştırılmalı analiz sonrasında da yeni oluşan kentsel alanların büyük ölçüde, ÇDP'de tarımsal kullanım alanı olarak belirlenen bölgelerde olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, plan kararları ile fiili arazi kullanımı arasındaki uyumsuzluğu gözler önüne sermektedir.

Bu sonuçlar, deprem sonrası kentleşmenin çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli riskler barındırdığını göstermektedir. Özellikle Mersin'in kuzey ve batı bölgelerinde yapılaşma baskısının arttığı ve yeşil alanların giderek azaldığı gözlemlenmiştir. Deprem sonrası göç ile birlikte artan konut talebi, kira fiyatlarında ve arazi değerlerinde artışa yol açarak mekânsal dönüşümü hızlandırmıştır [6, 10]. Bu durum, plansız kentleşmenin önüne geçilmesi ve ekolojik dengeyi koruyacak politikaların hayata geçirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır [7]. Deprem sonrası göçün sadece mekânsal değil, aynı zamanda sosyal etkiler yarattığı da göz önünde bulundurulmalıdır. Gelecekteki çalışmaların, altyapı baskısı, hizmet yükü, geçici barınma sorunları ve kira piyasasına olan etkileri CBS tabanlı mekânsal analizlerle bütünleştirmesi, afet sonrası kentsel dönüşümün daha bütüncül değerlendirilmesini sağlayacaktır.

Çalışmanın önemi, afet sonrası mekânsal değişimlerin değerlendirilmesinde uzaktan algılama ve CBS tabanlı analizlerin kritik bir araç olduğunu göstermesidir. Google Earth Engine (GEE) platformu ve Rastgele Orman (RF) sınıflandırma algoritması kullanılarak yapılan analizler, yüksek doğruluk oranları ile kentsel büyüme ve doğal alan kaybını tespit etmede başarılı olmuştur [1, 12]. Ancak, gelecekteki çalışmaların daha yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri, saha çalışmaları ve yerel yönetim verileri ile desteklenmesi faydalı olacaktır. Bununla birlikte, alt ölçekli plan kararlarının (1/5000 ölçekli Nazım İmar Planları ve 1/1000 ölçekli Uygulama İmar Planları) da karşılaştırmalara dahil edilmesi, planlama süreçlerinin daha somut biçimde değerlendirilebilmesine katkı sağlayacaktır. Bu kapsamda, afet sonrası göç alan şehirlerde mekânsal planlamanın sürdürülebilir ve dengeli bir şekilde yapılması için uzun vadeli politikalar geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır [4, 11].

Sonuç olarak, bu çalışma, Mersin'de 2023 depremleri sonrası yaşanan mekânsal dönüşümü kapsamlı bir şekilde ortaya koymakta ve benzer afet sonrası kentleşme süreçlerini analiz edecek araştırmalar için metodolojik bir çerçeve sunmaktadır. Elde edilen bulgular, sürdürülebilir kentleşme politikalarının oluşturulması ve kent planlama süreçlerinde CBS tabanlı veri analitiğinin daha etkin kullanılması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu doğrultuda, afet sonrası mekânsal değişimlerin daha iyi yönetilebilmesi için bilimsel temelli kentsel politikaların geliştirilmesi kaçınılmazdır.

KAYNAKLAR (References)

1. Aydöner, C., Maktav, D., The role of the integration of remote sensing and GIS in land use/land cover analysis after an earthquake, International Journal of Remote Sensing. 30 (7), 1697–1717, 2009.

2. Karazincir, S.E., Deprem ve göç ilişkisi, Akademik Yaklaşımlar Dergisi, 15 (1), 366–383, 2024.

3. Topçu, D., Deprem ve göç ilişkisi üzerine sosyolojik bir değerlendirme, Journal of Society & Social Work, 36 (1), 111–125, 2025.

4. Alizadeh, M., Zabihi, H., Rezaie, F., Asadzadeh, A., Wolf, I.D., Langat, P.K., Khosravi, I., Pour, A.B., Nataj, M.M., Pradhan, B., Earthquake vulnerability assessment for urban areas using an ann and hybrid swot-qspm model, Remote Sensing, 13 (4519), 1-31, 2021.

5. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). 06 Şubat 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık ve Elbistan) Depremleri Saha Çalışmaları Ön Değerlendirme Raporu. https://deprem.afad.gov.tr/assets/pdf/Arazi_Onrapor_28022023_surum1_revize.pdf. Yayın tarihi Şubat 24, 2023. Erişim tarihi Mart 25, 2025.

6. ILO, One year after: Living and working conditions in Adıyaman, Hatay, Kahramanmaraş and Malatya after the february 2023 earthquakes in Türkiye, 2024.

7. Kanlı, İ.B., Başköy, D., Küreselleşme ve çevre sorunları bağlamında göç: iklim mültecileri migration, Siyaset, Ekonomi Ve Yönetim Araştırmaları Dergisi, 6 (3), 39-57, 2018.

8. Peker, A.E., Şanlı, İ., Deprem ve göç ilişkisi: 24 Ocak 2020 Elazığ deprem örneği, İİBF Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 6 (1), 125–154, 2022.

9. T.C. Mersin Valiliği. T.C. Mersin Valiliği - Vali Pehlivan, 6 Şubat Depremi Sonrası Afet Yönetim ve Koordinasyonu Kapsamında İlimizde Yürütülen Çalışmalara İlişkin Basın Toplantısı Gerçekleştirdi. http://www.mersin.gov.tr/vali-pehlivan-6-subat-depremi-sonrasi-afet-yonetim-ve-koordinasyonu-kapsaminda-ilimizde-yurutulen-calismalara-iliskin-basin-toplantisi-gerceklestirdi. Yayın tarihi Nisan 4, 2023. Erişim tarihi Mart 25, 2025.

10. Dinç, Y., 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri sonrası yeniden yapılanma sürecinde yere bağlılığın değerlendirilmesi: Antakya (Hatay) örneği, Türk Coğrafya Dergisi, 83, 45–57, 2023.

11. Khisty, C.J., Lall, B.K., Transportation Engineering: An Introduction, Prentice Hall, 2003.

12. Efe, E., Algancı, U., Çok zamanlı Sentinel 2 uydu görüntüleri ve makine öğrenmesi tabanlı algoritmalar ile arazi örtüsü değişiminin belirlenmesi, Geomatik. 8 (1), 27–34, 2023.

13. Zabcı, C., Çok bantlı Landsat 8-OLI ve Sentinel-2A MSI uydu görüntülerinin karşılaştırmalı jeoloji uygulaması: Örnek çalışma alanı olarak Doğu Anadolu Fayı boyunca Palu – Hazar Gölü bölgesi (Elazığ, Türkiye). Geomatik. 6 (3), 238–246, 2021.

14. Noi Phan, T., Kuch, V., Lehnert, L.W., Land cover classification using google earth engine and random forest classifier-the role of image composition, Remote Sensing, 12 (15), 1–22, 2020.

15. Koskinen, J., Leinonen, U., Vollrath, A., Ortmann, A., Lindquist, E., d'Annunzio, R., Pekkarinen, A., Käyhkö, N., Participatory mapping of forest plantations with Open Foris and Google Earth Engine, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 148, 63–74, 2019.

16. Mirelva, P.R., Nagasawa, Application of Sentinel-1 data for classifying croplands using Google Earth Engine, International Journal of Geoinformatics, 15 (3), 21–31, 2019.

17. Ayalke, Z., Şişman, A., Google Earth Engine kullanılarak makine öğrenmesi tabanlı iyileştirilmiş arazi örtüsü sınıflandırması: Atakum, Samsun örneği, Geomatik, 9 (3), 375–390, 2024.

18. Amani, M., Mahdavi, S., Afshar, M., Brisco, B., Huang, W., Mirzadeh, S.M.J., White, L., Banks, S., Montgomery, J., Hopkinson, C., Canadian wetland inventory using Google Earth Engine: The first map and preliminary results, Remote Sensing, 11 (7), 2019.

19. Cihlar, J., Land cover mapping of large areas from satellites: Status and research priorities. International Journal of Remote Sensing. 21 (6-7), 1093–1114, 2000.

20. Jin, Y., Liu, X., Chen, Y., Liang, X., Land-cover mapping using Random Forest classification and incorporating NDVI time-series and texture: a case study of central Shandong, International Journal of Remote Sensing, 39 (23), 8703–8723, 2018.

21. Li, X., Chen, W., Cheng, X., Wang, L., A comparison of machine learning algorithms for mapping of complex surface-mined and agricultural landscapes using ZiYuan-3 stereo satellite imagery, Remote Sensing, 8 (6), 2016.

22. Matarira, D., Mutanga, O., Naidu, M., Google Earth Engine for Informal Settlement Mapping: A Random Forest Classification Using Spectral and Textural Information, Remote Sensing, 14 (20), 2022.

23. Millard, K., Richardson, M.: On the importance of training data sample selection in Random Forest image classification: A case study in peatland ecosystem mapping, Remote Sensing, 7 (7), 8489–8515, 2015.

24. Tamiminia, H., Salehi, B., Mahdianpari, M., Quackenbush, L., Adeli, S., Brisco, B., Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 164, 152–170, 2020.

25. Teluguntla, P., Thenkabail, P., Oliphant, A., Xiong, J., Gumma, M.K., Congalton, R.G., Yadav, K., Huete, A., A 30-m landsat-derived cropland extent product of Australia and China using random forest machine learning algorithm on Google Earth Engine cloud computing platform, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 144, 325–340, 2018.

26. Akar, Ö., Tunç Görmüş, E., Göktürk-2 ve Hyperion EO-1 Uydu Görüntülerinden Rastgele Orman Sınıflandırıcısı ve Destek Vektör Makineleri ile Arazi Kullanım Haritalarının Üretilmesi, Geomatik, 4 (1), 68–81, 2019.

27. Kaur, R., Pandey, P., A review on spectral indices for built-up area extraction using remote sensing technology, Arabian Journal of Geosciences, 15 (391), 2022.

28. Bouhennache, R., Bouden, T., Taleb-Ahmed, A., Cheddad, A., A new spectral index for the extraction of built-up land features from Landsat 8 satellite imagery, Geocarto International, 34 (14), 1531–1551, 2019.

29. Chen, J., Chen, S., Yang, C., He, L., Hou, M., Shi, T., A comparative study of impervious surface extraction using Sentinel-2 imagery, European Journal of Remote Sensing, 53 (1), 274–292, 2020.

30. Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W., Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, Third ERTS Symposium, Washington, DC, 309–317, 1973.

31. Huete, A.R., A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI), Remote Sensing Of Environment, 25, 295–309, 1988.

32. McFeeters, S.K., 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, 1996.

33. Kawamura, M., Jayamanna, S., Tsujiko, Y.: 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 (B7), 321–326, 1996.

34. Roy, P., Miyatake, S., Rikimaru, A., Biophysical spectral response modeling approach for forest density stratification, The 18th Asian Conference on Remote Sensing, 1997.

35. Zha, Y., Gao, J., Ni, S., Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery, International Journal of Remote Sensing, 24 (3), 583–594, 2003.

36. Xu, H., 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, 2006.

37. Xu, H., A new index for delineating built-up land features in satellite imagery. International Journal of Remote Sensing, 29 (14), 4269–4276, 2008.

38. He, C., Shi, P., Xie, D., Zhao, Y., Improving the normalized difference built-up index to map urban built-up areas using a semiautomatic segmentation approach, Remote Sensing Letters, 1 (4), 213–221, 2010.

39. Bouzekri, S., Lasbet, A.A., Lachehab, A., A New Spectral Index for Extraction of Built-Up Area Using Landsat-8 Data, Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 43 (4), 867–873, 2015.

40. Quintero, N., Viedma, O., Urbieta, I.R., Moreno, J.M., Assessing landscape fire hazard by multitemporal automatic classification of landsat time series using the Google Earth Engine in West-Central Spain, Forests, 10 (6), 2019.

41. Lasaponara, R., Abate, N., Fattore, C., Aromando, A., Cardettini, G., Di Fonzo, M., On the Use of Sentinel-2 NDVI Time Series and Google Earth Engine to Detect Land-Use/Land-Cover Changes in Fire-Affected Areas, Remote Sensing, 14 (19), 2022.

42. Amini, S., Saber, M., Rabiei-Dastjerdi, H., Homayouni, S., Urban Land Use and Land Cover Change Analysis Using Random Forest Classification of Landsat Time Series, Remote Sensing, 14 (11), 2022.

43. Wessels, K.J., Bergh, F. van den, Roy, D.P., Salmon, B.P., Steenkamp, K.C., MacAlister, B., Swanepoel, D., Jewitt, D., Rapid land cover map updates using change detection and robust random forest classifiers, Remote Sensing, 8 (11), 2016.

44. Breiman, L., Random Forests, Machine Learning, 45, 5–32, 2001.

45. Batar, A.K., Watanabe, T., Kumar, A., Assessment of land-use/land-cover change and forest fragmentation in the Garhwal Himalayan region of India, E Environments, 4 (2), 1–16, 2017.
46. Li, Y., Liu, G., Huang, C., Dynamic Changes Analysis and Hotspots Detection of Land Use in the Central Core Functional Area of Jing-Jin-Ji from 2000 to 2015 Based on Remote Sensing Data, Mathematical Problems in Engineering, 2017, 2017.
47. Zhang, B., Zhang, Q., Feng, C., Feng, Q., Zhang, S., Understanding land use and land cover dynamics from 1976 to 2014 in Yellow River Delta, Land, 6 (20), 2017.
48. Sezgin, D., Kentsel saçaklanmanın verimli tarım topraklarının amaç dışı kullanımına etkisi: Ankara örneği, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2010.
49. Sönmez, K., Tarım Alanlarının Tarımsal Amaçlar Dışında Kullanılması. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 12 (2-3), 135–145, 1981.
50. Partigöç, N.S., Spatiotemporal Variations of Urban Growth in Denizli, Turkey, Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi, 5 (1), 1–9, 2023.