

# EGE BÖLGESİ'NİN 1985-2023 YILLARI ARASINDA GEE PLATFORMUNDA ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİNİN ANALİZİ

Osman Salih YILMAZ<sup>1</sup>, Ramazan GÜNGÖR<sup>2</sup>, Birol KURU<sup>3</sup>, Ali Mahir ÇINAR<sup>4</sup>, Uğur ACAR<sup>5</sup>,  
Ali Murat ATEŞ<sup>6</sup>, Fatih GÜLGEN<sup>7</sup>, Füsun BALIK ŞANLI<sup>8</sup>

<sup>4</sup> Doç. Dr., Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 45900, Demirci, Manisa, osmansalih.yilmaz@cbu.edu.tr

<sup>2</sup> Öğr. Gör., Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 45900, Demirci, Manisa, ramazan.gungor@cbu.edu.tr

<sup>3</sup> Öğr. Gör., Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 45930, Köprübaşı, Manisa, birol.kuru@cbu.edu.tr

<sup>4</sup> Öğr. Gör., Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 45930, Köprübaşı, Manisa, ali.cinar@cbu.edu.tr

<sup>5</sup> Dr. Öğr. Üye., Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, Esenler, İstanbul, uacar@yildiz.edu.tr

<sup>6</sup> Dr. Öğr. Üye., Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Bilgisayar ve Öğr. Tek. Bölümü, 45900, Demirci, Manisa, murat.ates@cbu.edu.tr

<sup>7</sup> Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, Esenler, İstanbul, fgulgen@yildiz.edu.tr

<sup>8</sup> Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, Esenler, İstanbul, fbalik@yildiz.edu.tr

## ÖZET

Bu çalışma uzaktan algılama teknikleri ile Ege Bölgesindeki arazi kullanımını 1985 yılından günümüze beşer yıllık aralıklarla ortaya koymayı ve tespit edilen değişimleri il bazında analiz etmeyi amaçlamaktadır. Arazi kullanımları periyodik olarak Google Earth Engine Platformunda toplam 1086 adet Landsat-5 (TM) ve Landsat-8 (OLI) uydu görüntüsü üzerinden belirlenmiştir. Görüntüler, orman, su yüzeyi, yerleşim alanı, boş arazi ve tarım arazisi olmak üzere beş grupta sınıflandırılmıştır. Sınıflandırmalar piksel tabanlı olarak rastgele orman makine öğrenme algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İşlemlerin başarısını artırmak için normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi, normalize edilmiş fark su indeksi, normalize edilmiş yerleşim alan indeksi ve yerleşim alan indeksleri oluşturulan sınıflandırma modeline entegre edilmiştir. Sınıflandırmalar, Ege Bölgesi sınırlarında yer alan Afyonkarahisar, Aydın, Denizli, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla ve Uşak olmak üzere sekiz il için ayrı olarak gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada her bir il için sınıflandırma işlemlerinin doğrulukları da hesaplanmıştır. Minimum sınıflandırma doğruluğu Afyonkarahisar ilinde 2015 yılı için %76.3; ve maksimum sınıflandırma doğruluğu ise Manisa ilinde 1985 yılı için %98.8 olarak bulunmuştur. Kappa istatistik değeri ise 0.604 ile 0.983 arasında değişmektedir. En küçük Kappa Afyonkarahisar ilinde 2015 yılı için ve en yüksek Kappa ise Aydın ilinde 1985 yılı belirlenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre Ege Bölgesi toplamında orman alanları 1985 yılında 15,400.02 km<sup>2</sup> iken, 2023 yılında 16385.67 km<sup>2</sup> yükselerek toplam alan içerisindeki payı %1.10 artmıştır. Su alanları 1985 yılında 521.96 km<sup>2</sup> iken, 2023 yılında 361.62 km<sup>2</sup>'ye düşerek toplam alan içerisindeki payı -%0.18 azalmıştır. Yerleşim alanları 1985 yılında 53.67 km<sup>2</sup> iken, 2023 yılında 348.59 km<sup>2</sup> yükselerek toplam alan içerisindeki payı %0.33 artmıştır. Boş araziler 1985 yılında 55896.94 km<sup>2</sup> iken, 2023 yılında 53,324.73 km<sup>2</sup>'ye düşerek toplam alan içerisindeki payı -%2.88 azalmıştır. Tarım arazileri ise 1985 yılında 17,336.38 km<sup>2</sup> iken, 2023 yılında 18,789.99 km<sup>2</sup>'ye yükselerek toplam alan içerisindeki payı %1.63 artışı belirlenmiştir. Bu çalışma Ege Bölgesindeki iller için 38 yıllık arazi örtüsü değişimini gösteren uzun süreli bir zaman serisi analizi çalışmasıdır. Elde edilen bilgiler, sürdürülebilirlik açısından bölgenin kalkınmasına ve geleceğine yönelik bir perspektif sunmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** Ege Bölgesi, Google Earth Engine, Rasgele orman, Arazi örtüsü değişimi

## ABSTRACT

### ANALYSIS OF LAND COVER CHANGE IN THE AEGEAN REGION BETWEEN 1985-2023 ON THE GEE PLATFORM

This study aims to reveal land use in the Aegean Region from 1985 to the present in five-year intervals using remote sensing techniques and to analyze the detected changes on a provincial basis. Land uses were determined periodically from a total of 1086 Landsat-5 (TM) and Landsat-8 (OLI) satellite images on the Google Earth Engine Platform. The images were classified into five groups: forest, water surface, settlement area, bare land, and agricultural land. Classifications were performed pixel-based using the random forest machine learning algorithm. To enhance the success of the processes, normalized difference vegetation index, normalized difference water index, normalized difference built-up index, and built-up index were integrated into the classification model. Classifications were conducted separately for eight provinces in the Aegean Region: Afyonkarahisar, Aydın, Denizli, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla, and Uşak. At this stage, the accuracy of the classification processes was also calculated for each province. The minimum classification accuracy was found to be 76.3% for Afyonkarahisar in 2015, and the maximum classification accuracy was 98.8% for Manisa in 1985. The Kappa statistic value ranged from 0.604 to 0.983. The lowest Kappa was determined for Afyonkarahisar in 2015, and the highest Kappa was found for Aydın in 1985. According to the results of the study, forest areas in the Aegean Region increased from 15,400.02 km<sup>2</sup> in 1985 to 16,385.67 km<sup>2</sup> in 2023, resulting in a 1.10% increase in their share of the total area. Conversely, water areas decreased from 521.96 km<sup>2</sup> in 1985 to 361.62 km<sup>2</sup> in 2023, revealing a decline of 0.18% in their share of the total area. Settlement areas expanded from 53.67 km<sup>2</sup> in 1985 to 348.59 km<sup>2</sup> in 2023, leading to an increase of 0.33% in their share of the total area. Meanwhile, barren land decreased from 55,896.94 km<sup>2</sup> in 1985 to 53,324.73 km<sup>2</sup> in 2023, with a corresponding decline of 2.88% in its share of the total area. Agricultural land, on the other hand, grew from 17,336.38 km<sup>2</sup> in 1985 to 18,789.99 km<sup>2</sup> in 2023, resulting in a 1.63% increase in its share of the total area. This study is a long-term time series analysis showing the 38-year land cover change for the provinces in the Aegean Region. The obtained information provides a perspective on the development and future of the region in terms of sustainability.

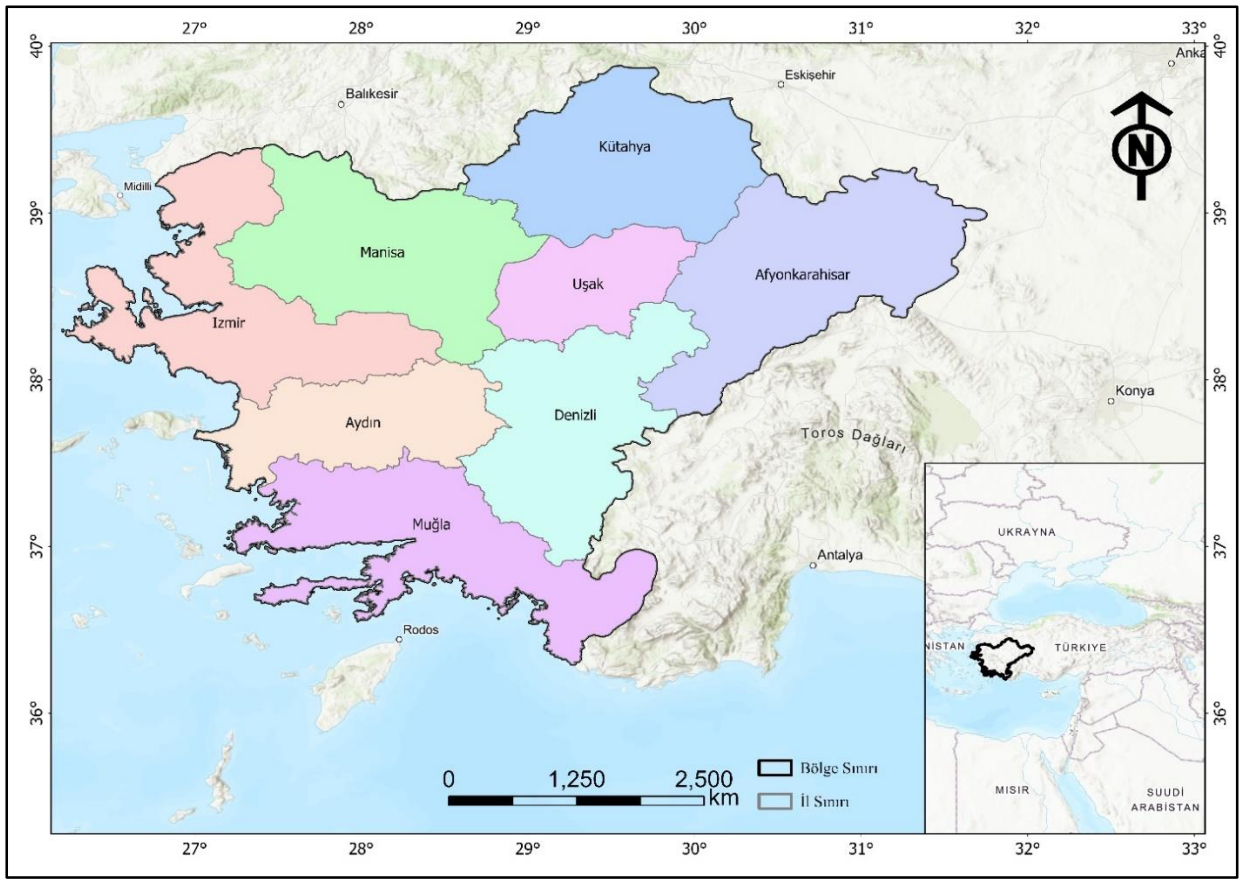
**Keywords:** Aegean Region, Google Earth Engine, Random forest, Land cover change

## 1. GİRİŞ

Arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişiminin bilinmesi kent planlaması, tarım, su kaynaklarının yönetimi ve doğal afetler gibi birçok alanda kritik bir öneme sahiptir (Johansen et al., 2015). Özellikle gelişmekte olan ülkelerde kaynakları yönetmede, nüfus artışının getirdiği gıda baskısını takip etmede ve şehir planlamasının düzenlenmesinde kritiktir (Zhao et al., 2024). Arazi üzerindeki değişimlerin takip edilmesi günümüzde uydu teknolojilerinin gelişimi ile oldukça pratik hale gelmiştir. Uydu teknolojileri bölgesel ve küresel ölçekte çeşitli ölçeklerde arazi değişimlerini inceleme imkânı sunar. Geçmişten günümüze uzun dönemdeki arazi üzerindeki değişimlerin takip edilmesinde uzun süreli bir veri arşivi olan Landsat gibi uydu görüntüleri arazi örtüsü değişimlerinin tespit ve takibinde önemli bir veri kaynağıdır. Uydu görüntülerinin büyük ölçekli işlenmesi, yüksek hesaplama karmaşıklığı, ağır depolama ve yüksek teknoloji kaynakları gibi zorluklar sergilemektedir (Yılmaz, 2023). Bu zorluklar kullanıcıların web tabanlı arayüzler aracılığıyla kapsamlı coğrafi verilere anında erişmesini ve bunları analiz etmesini sağlayan bulut tabanlı platformlara yöneltmiştir (Tassi and Vizzari, 2020). Ayrıca, Google Earth Engine (GEE) gibi bulut platformları, büyük veri işleme ve depolamada büyük kolaylık sunmaktadır (Wahap and Shafri, 2020). Bu çalışmada 1985-2023 yılları arasında Ege Bölgesi'nin arazi örtüsü değişim analizi, GEE platformunda Landsat-5 (TM) ve Landsat-8 (OLI) uydu görüntüleri kullanılarak beş yıllık periyotlarla yapılmıştır. Çalışmada bölge, orman alanları, su yüzeyleri, yerleşim alanları, boş araziler ve tarım arazileri olmak üzere beş farklı sınıfa ayrılmıştır. Sınıflandırmada rastgele orman (RO) makine öğrenme algoritması ve sınıflandırma doğruluğunu artırmak için normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (normalized difference vegetation index-NDVI), normalize edilmiş fark su indeksi (normalized difference water index-NDWI), normalize edilmiş yerleşim alanı indeksi (normalized difference built-up index-NDBI) ve yerleşim alanı indeksi (built-up index-BUI) kullanılmıştır.

### 1.1 Çalışma Alanı

Ege Bölgesi Türkiye'nin yedi coğrafi bölgesinden birisi olup, Marmara, İç Anadolu ve Akdeniz bölgelerine komşudur. Bölge aynı zamanda ülkenin en uzun sahil şeridinde sahip olma özelliğini taşımaktadır. Bölge içerisinde Afyonkarahisar, Aydın, Denizli, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla ve Uşak illeri ile sınırlanmaktadır. Bölgenin en kalabalık illerin başında birinci sırada İzmir ikinci sırada Manisa ve ardından Aydın ili gelmektedir. Bölgenin önemli dağları arasında, kuzeyde Çanakkale ve Balıkesir arasında yer alan Kaz Dağları, İzmir ve Manisa arasında uzanan Bozdağlar, Ege Denizi'ne paralel olarak uzanan Aydın Dağları, Muğla ve Aydın illerinde bulunan Menteşe Dağları ile Kütahya ve Uşak sınırında yer alan Murad Dağı bulunmaktadır. Ege Bölgesi'nde, Muğla ve Aydın illeri arasında Bafa Gölü, Muğla'nın Köyceğiz ilçesinde Köyceğiz Gölü, Muğla'nın Ula ilçesinde Akyaka Gölü ve Burdur iline yakın, Ege Bölgesi'nin kuzeyinde yer alan Salda Gölü önemli göller arasında bulunmaktadır. İzmir'den doğarak Ege Denizi'ne dökülen Menderes Nehri, Kütahya'dan doğup İzmir'e ulaşarak oradan Ege Denizi'ne dökülen Gediz Nehri, Manisa ile İzmir arasında uzanan Bakırçay Nehri ve Muğla ilinden Gökova Körfezi'ne dökülen Gökova Çayı, bölgenin önemli akarsu kaynaklarını oluşturmaktadır. Ege Bölgesi'nde tarım, nüfusun önemli bir geçim kaynağıdır. Akdeniz iklimine uygun olarak zeytin ve üzüm gibi bitkiler öne çıkar. İç Batı Anadolu'ya doğru ilerledikçe, tahıl ekimi artar ve hayvancılığın rolü büyür. Buğday, arpa ve mısır, bölgedeki başlıca tarım ürünlerindedir. Ayrıca, sebze üretimi de oldukça yaygındır; erken hasat edilen sebzeler diğer bölgelere sevk edilir. Sanayi bitkileri olarak tütün, pamuk, susam ve şekerpancarı önemli yer tutar. Edremit Körfezi, yağ zeytini üretimi açısından dikkat çeker. Üzüm, şarap ve pekmez yapımında kullanılırken, Aydın'da yetişen incir de bölgenin önemli ürünlerindedir. Turunçgiller ise özellikle güney kesimde, mandalina, portakal ve limon olarak yetiştirilir. Bölgeye ait konum haritası Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanına ait lokasyon haritası

## 1.2 Materyal ve Metot

Bu çalışmada, 1985-2023 dönemindeki LULC değişiklikleri için atmosferik ve geometrik olarak düzeltilmiş top-of-atmosphere (TOA) Landsat-5 (TM) ve Landsat-8 (OLI) görüntüleri kullanılmıştır. Bu verilere GEE (Google Earth Engine) veya United States Geological Survey (USGS) üzerinden erişim sağlanabilir. Landsat-5, 30 m mekânsal çözünürlüğe sahip 6 spektral banda ve 120 m mekânsal çözünürlüğe sahip bir termal banda sahiptir. Landsat-8 ise 30 m mekânsal çözünürlükte 12 bit 10 spektral bant ve 15 m pancromatik banda sahiptir. Her iki uydu, bir noktayı 16 günde bir ziyaret eden güneşle senkronize bir yörüngeye sahiptir. Yapılan bu çalışma altı işlem adımında gerçekleştirilmiştir. Birinci işlem adımında her ile ait sınırlar vektör veri formatında GEE platformuna aktarılmıştır. İkinci işlem adımında GEE platformunda Landsat-5 (TM) ve Landsat-8 (OLI) görüntülerine ait görüntü koleksiyonları oluşturulmuştur. Üçüncü işlem adımında oluşturulan görüntü koleksiyonundan tek bir adet görüntü elde etmek için sırasıyla %1-10 oranında değişen bulut maskeleri, yılın 5-9 ayları arasında değişen tarih fitresi, medyan istatistiği ve il sınırlarına göre görüntüyü kesme işlemi uygulanmıştır. Dördüncü işlem adımında NDVI (Rouse et al., 1974), NDWI (McFeeters, 1996), NDBI (Zha et al., 2003) ve BUI (He et al., 2010) indeksleri hesaplanarak koleksiyona yeni bant olarak eklenmiştir. Beşinci işlem adımında ise beşer yıl arayla her il için ayrı ayrı eğitim verileri seçilerek sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın son adımında genel doğruluk (GD) ve Kappa istatistiği ve sınıf alanları hesaplanmıştır. Kullanılan indeksler ve eşitlikleri Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan indeksler

İndeks	Formül
NDVI	$(NIR - Red) / (NIR + Red)$
NDWI	$(Green - NIR) / (Green + NIR)$
NDBI	$(SWIR1 - NIR) / (SWIR1 + NIR)$
BUI	$NDBI - NDVI$

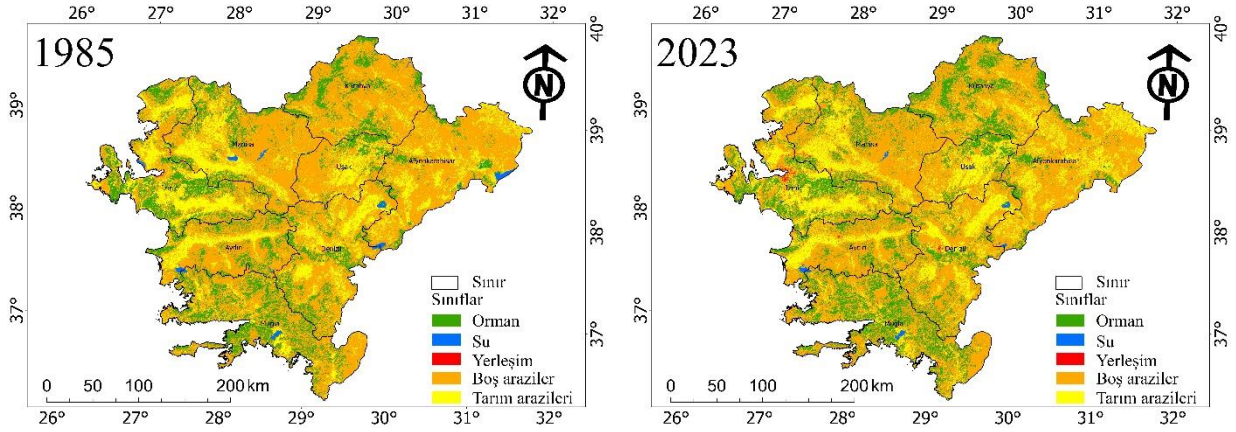
## 2. SONUÇLAR

Ege Bölgesinin tüm illerinin beşer yıl arayla sınıflandırması sonucu her bir il için elde edilen doğruluk sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Çalışmanın doğruluk değerlendirmesi, tüm iller için yapılmış olup, genel doğruluk değerleri, minimum ve maksimum olarak sırasıyla Afyonkarahisar ilinde 2015 yılı için %76.3 ve Manisa ilinde 1985 yılı için %98.8 olarak hesaplanmıştır. Kappa istatistik değeri ise Afyonkarahisar ilinde 2015 yılı için 0.604 ve Aydın ilinde 1985 yılı için 0.983 bulunmuştur. Genel doğruluklar Afyonkarahisar ilinde 2015 ve 2023 yılları hariç genel olarak tüm illerde %80 üzerinde bir doğruluk elde edilmiştir.

Çizelge 2. Doğruluk değerlendirmesi sonuçları

	1985		1990		1995		2000		2005		2010		2015		2020		2023	
	GD	K	GD	K	GD	K	GD	K	GD	K	GD	K	GD	K	GD	K	GD	K
Afyonkarahisar	95.6	0.936	91.2	0.872	86.6	0.807	90.3	0.861	85.7	0.796	81.2	0.682	76.3	0.604	80.4	0.675	78.4	0.637
Aydın	98.7	0.983	97.4	0.963	97.6	0.967	96.2	0.948	95.3	0.937	97.9	0.972	97.4	0.966	95.2	0.934	96.0	0.947
Denizli	96.0	0.933	96.0	0.933	94.8	0.913	95.5	0.926	93.8	0.897	92.7	0.88	89.1	0.824	91.1	0.854	89.3	0.824
İzmir	95.8	0.933	87.3	0.810	86.0	0.789	86.2	0.793	86.6	0.800	85.7	0.787	83.9	0.759	82.4	0.741	82.3	0.738
Kütahya	90.8	0.782	91.3	0.793	89.9	0.767	91.5	0.8	90.0	0.811	86.5	0.775	87.4	0.801	86.7	0.79	83.1	0.729
Manisa	98.8	0.979	96.5	0.937	91.6	0.844	94.3	0.896	94.1	0.892	94.4	0.899	92.7	0.872	90.4	0.828	90.7	0.809
Muğla	90.4	0.845	91.7	0.867	91.9	0.872	88.9	0.824	88.7	0.821	86.8	0.788	89.0	0.825	88.0	0.812	84.2	0.748
Uşak	89.9	0.827	89.9	0.828	87.7	0.792	88.0	0.797	86.2	0.766	86.1	0.763	83.9	0.726	86.2	0.768	82.7	0.709

Sınıflandırma sonucu elde edilen haritalar Şekil 2'de alanlar, Çizelge 3'de ve toplam alan içerisindeki sınıf dağılım oranları ise Çizelge 4'te gösterilmiştir.



Şekil 2. Ege Bölgesinin 1985 ve 2023 yıllarına ait sınıflandırma haritaları

Çizelge 3. Ege bölgesinin arazi sınıflarının alansal değişimi

	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Orman (km <sup>2</sup> )	15400.02	14494.27	14420.53	14799.81	14971.65	15467	16676.21	16842.87	16385.67
Su (km <sup>2</sup> )	521.96	448.2	462.68	513.67	522.46	471.8	533.42	396.87	361.62
Şehir (km <sup>2</sup> )	53.67	77.02	106.29	127.66	164.6	215.25	240.72	302.63	348.59
Boş Araziler (km <sup>2</sup> )	55896.94	55550.18	55282.44	54914.43	54215.39	53996.98	51380.36	52428.38	53324.73
Tarım Arazileri (km <sup>2</sup> )	17336.38	18637.64	18934.81	18852.02	19329.26	19059.38	20371.32	19238.55	18789.99

Çizelge 4. Toplam alan içerisindeki sınıf dağılım oranları

	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023	2023-1985
Orman	17.26%	16.25%	16.17%	16.59%	16.78%	17.34%	18.69%	18.88%	18.37%	%1.10
Su	0.59%	0.50%	0.52%	0.58%	0.59%	0.53%	0.60%	0.44%	0.41%	-%0.18
Şehir	0.06%	0.09%	0.12%	0.14%	0.18%	0.24%	0.27%	0.34%	0.39%	%0.33
Boş Araziler	62.66%	62.27%	61.97%	61.56%	60.78%	60.53%	57.60%	58.77%	59.77%	-%2.88
Tarım Arazileri	19.43%	20.89%	21.23%	21.13%	21.67%	21.36%	22.84%	21.57%	21.06%	%1.63

Sınıf değişim analizleri toplam alan içerisindeki yüzdelerle değişimler dikkate alınarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Ege Bölgesi genelinde orman alanlarında 1985 yılından 2023 yılına kadar %1.10'luk bir artış gerçekleşmiştir. Su yüzeylerinde dalgalanmalar olsa da bir azalış trendi görülmüştür. 2000-2015 yılları arasında bir artış söz konusu iken, 2015 yılından sonra ise hızlı bir düşüş dikkati çekmektedir. Su yüzey alanları 1985 yılından 2023 yılına kadar ki süreçte -%0.18 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Yerleşim alanları ise 1985 yılından 2023 yılına kadar sürekli bir artış göstermiştir. Bu artış 1985 yılı ile 2023 yılı arasında %0.33 olarak hesaplanmıştır. Boş araziler ise zamanla yerini şehir alanları orman arazileri ve tarım arazilerine bırakmış olup 38 yıllık süreçte -%2.88 oranında azalmıştır. Tarım arazileri ise 1985 yılından 2015 yılına kadar hızlı bir artış sergilese de 2015 yılından sonra bir azalma görülmüştür. 1985 yılı ile 2023 yılları arasında tarım arazilerinde %1.63'lik bir artış hesaplanmıştır. İl bazında incelendiğinde ise orman alanları Afyonkarahisar, Kütahya, Manisa, Muğla ve Uşak illerinde sırasıyla %0.53, %5.88, %1.44, %3.38 ve %3.54 oranında artış gösterirken Aydın, Denizli ve İzmir illerinde sırasıyla -%2.19, -%1.58 ve -%1.88 oranında azalmıştır. Su yüzey alanları Aydın, Kütahya ve Uşak illerinde sırasıyla %0.23, %0.05 ve %0.07 oranında artarken, Afyonkarahisar, Denizli, İzmir ve Manisa illerinde sırasıyla -%0.74, -%0.22, -%0.04 ve -%0.42 oranında azalmıştır. Muğla ilinde ise kayda değer bir değişiklik olmamıştır. Yerleşim alanlarında tüm illerde artış olmuştur. Bu artış Afyonkarahisar, Aydın, Denizli, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla ve Uşak illerinde sırasıyla %0.15, %0.36, %0.21, %0.82, %0.12, %0.29, %0.41 ve %0.33 oranlarında artmıştır. Bölgede 2023 yılı itibarıyla, 117.64 km<sup>2</sup> ile en büyük yerleşim alanına sahip il İzmir iken, 14.38 km<sup>2</sup> ile en küçük yerleşim alanına sahip il Kütahya olarak belirlenmiştir. Boş araziler Aydın, Denizli, İzmir ve Manisa illerinde sırasıyla %0.56, %0.98, %1.91 ve %0.93 oranında artarken, Afyonkarahisar, Kütahya, Muğla ve Uşak illerinde sırasıyla -%6.24, -%10.54, -%3.10 ve %10.38 oranında azalmıştır. Son olarak tarım arazilerinde ise Afyonkarahisar, Aydın, Denizli, Kütahya ve Uşak illerinde sırasıyla %6.31, %1.04, %0.61, %4.49 ve %6.44 oranında artarken, İzmir, Manisa ve Muğla illerinde sırasıyla -%0.81, -%2.24 ve -%0.69 oranında azalmıştır.

## KAYNAKLAR

- He, C., Shi, P., Xie, D., Zhao, Y., 2010. Improving the normalized difference built-up index to map urban built-up areas using a semiautomatic segmentation approach. *Remote Sens. Lett.* 1, 213–221.
- Johansen, K., Phinn, S., Taylor, M., 2015. Mapping woody vegetation clearing in Queensland, Australia from Landsat imagery using the Google Earth Engine. *Remote Sens. Appl. Soc. Environ.* 1, 36–49.
- McFeeters, 1996. The use of the Normalized Difference Water Index. *Int. J. Remote Sens.* 17, 1425–1432.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W., 1974. *Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS*. In: NASA Spec, Scientific and Technical Information Office, National Aeronautics and Space, p. 309.
- Tassi, A., Vizzari, M., 2020. Object-oriented land cover classification in google earth engine combining snic, glcm, and machine learning algorithms. *Remote Sens.* 12, 1–17.
- Wahap, N.A., Shafri, H.Z.M., 2020. *Utilization of Google Earth Engine (GEE) for land cover monitoring over Klang Valley, Malaysia*. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 540.
- Yılmaz, O.S., 2023. Spatiotemporal statistical analysis of water area changes with climatic variables using Google Earth Engine for Lakes Region in Türkiye. *Environ. Monit. Assess.* 195, 735.
- Zha, Y., Gao, J., Ni, S., 2003. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *Int. J. Remote Sens.* 24, 583–594.
- Zhao, Z., Islam, F., Waseem, L.A., Tariq, A., Nawaz, M., Islam, I.U., Bibi, T., Rehman, N.U., Ahmad, W., Aslam, R.W., Raza, D., Hatamleh, W.A., 2024. Comparison of Three Machine Learning Algorithms Using Google Earth Engine for Land Use Land Cover Classification. *Rangel. Ecol. Manag.* 92, 129–137.