



Accuracy Assessment of Different Land Use/Land Cover Maps: A Case Study of TR21 Thrace Region

Bahadır Altürk^{1,a,*}

¹Vocational School of Technical Sciences, Tekirdağ Namık Kemal University, 59030 Tekirdağ-Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 28/12/2022 Accepted : 27/02/2023</p> <p>Keywords: TR21 Thrace region Land use/land cover Kappa statistics Remote sensing Geographic Information Systems</p>	<p>The compatibility of land use/land cover maps with ground-truth datasets is very important in accurate and effective land planning. In this study, the accuracy assessment of current global and regional land use/land cover maps has been evaluated for TR21 Thrace Region. 400 reference points are allocated in a stratified random for each land use/land cover class. Using by the Kappa test for Copernicus, ESA, Corine level 1 and level 2 maps, the land use/land cover accuracy was determined as 0.63, 0.83, 0.80, and 0.71 respectively. It has been concluded that the classified maps represent very well the cropland and forest areas that cover a lot of space in the region, however, the accuracy rate is low in shrublands and grasslands. When all maps are evaluated together, it will be very useful to use ESA data at a regional scale and Corine level 2 data at a local scale in spatial planning.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 11(3): 505-512, 2023

Farklı Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü Haritalarının Doğruluk Değerlendirmesi: TR21 Trakya Bölgesi Örneği

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 28/12/2022 Kabul : 27/02/2023</p> <p>Anahtar Kelimeler: TR21 Trakya bölgesi Arazi kullanım/arazi örtüsü Kappa istatistiği Uzaktan algılama Coğrafi bilgi sistemleri</p>	<p>Arazi kullanım/arazi örtüsü haritalarının, gerçek yersel verilerle uyumlu olması doğru ve etkin bir arazi planlamasında çok önemlidir. Bu çalışmada, TR21 Trakya Bölgesi için kullanılacak, güncel, küresel ve bölgesel arazi kullanım/arazi örtüsü haritalarının doğruluk değerlendirilmesi yapılmıştır. 400 referans nokta, arazi sınıflarına katmanlı rastgele olacak şekilde dağıtılmıştır. Kappa testi ile belirlenen arazi kullanım/arazi örtüsü doğruluk değerleri Copernicus, ESA, Corine düzey 1 ve düzey 2 haritaları için sırasıyla; 0,63, 0,83, 0,80 ve 0,71'dir. Sınıflandırılmış haritaların, bölgede çok fazla yer kaplayan ekilebilir tarım arazileri ve orman alanlarını iyi derecede temsil ettiği bununla birlikte maki/çalılık ve fundalık alanlarda ve mera ve çayır alanlarda doğruluk oranının düşük kaldığı sonucuna varılmıştır. Bütün haritalar birlikte değerlendirildiğinde, mekansal planlama çalışmalarında, bölgesel ölçekte ESA verilerinin, yerel çalışmalarda ise Corine düzey 2 verilerinin kullanılması çok faydalı olacaktır.</p>

^a balturk@nku.edu.tr

^{id} <http://orcid.org/0000-0003-1282-6558>



Giriş

Milyonlarca yıldır doğal süreçler doğrultusunda dünya yüzeyi şekillenmektedir. Bu değişim uzun zaman diliminde ve yavaş olmaktadır. İnsanoğlunun tarımsal üretime geçiş yapması, yerleşim alanlarının artması, iklime bağlı göçler ve savaşlar özellikle doğal arazi örtüsünün değişmesinde insan faktörünün de rolünü ortaya çıkarmıştır (Kasperson ve ark., 1995; Tyson ve ark., 2001; Verburg ve ark., 2004). Son 150 yıldır sanayi devriminin getirdiği sosyo-ekonomik değişimler ve teknolojik gelişmeler bu değişimi çok hızlandırmıştır (Goldewijk ve Ramankutty, 2004).

Arazi kullanım/arazi örtüsünü sınıflandırmak ve insan faaliyetlerinden kaynaklanan ormansızlaştırma, şehirleşme ve tarımsal faaliyetleri bölgesel ve küresel olarak haritalandırmak, çevresel süreçleri anlamak açısından hem araştırmacılara hem de karar vericilere büyük fayda sağlamaktadır (Anderson ve ark., 1976).

Faaliyet gösterdiğimiz çevre geniş alanları kapladığı için arazi örtüsüne dair bilgileri elde etmek ve bunları sistematik bir şekilde sınıflandırmak için uzaktan algılama (UA) teknolojilerine ve coğrafi bilgi sistemlerine (CBS) ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda, mekansal değişimi ve arazi kullanım/arazi örtüsü sınıflarındaki dönüşümün karmaşık yapısını daha iyi anlamak için uzaktan algılamada kullandığımız yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerine olan talep giderek artmaktadır (Belward ve Skøien, 2015).

Arazi kullanım/arazi örtüsündeki değişimlerin ekosisteme olan etkilerini ve bunların sosyo-ekonomik sonuçlarını analiz edebilmek için sınıflandırma haritalarının periyodik olarak yapılması gerekmektedir (Sertel ve ark., 2017). Farklı kuruluşlar tarafından küresel, bölgesel ve ülke ölçeğinde arazi kullanım/arazi sınıflandırma sistemleri ve haritaları oluşturulmuştur. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO)'nun "Arazi Örtüsü Sınıflandırma Sistemi (LCCS)" (Di Gregorio ve Jansen, 2005), Avrupa Çevre Ajansı tarafından belirlenen "Çevresel Bilginin Koordinasyonu (CORINE)" (European Commission, 1994), Amerika Birleşik Devletleri tarafından geliştirilen "Ulusal Arazi Örtüsü Veritabanı (NLCD)" (Anderson ve ark., 1976), Avrupa Birliği Avrupa Komisyonu tarafından desteklenen "Copernicus Küresel Arazi Servisi (CGLS)" (Buchhorn ve ark., 2020) ve Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından geliştirilen "WorldCover" projesi (Zanaga ve ark., 2022) sınıflandırılmış arazi kullanım/arazi örtüsü haritalarına iyi birer örnektir.

Uzaktan Algılama ile elde edilen sınıflandırma haritalarında, arazi kullanım/arazi örtüsünün karmaşık yapısı nedeniyle nesnelerin yansıma değerlerinin yakın olduğu alanlarda belirgin hatalar olabilmektedir. Haritanın kalitesini arttırmak için hem üretici hem de kullanıcı doğruluğunun belirlenmesi ve hata kaynaklarının düzeltilmesi gerekmektedir (Maingi ve ark., 2002). Çeşitli sınıflandırma tekniklerinin, algoritmaların veya yorumlayıcıların performansını karşılaştırmak için ise doğruluk analizi yapılması gereklidir (Congalton ve Green, 1998). Doğruluk analizinde sınıflandırılmış görüntü ile referans veriler test edilerek bir hata matrisi oluşturulmaktadır. Doğruluk değerlendirmesi; değerlendirme örneğinin toplanması, her sınıf için veri

toplama ve sonuçları analiz etme aşamalarından oluşmaktadır (Congalton ve Green, 1998). Referans veri olarak yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafları, uydu görüntüleri ve araziden alınan örnekleme noktaları kullanılmaktadır.

Şehir ve kırsal arazi planlaması, su kaynaklarının planlanması, ekosistem hizmetlerinin haritalanması, biyoçeşitliliğin belirlenmesi, ürün deseni planlaması, arazi bozunumunun belirlenmesi vb. birçok çalışmanın ana altık verisi olan arazi kullanım/arazi örtüsü haritalarının doğruluğunun bilinmesi hangi sınıflandırılmış haritanın hangi uzmanlık alanlarında kullanılması gerektiği açısından çok önemlidir. Bu çalışmada, TR21 Trakya Bölgesi'nde 4 farklı arazi kullanım/arazi örtüsü haritasının doğruluk oranının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Alanı

TR21 Bölgesi, Trakya yarımadasında bulunmakta ve Edirne, Tekirdağ, Kırklareli illerinden oluşmaktadır (Şekil 1). İl merkezleri hariç bölgede 25 ilçe bulunmaktadır. Edirne ve Kırklareli illerinden farklı olarak Tekirdağ ili büyükşehir statüsündedir. Üç ilin yüzölçümü arasında çok fark olmamakla birlikte Tekirdağ ili İstanbul'a yakın olması ve sanayi alanlarının fazla olması sebebiyle diğer illerden daha fazla nüfusa sahiptir. Bölgenin toplam yüzölçümü göller hariç 18.655 km² (Anonim, 2013), toplam nüfusu ise 1.926.512 kişidir (TÜİK, 2022). Genel olarak, tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu bölgede arazi kullanım/arazi örtüsü değişkenlik göstermektedir. Bölgenin sırasıyla; %68'ini tarım alanları (meralar dahil), %27'sini orman ve yarı doğal alanlar, %3,5'ini yapay alanlar (yerleşim alanları, sanayi alanları, maden sahaları, vb.) ve %1'ini sulak alanlar ve su yüzeyleri (gölet, baraj) oluşturmaktadır (<https://corine.tarimorman.gov.tr/>).

Veriler

Çalışmada, TR21 Bölgesi'ni temsil eden, yüksek çözünürlüklü uydu verileriyle oluşturulmuş arazi kullanım/arazi örtüsü haritaları kullanılmıştır. Haritaların hazırlanmasında ve analizlerde bir CBS yazılımı olan ArcGIS Pro'dan faydalanılmıştır.

ESA Küresel Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü

ESA'nın WorldCover projesi kapsamında Sentinel-1 ve Sentinel-2 uydusuna ait veriler yardımıyla oluşturduğu 10×10 m piksel çözünürlüğüne sahip arazi kullanım/arazi örtüsü haritalarıdır (Zanaga ve ark., 2022). Yapay yüzeyler (şehir, sanayi, yollar, vb.), orman alanları, çayır ve otluk alanlar, ekili alanlar, su yüzeyleri (göl, baraj, vb.), sulak alanlar ve bataklıklar, çalılık alanlar, çıplak ve çok seyrek bitki örtüsü olan yüzeyler (kayalık alanlar, kumullar, çöller, vb.), kar ve buzul örtüsü, liken ve yosun ve mangrov olmak üzere 11 farklı arazi kullanım/arazi örtüsü sınıfından oluşan küresel haritanın doğruluk oranı %76,7'dir. Çalışmada, en güncel veri olan 2021 yılı haritası kullanılmıştır.

Copernicus Küresel Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü

Copernicus arazi izleme hizmeti (<https://lcviewer.vito.be/about>), 2011'den beri Avrupa Çevre Ajansı (EEA) ve bilim-bilgi hizmeti sunan Ortak

Araştırma Merkezi (JRC) tarafından birlikte yürütülmektedir. Bu programda, Avrupa Uzay Ajansı (ESA)'nın Sentinel-2 uydusundan elde ettiği görüntüler yardımıyla 100×100 m piksel çözünürlüğe sahip arazi kullanım/razi örtüsü sınıflandırma haritaları oluşturulmuştur. Zaman serisi kırılma haritaları, öncelikle bir MODIS uydu görüntüsünden elde edilen Yakın Kızılötesi Bitki Örtüsü Yansıması (NIRv) verisi ve ikinci olarak bir Gizli Markov Modeli zaman serisi üzerinde bir kırılma algılama algoritması (BFAST) kullanılarak hesaplanmaktadır. Elde edilen sınıflandırılmış haritalar Geo-WIKI (<https://www.geo-wiki.org/>)'den alınan 21.700 bağımsız örneklem noktası ile doğrulanmaktadır. Arazi kullanım/razi örtüsü yapay yüzeyler (şehir, sanayi, yollar, vb.), orman alanları, çayır ve otluk alanlar, ekili alanlar, su yüzeyleri (göl, baraj, vb.), sulak alanlar ve bataklıklar, çalılık alanlar, çıplak ve çok seyrek bitki örtüsü olan yüzeyler (kayalık alanlar, kumullar, çöller, vb.), kar ve buzul örtüsü ve liken ve yosun olmak üzere 10 farklı sınıftan oluşmaktadır. Çalışmada, en güncel veri olan 2019 yılı haritası kullanılmıştır.

CORINE Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü

EEA tarafından yürütülen CORINE projesinde 1990 yılı başta olmak üzere 2000, 2006, 2012 ve 2018 yılları için arazi kullanım/razi örtüsü haritaları üretilmiştir. Bu haritalar, Landsat başta olmak üzere IRS, SPOT ve Sentinel uydu görüntüleri kullanılarak oluşturulmuştur. Proje Türkiye'nin de içinde bulunduğu 39 ülkede yürütülmektedir. CORINE sisteminde arazi kullanım/razi örtüsü haritaları vektör tabanlıdır. Sayısalleştirilen çokgenlerin genişliğinin en az 100 m, alanının ise 25 ha olduğu haritaların ölçeği 1:100.000'dir. Hiyerarşik bir yapıya sahip olan sınıflandırma sisteminde 1. düzeyde 5 sınıf, 2. düzeyde 15 sınıf, 3. düzeyde ise 44 sınıf bulunmaktadır (Büttner, 2014). Çalışmada, 2018 yılına ait 1. ve 2. düzeydeki veriler kullanılmıştır.

1. düzeydeki arazi sınıfları; 1- yapay bölgeler, 2- tarımsal alanlar, 3- orman ve yarı doğal alanlar, 4- sulak alanlar ve 5- su kütleleridir. 2. düzeydeki arazi sınıfları; 1- yapay bölgeler (11-şehir yapısı, 12- endüstri, ticaret ve ulaşım birimleri, 13- maden ocağı, boşaltım ve inşaat sahaları, 14- yapay, tarımsal olmayan yeşil sahalar), 2- tarımsal alanlar (21- ekilebilir alan, 22- sürekli ürünler, 23- meralar, 24- karışık tarımsal alanlar). 3- orman ve yarı doğal alanlar (31- ormanlar, 32- maki ve otsu bitkiler, 33- bitki örtüsü ile kaplı olmayan veya az miktarda bitki örtüsü ile kaplı açık alanlar), 4- sulak alanlar (41- karasal bataklıklar, 42- denize yakın ıslak alanlar) 5- su yapıları (51- karasal/iç sular, 52- deniz suları).

Yöntem

Çalışmada, sınıflandırılmış arazi kullanım/razi örtüsü haritalarının doğruluğu Kappa istatistiği (Cohen, 1960) ile değerlendirilmiştir. Kappa katsayısı, matrisleri istatistiksel olarak karşılaştırmanın bir yolu olması nedeniyle güçlü bir araçtır (Congalton, 1991). Kappa katsayısı formülü şu şekildedir;

$$K = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e} \quad (1)$$

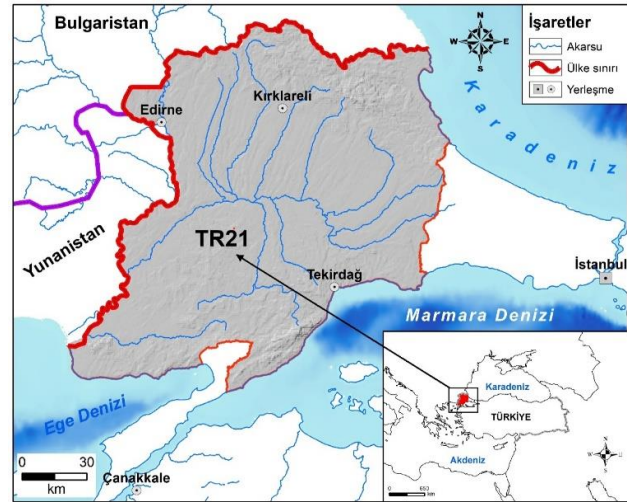
Eşitlikte; P_o gözlemlenen uyuşmaların toplam orantısı, P_e ise uyumun şans eseri çıkma olasılığının ifade

etmektedir. Kappa değerinin 0 olması hiç uyuma olmadığını, 0,61-0,80 arası önemli derecede uyuma olduğunu ve 0,81-1 arası ise neredeyse mükemmel uyuma olduğunu göstermektedir (Landis ve Koch, 1977).

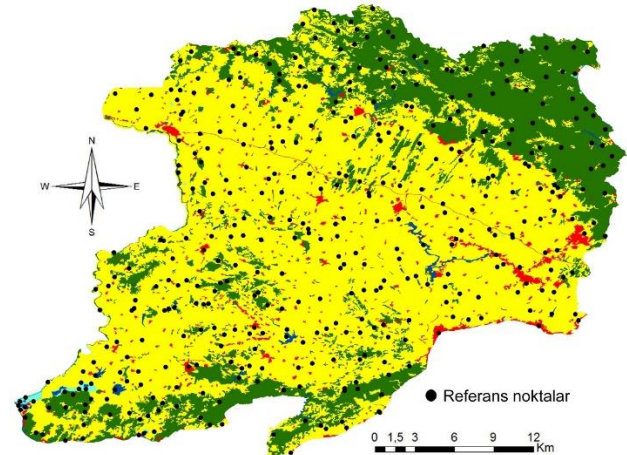
Sınıflandırılmış haritayı gerçek arazi verileriyle karşılaştırmak için yeterli örneklem boyutunu ve uygun matematiksel modeli belirlemek gerekmektedir (Hord ve Brooner, 1976; Rosenfield, 1982). Sınıflandırma doğruluğu; değerlendirme örnek boyutu, genel sınıflandırma doğruluğu ve izin verilen hata ile ilişkilendirilen binom olasılık teorisine dayalı denklem 2'de belirtildiği gibi hesaplanmaktadır (Maingi ve ark., 2002).

$$N = \frac{Z^2 pq}{E^2} \quad (2)$$

Burada; N, örnek nokta sayısını; Z^2 , iki uçlu güvenirlilik aralığında (1,96) %95 güven düzeyindeki standart normal sapmayı; p, varsayılan veya hesaplanan doğruluk oranını; E, kabul edilebilir hatayı ve q, 100-p değerini göstermektedir. Çizelge 1'de %60 ve %95 doğruluk oranı dikkate alınarak, olması gereken en az örneklem sayıları verilmiştir.

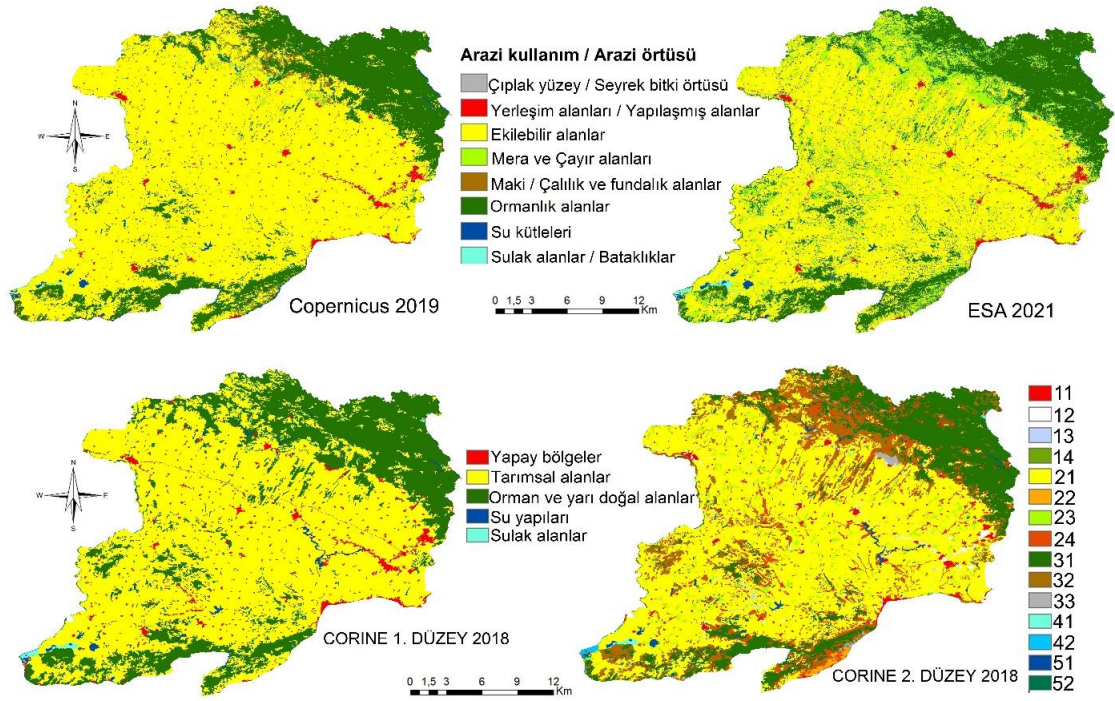


Şekil 1. Araştırma alanı.
Figure 1. Study area



Şekil 2. Doğrulamada (validasyon) kullanılan referans noktalar.

Figure 2. Reference points used in validation.



Şekil 3. Arazi kullanım/arazi örtüsü haritaları.
Figure 3. Land use/land cover maps.

Çizelge 1. %60 ile %95 arasındaki doğruluklar için sırasıyla %5 (E1) ve %2,5 (E2) hata payıyla elde edilen en az referans nokta sayısı (N1 ve N2).

Table 1. The minimum number of reference points (N1 and N2) required to achieve an allowable error of 5% (E1) and 2.5% (E2), for accuracies ranging from 60% to 95%.

N ₁	N ₂	Z ²	p	Q	E ₁ ²	E ₂ ²
369	1475	3,8416	60,00	40,00	25	6,25
360	1441	3,8416	62,50	37,50	25	6,25
350	1398	3,8416	65,00	35,00	25	6,25
337	1348	3,8416	67,50	32,50	25	6,25
323	1291	3,8416	70,00	30,00	25	6,25
306	1225	3,8416	72,50	27,50	25	6,25
288	1152	3,8416	75,00	25,00	25	6,25
268	1072	3,8416	77,50	22,50	25	6,25
246	983	3,8416	80,00	20,00	25	6,25
222	887	3,8416	82,50	17,50	25	6,25
196	784	3,8416	85,00	15,00	25	6,25
168	672	3,8416	87,50	12,50	25	6,25
138	553	3,8416	90,00	10,00	25	6,25
107	426	3,8416	92,50	7,50	25	6,25
73	292	3,8416	95,00	5,00	25	6,25

Çalışmada, sınıflandırılmış haritalardaki arazi sınıflarının alansal oranları, sınıf sayıları ve uzman görüşleri dikkate alınarak 400 referans nokta katmanlı rastgele (stratified random) olacak şekilde oluşturulmuştur (Şekil 2). Haritaların doğrulanmasında, yüksek çözünürlüklü hava fotoğraflarından, Google Earth programından ve bazı yer kontrol noktalarından faydalanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Bulgular

Çalışmada, öncelikle, TR21 Bölgesi'ne ait, sınıflandırılmış arazi kullanım/arazi örtüsü haritaları sunulmuştur (Şekil 3). Copernicus ve ESA arazi sınıfları piksel tabanlı, Corine arazi sınıfları ise vektör veri olarak

oluşturulmuştur. Copernicus ve ESA haritalarında TR21 Bölgesi 8 farklı arazi sınıfıyla (Çizelge 2), Corine düzey 1'de 5 ve düzey 2'de 15 farklı arazi sınıfıyla tanımlanmıştır (Çizelge 3). Arazi sınıf sayılarının farklı olması, haritaların birbiri arasında değerlendirilmesinde arazi kullanım/arazi örtüsü oranlarının değişkenlik göstermesini de kaçınılmaz kılmaktadır.

TR21 Bölgesi'nde orman alanları ve tarım alanları en fazla yer kaplayan sınıflardır. Bu iki alana dikkat edecek olursak, özellikle tarım alanlarının Copernicus (%72,51) ve ESA (%57,66) haritalarında alan olarak farklılık gösterdiği Çizelge 2'de açıkça belirtilmektedir. Bunun sebebi, ESA sınıflandırma yönteminde ekilebilir alanların, mera alanlarından, Copernicus sınıflandırma yöntemine göre daha belirgin olarak ayrılmasıdır. Corine düzey 1'de ekilebilir alanlar ile mera alanları (%68,48) aynı sınıfta

değerlendirilmekte, düzey 2’de ise bu sınıflar ayrılmakta ve ekilebilir alanlar (%56,93) ve mera alanları (%3,27) hakkında daha ayrıntılı bilgiler sunulmaktadır (Çizelge 3). Orman alanları ve maki/çalılık ve fundalık alanlar beraber değerlendirildiğinde, Copernicus (%22,75), ESA (%23,63) ve Corine düzey 1 (%26,87) haritalarında bu sınıflar çok yakın değerlere sahiptir. Bununla beraber, yerleşim alanları/yapılmış alanlar, su kütleleri ve sulak alanlar/bataklıklar sınıflarının sahip olduğu değerler üç

harita için de yakındır. Bu bağlamda, haritalarda kullanılan sınıflandırma yöntemleri tarım alanları hariç diğer arazi sınıflarını birbiriyle uyumlu olacak şekilde tanımlamaktadır.

Sınıflandırılmış haritaların doğruluğu Kappa testi ile belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan Copernicus, ESA, Corine düzey 1 ve düzey 2 arazi kullanım/arazi örtüsü haritalarının doğruluğu sırasıyla 0,63 (Çizelge 4), 0,83 (Çizelge 5), 0,80 (Çizelge 6), ve 0,71 (Çizelge 7)’dir.

Çizelge 2. Copernicus 2019 yılı ve ESA 2021 yılı arazi kullanım/arazi örtüsüne ait alanlar.

Table 2. Land use/land cover areas for Copernicus 2019 and ESA 2021.

Arazi kullanım/arazi örtüsü	Copernicus 2019		ESA 2021	
	Alan (%)		Alan (%)	
Çıplak yüzey / Seyrek bitki örtüsü	0,01		0,34	
Yerleşim alanları / Yapılmış alanlar	2,24		2,13	
Tarım alanları	72,51		57,66	
Mera ve Çayır alanları	1,54		15,12	
Maki / Çalılık ve fundalık alanlar	2,25		0,27	
Orman alanları	20,50		23,36	
Su kütleleri	0,68		0,83	
Sulak alanlar / Bataklıklar	0,27		0,29	

Çizelge 3. Corine 2018 yılı düzey 1 ve 2 arazi kullanım/arazi örtüsüne ait alanlar.

Table 3. Land use/land cover areas for level 1 and level 2 of Corine 2018.

Arazi kullanım/arazi örtüsü	Corine düzey 2		Corine düzey 1	
	Alan (%)		Alan (%)	
Yapay bölgeler (1)				3,32
Şehir yapısı (11)	2,11			
Endüstri, ticaret ve ulaşım birimleri (12)	0,76			
Maden ocağı, boşaltım ve inşaat sahaları (13)	0,34			
Yapay, tarımsal olmayan yeşil sahalar (14)	0,11			
Tarımsal alanlar (2)				68,48
Ekilebilir alan (21)	56,93			
Sürekli ürünler (22)	0,42			
Meralar (23)	3,27			
Karışık tarımsal alanlar (24)	7,86			
Orman ve yarı doğal alanlar (3)				26,87
Ormanlar (31)	17,49			
Maki ve otsu bitkiler (32)	9,02			
Bitki örtüsü ile kaplı olmayan veya az miktarda bitki örtüsü ile kaplı açık alanlar (33)	0,36			
Sulak alanlar (4)				0,32
Karasal bataklıklar (41)	0,21			
Denize yakın ıslak alanlar (42)	0,11			
Su yapıları (5)				1,01
Karasal / İç sular (51)	0,92			
Deniz suları (52)	0,09			

Çizelge 4. Copernicus arazi kullanım/arazi örtüsü doğruluk değerlendirmesi.

Table 4. Accuracy assessment of Copernicus land use/land cover.

Arazi sınıfı	1	2	3	4	5	6	7	8	Toplam referans noktası	Kullanıcı doğruluğu	Kappa
1	70	7	2	2	0	1	0	0	82	0,85	
2	2	4	2	3	0	0	0	0	11	0,36	
3	1	1	6	1	1	1	0	0	11	0,55	
4	11	6	33	193	0	4	3	5	255	0,76	
5	0	0	1	0	15	0	0	0	16	0,94	
6	0	0	0	0	0	2	3	0	5	0,40	
7	0	0	0	1	1	0	11	0	13	0,85	
8	0	0	0	0	0	0	2	5	7	0,71	
Toplam referans noktası	84	18	44	200	17	8	19	10	400		
Üretici doğruluğu	0,83	0,22	0,14	0,97	0,88	0,25	0,58	0,50		0,77	
Kappa											0,63

1: Orman alanları 2: Maki / Çalılık ve fundalık alanlar 3: Mera ve Çayır alanları 4: Tarım alanları 5: Yerleşim alanları / Yapılmış alanlar 6: Çıplak yüzey / Seyrek bitki örtüsü 7: Su kütleleri 8: Sulak alanlar / Bataklıklar

Çizelge 5. ESA arazi kullanım/arazi örtüsü doğruluk değerlendirme.

Table 5. Accuracy assessment of ESA land use/land cover.

Arazi sınıfı	1	2	3	4	5	6	7	8	Toplam referans noktası	Kullanıcı doğruluğu	Kappa
1	80	1	2	3	1	0	1	0	88	0,91	
2	3	7	0	0	0	0	0	0	10	0,70	
3	3	8	32	11	0	0	0	0	54	0,59	
4	0	0	7	185	1	2	0	0	195	0,95	
5	0	0	0	0	16	0	0	0	16	1,00	
6	0	0	0	0	0	9	2	0	11	0,82	
7	0	0	0	0	0	0	14	0	14	1,00	
8	0	0	0	2	0	0	0	10	12	0,83	
Toplam referans noktası	86	16	41	201	18	11	17	10	400		
Üretici doğruluğu	0,93	0,44	0,78	0,92	0,89	0,82	1,00	0,00		0,88	
Kappa											0,83

Çizelge 6. Corine düzey 1 arazi kullanım/arazi örtüsü doğruluk değerlendirme.

Table 6. Accuracy assessment of Corine level 1 land use/land cover.

Arazi sınıfı	1	2	3	4	5	Toplam referans noktası	Kullanıcı doğruluğu	Kappa
1	19	2	0	0	0	21	0,90	
2	5	222	16	2	1	246	0,90	
3	3	11	88	0	2	104	0,85	
4	0	1	0	8	1	10	0,80	
5	0	1	0	0	18	19	0,95	
Toplam referans noktası	27	237	104	10	22	400		
Üretici doğruluğu	0,70	0,94	0,85	0,80	0,82		0,89	
Kappa								0,80

Çizelge 7. Corine düzey 2 arazi kullanım/arazi örtüsü doğruluk değerlendirme.

Table 7. Accuracy assessment of Corine level 2 land use/land cover.

Arazi sınıfı	11	12	13	14	21	22	23	24	31	32	33	41	42	51	52	TRN	Kullanıcı doğruluğu	Kappa
11	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	1,00	
12	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1,00	
13	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1,00	
14	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0,20	
21	0	2	0	1	153	2	8	1	1	2	0	0	0	2	0	172	0,89	
22	0	0	0	0	0	11	1	1	0	0	0	0	0	0	0	13	0,85	
23	0	0	0	0	1	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0,94	
24	1	0	1	0	9	3	6	6	5	4	0	0	0	0	0	35	0,17	
31	0	0	0	0	0	0	1	0	52	1	0	0	0	1	0	55	0,95	
32	0	0	0	0	2	0	7	1	7	22	0	0	0	1	0	40	0,55	
33	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	5	0	0	0	0	8	0,63	
41	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	5	0,80	
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	5	0,00	
51	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2	15	0,67	
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	1,00	
TRN	18	7	6	2	169	16	41	9	65	31	5	6	0	14	11	400		
Üd	0,72	0,71	0,83	0,50	0,91	0,69	0,41	0,67	0,80	0,71	1,00	0,67	0,00	0,71	0,55		0,78	
Kappa																		0,71

TRN: Toplam referans noktası, Üd: Üretici doğruluğu

Elde edilen sonuçlara göre, gerçek arazi verileriyle, Copernicus ve Corine düzey 2 haritalarının önemli derecede uyuma, ESA ve Corine düzey 1 haritaları ile mükemmel uyuma sağladığı sonucuna varılmıştır. Genel bir değerlendirme yapıldığında, sınıflandırılmış verilerin tamamında tarım arazilerinin, orman alanlarının, yerleşim alanlarının ve su kütlelerinin gerçek araziye iyi temsil ettiği, bununla birlikte Copernicus ve Corine düzey 2'de ise maki/çalılık ve fundalık alanların, mera ve çayır alanlarının ve çıplak yüzey/seyrek bitki örtüsü alanlarının gerçek araziye iyi temsil etmediği görülmektedir (Çizelge

4, Çizelge 7). Corine düzey 1 haritası temel arazi sınıflarına sahip olduğu için Corine düzey 2 haritasından daha fazla doğruluğa sahiptir ancak düzey 2'de daha fazla arazi sınıfı olması ve bu haritanın da 0,71 doğruluğa sahip olması daha detaylı yapılacak çalışmalarda kullanılabilirliğini artırmaktadır. Küresel ölçekte piksel tabanlı sınıflandırma olan ESA verilerinin, TR21 Bölgesi'ni mera ve çayır alanları hariç yeterli derecede temsil etmesi sınıflandırmada kullanılan algoritmanın hem global hem de bölgesel ölçekte son derece başarılı olduğunun göstergesidir.

Copernicus haritasının doğruluğunun diğer verilere göre düşük çıkmasının en önemli sebebi, kullanılan algoritmanın, maki/çalılık ve fundalık alanları orman alanlarından, mera ve çayır alanlarını ise tarım alanlarından tam olarak ayıramamasıdır. Bununla birlikte diğer önemli bir husus da Copernicus verisinin 100×100 m piksel çözünürlüğüne sahip olmasıdır.

Tartışma

Bu çalışmada, TR21 Trakya Bölgesi'ni kapsayan 2021 yılı ESA (10x10 m piksel çözünürlük), 2019 yılı Copernicus (100x100 m piksel çözünürlük), 2018 yılı Corine düzey 1 ve düzey 2 (vektör veri) arazi kullanım/razi örtüsü haritalarının doğruluğu hesaplanmıştır. Kappa testi ile belirlenen doğruluk oranları dikkate alındığında her bir sınıflandırılmış verinin, bölgenin tümü açısından gerçek arazi kullanım/razi örtüsü ile uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

Bununla birlikte, değişimin fazla olduğu ve büyük alanlara sahip arazi sınıflarında kullanıcı doğruluk değeri kappa değerinden daha önemli hale gelebilmektedir (Olofsson ve ark., 2014). Bölgenin büyük bir kısmını kaplayan tarım ve orman alanlarında kullanıcı doğruluğunun yüksek olduğu ancak Copernicus ve ESA verilerinde, maki/çalılık ve fundalık alanların ve mera ve çayır alanlarının doğruluk oranlarının düşük olduğu belirlenmiştir. Bunun sebebi, piksel tabanlı sınıflandırmada maki/çalılık ve fundalık alanların orman örtüsü ile mera ve çayır alanlarının ise ekili tarım arazileri ile yansıma değerlerinin karışmasıdır. Her iki sınıflandırma sisteminde kullanılan Sentinel uydu görüntülerinin multispektral bantlara sahip olması farklı spektrumlara sahip, yapılaşmış alanların, su kütlelerinin ve sulak alanların, tarım ve orman arazilerinin birbirinden iyi ayırt edilmesini sağlamakta ve böylelikle, bu arazilerin de kullanıcı doğruluğu yüksek çıkmaktadır. Çıplak yüzey/seyrekle bitki örtüsü ESA verisinde iyi temsil edilmesine rağmen Copernicus verisinde bu alanlar (inşaat alanları, maden sahası, kumsallar ve çıplak kaya yüzeyleri) yeterli doğrulukta belirlenememiştir.

Corine sınıflandırma sisteminin bölgesel olması, ulusal ölçekte daha detaylı altlık verilerin (kadastral, toprak, mera, yerleşim, baraj ve gölet, meşcere, ürün deseni, bitki haritaları vb.) kullanılarak sayısallaştırılması ve hiyerarşik bir düzende alt gruplara indirgenmesi sayesinde araziler daha detaylı olarak tanımlanabilmektedir. Ancak, arazi sınıfı arttıkça Corine verilerinde hata oranı artmaktadır. Bunun en önemli nedeni, sınıflandırma yönteminde, sayısallaştırılan en küçük çokgenin (poligon) alanının 25 ha olmasıdır (Sertel ve ark., 2017). Bu durum 25 ha'dan küçük birçok arazi kümesinin farklı araziler içerisinde değerlendirilmesine sebebiyet vermektedir. Özellikle düzey 2'de, doğruluk oranı düşük olan karışık tarımsal alanlar, dikili alanlar, denize yakın ıslak alanlar, yerleşim alanları içindeki yapay yeşil sahalar gibi özel alanların, zaman ve maliyet açısından pahalı arazi çalışmaları ve her bölge için ulaşılması zor olan çok detaylı farklı tematik haritalarla desteklenmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, mekânsal planlamalarda, küresel ölçekte hazırlanmış olan ESA verisi Copernicus verisine göre daha kullanışlıdır. Corine düzey 1 ise bölgesel anlamda kullanışlı olmasına rağmen daha fazla mekânsal bilgi gereksiniminden dolayı yerel ölçekteki planlamalarda

yeterli olmayacaktır. Bu çalışmalarda düzey 2'nin kullanılması daha faydalı olacaktır.

Kaynaklar

- Anderson JR, Hardy EE, Roach JT, Witmer RE. 1976. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. U.S. Geological Survey Professional Paper 964. US Geological Survey Government Printing Office: Washington, DC, USA. <https://doi.org/10.3133/pp964>.
- Anonim 2013. TR21 Trakya Bölgesi Mevcut Durum Analizi. https://www.trakyaka.org.tr/upload/Node/33085/xfiles/Trakya_2013_Mevcut_Durum_Analizi.pdf. [Erişim tarihi: 15 Ekim 2022]
- Belward AS, Skoien JO. 2015. Who launched what, when and why; trends in global land-cover observation capacity from civilian earth observation satellites. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 103: 115–128. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.03.009>
- Buchhorn M, Lesiv M, Tsendbazar NE, Herold M, Bertels L, Smets B. 2020. Copernicus Global Land Cover Layers—Collection 2. *Remote Sensing*, 12(6): 1044. <https://doi.org/10.3390/rs12061044>
- Büttner G. 2014. CORINE Land Cover and Land Cover Change Products. In: Manakos I. Braun M. (editors). *Land Use and Land Cover Mapping in Europe*. Berlin/Heidelberg, Germany: Springer. pp. 55–74.
- Cohen J. 1960. A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(3): 37–46. <http://dx.doi.org/10.1177/001316446002000104>.
- Congalton RG. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37: 35–46.
- Congalton RG, Green K. 1998. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. Lewis Publishers, New York.
- Di Gregorio A, Jansen LJM. 2005. Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and User Manual. Available from: <http://www.fao.org/docrep/003/x0596e/x0596e00.HTM> [Accessed 28 October 2022]
- European Commission 1994. CORINE landcover. Available from: <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>. [Accessed 10 November 2022]
- Goldewijk KK, Ramankutty N. 2004. Land Cover Change over the Last Three Centuries Due to Human Activities: The Availability of New Global Data Sets. *GeoJournal*, 61: 335–344. <https://doi.org/10.1007/s10708-004-5050-z>
- Hord RM, Brooner W. 1976. Land use map accuracy criteria. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 42(5): 671–677.
- Kasperson JX, Kasperson RE, Turner BL II. 1995. *Regions at Risk: Comparisons of Threatened Environments*. Tokyo: United Nations University. ISBN: 92-808-0848-6.
- Landis JR, Koch GG. 1977. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33: 159–174. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Maingi JK, Marsh SE, Kepner WG, Edmonds CM. 2002. An Accuracy Assessment of 1992 Landsat-MSS Derived Land Cover for the Upper San Pedro Watershed (U.S./Mexico). U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC. (EPA/600/R-02/040)
- Olofsson P, Foody GM, Herold M, Stehman SV, Woodcock CE, Wulder MA. 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, 148: 42–57. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>
- Rosenfield GH. 1982. Sample design for estimating change in land use and land cover. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 48(5): 793–801. Available from: https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1982journal/may/1982_may_793-801.pdf [Accessed 15 November 2022]

- Sertel E, Algan İY, Alp G, Musaoğlu N, Kaya Ş. 2017. Yüksek Çözünürlüklü Uydu Verileri Kullanılarak 1:25.000 Ölçekli Ulusal Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıflandırma Sisteminin Geliştirilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17: 232-241. Retrieved from https://fenbildergi.aku.edu.tr/wpcontent/uploads/2017/11/27_39_Elifsertel-232-241.pdf
- TÜİK, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu 2021 yılı Nüfus ve Demografi İstatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayal%C4%B1-N%C3%BCfusKay%C4%B1t-Sistemi-Sonu%C3%A7lar%C4%B1-2021-45500&dil=1>. [Erişim tarihi: 20 Şubat 2023]
- Tyson P, Steffen W, Mitra AP, Fu C, Lebel L. 2001. The Earth System: Regional-Global Linkages. *Regional Environmental Change*, 2(3): 128–140.
- Verburg PH, Veldkamp A. 2004. Projecting Land Use Transitions at Forest Fringes in the Philippines at Two Spatial Scales. *Landscape Ecology*, 19(1): 77–98. <https://doi.org/10.1023/B:LAND.0000018370.57457.58>
- Zanaga D, Van De Kerchove R, Daems D, De Keersmaecker W, Brockmann C, Kirches G, Wevers J, Cartus, O, Santoro M, Fritz S, Lesiv M, Herold M, Tsendbazar NE, Xu P, Ramoino F, Arino O. 2022. ESA WorldCover 10 m 2021 v200. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7254221>