jotaf **Journal of Tekirdag Agricultural Faculty**
Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi

Mart/March 2026, 23(2)
Başvuru/Received: 21/05/25
Kabul/Accepted: 16/02/26
DOI: 10.33462/jotaf.1703548

http://dergipark.gov.tr/jotaf
http://jotaf.nku.edu.tr/

ARAŞTIRMA MAKALESİ **RESEARCH ARTICLE**

Antalya İlinde Şehirleşmenin Tarım Arazileri Üzerindeki Etkisinin Uzaktan Algılama ve CBS ile Analizi: 5403 Sayılı Kanun Kapsamında Mekânsal Bir Değerlendirme

Analysis of the Impact of Urbanization on Agricultural Lands in Antalya Province Using Remote Sensing and GIS: A Spatial Evaluation within the Scope of Law No. 5403

Batuhan KARTAL[1], Namık Kemal SÖNMEZ[2*], Mesut ÇOŞLU[3]

Öz

Tarımsal üretimde sahip olduğu geniş ürün envanteriyle Türkiye, dünya gıda tedarik zincirinde önemli bir konumda yer almaktadır. Antalya ili Türkiye'nin bu konumda olmasına katkı sağlayan başlıca şehirlerdendir. Bunun sebebi Antalya'nın iklimsel çeşitliliği ve verimli topraklarıyla yüksek tarımsal üretime sahip olmasıdır. Ancak son yıllarda yaşanan düzensiz göçler, yerleşim ihtiyacını artırmış ve özellikle kent merkezine yakın tarım arazileri üzerinde yapılaşma baskısı oluşturmuştur. Bu bağlamda, Antalya ili sınırlarındaki merkez ilçeleri kapsayan bir bölgede yürütülen bu çalışma, 2024 yılına ait uydu verileri kullanılarak şehirleşmenin tarım arazileri üzerindeki mekânsal etkilerini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Araştırmada, tarım arazilerinin en belirgin şekilde ayrıştığı Nisan ayına ait (15 Nisan 2024) Sentinel-2 uydu verileri kullanılmıştır. Çalışmanın sınıflandırılması aşamasında CORINE Level-2 arazi kullanım-arazi örtüsü sınıflandırma sistemine dayalı olarak yedi arazi örtüsü sınıfı belirlenmiş ve sınıflandırma işlemi piksel tabanlı bir sınıflandırma yöntemi olan, destek vektör makineleri (SVM) algoritması ile gerçekleştirilmiştir. Modelin genel doğruluk oranı %84, Kappa katsayısı ise 0.78 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen yüksek doğruluk oranına rağmen, yapılan sınıflandırmada sera ve sanayi alanlarının benzer yansıma karakteristikleri nedeniyle karıştığı tespit edilmiştir. Toplam alanın çok küçük bir kısmını oluşturan ve çoğunlukla tarım dışı alanlarda dağılım gösteren sanayi bölgeleri, sera sınıfından ayrılarak şehir sınıfına dahil edilmiştir. Bir sonraki aşamada, bölgeye ait 1:25.000 ölçekli sayısal temel toprak haritası veri tabanında öznitelik bilgisi şeklinde tanımlanan arazi kullanım kabiliyet sınıfları, büyük toprak grupları ve eğim derinlik kombinasyonları 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu çerçevesinde birlikte değerlendirilerek, bölge arazileri mutlak tarım alanları, marjinal tarım alanları ve tarım dışı alanlar olarak üç ana tarımsal arazi sınıfına ayrılmıştır. Son olarak, uydu verileri ile gerçekleştirilen sınıflandırma sonuçları ve sayısal toprak haritaları ile oluşturulan tarımsal arazi sınıflarında çakışma analizi yapılarak şehirleşmeye bağlı yanlış arazi kullanım oranları hesaplanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, bölgedeki şehirleşmenin yalnızca tarım dışı alanlarla sınırlı kalmayıp, %6.05 oranında mutlak tarım arazileri ve %2.65 oranında marjinal tarım arazileri üzerinde de yayılım gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, son 20 yılda radikal bir büyüme ile karşı karşıya olan Antalya ili için şehirleşmenin mekânsal etkilerinin izlenmesi, özellikle tarımsal araziler üzerindeki baskısının ortaya konulması ve sürdürülebilir tarım politikalarının oluşturulması açısından önemli katkılar sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Sentinel-2, CORINE, Çakışma analizi, Arazi yetenek sınıflaması, Toprak yasası, Tarımsal arazi kullanımı

[1]Batuhan Kartal, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, Antalya, Türkiye E-mail: bthn.krtl@hotmail.com OrcID: 0009-0009-0066-6842
[2*]**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Namık Kemal Sönmez, Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, Antalya, Türkiye. E-mail: nksonmez@akdeniz.edu.tr OrcID: 0000-0001-6882-0599
[3]Mesut Çoşlu, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Hassas Tarım ve Tarımsal Robotlar Bölümü, Burdur, Türkiye. E-mail: mcoslu@mehmetakif.edu.tr OrcID: 0000-0003-3952-6563
Atıf: Kartal, B., Sönmez, N.K., Çoşlu, M. (2026). Antalya ilinde şehirleşmenin tarım arazileri üzerindeki etkisinin uzaktan algılama ve CBS ile analizi: 5403 sayılı kanun kapsamında mekânsal bir değerlendirme. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 23(2): 724-739.
Citation: Kartal, B., Sönmez, N.K., Çoşlu, M. (2026). Analysis of the impact of urbanization on agricultural lands in Antalya province using remote sensing and GIS: a spatial evaluation within the scope of law no. 5403. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty,* 23(2): 724-739.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2026

Abstract

Thanks to its extensive product inventory in agricultural production, Türkiye occupies an important position in the global food supply chain. Antalya is one of the cities that contributes to Türkiye's position. Antalya has high agricultural production by means of its climatic diversity and fertile soils. However, in recent years, irregular migration has increased the need for settlements and created pressure for construction, especially on agricultural lands close to the city center. In this context, the present study, conducted in a region encompassing the central districts within Antalya Province, aims to reveal the spatial effects of urbanization on agricultural lands by analyzing satellite data from 2024. For the study, Sentinel-2 satellite data from April 15, 2024, when agricultural lands are most clearly visible, was used. Additionally, 1:25.000 scale soil maps were evaluated during the analysis phase. During the study's classification phase, seven land cover classes were identified based on CORINE Level-2 land use-land cover classification system. The classification process used support vector machines (SVM), a pixel-based classification method. The model's overall accuracy was 84%, and the Kappa coefficient was 0.78. Despite the high accuracy rate achieved, it was determined that greenhouses and industrial areas were confused in the classification due to their similar reflection characteristics. Since industrial areas constitute a very small portion of the total area and are mostly located in non-agricultural areas, they were separated from the greenhouse class and included in the urban class. Next, land use capability classes, major soil groups, and slope depth combinations, which were defined as attribute information in the 1:25.000 scale digital basic soil map database of the region, were evaluated within the framework of Soil Conservation and Land Use Law No. 5403. The region's lands were then divided into three main agricultural land classes: absolute agricultural areas, marginal agricultural areas, and non-agricultural areas. Finally, the land occupation rates due to urbanization were calculated by performing an overlap analysis on the agricultural land classes created using the classification results obtained from the satellite data and the digital soil maps. According to the findings, urbanization in the region spread beyond non-agricultural areas to encompass 6.05% of absolute agricultural land and 2.65% of marginal agricultural land. These results are important for monitoring the spatial effects of urbanization, especially its impact on agricultural lands, and for establishing sustainable agricultural policies in Antalya province, which has experienced radical growth over the last 20 years.

Keywords: Sentinel-2, CORINE, Overlap analysis, Land capability classification, Land law, Agricultural land use

1. Giriş

Dünya genelinde hızla artan insan nüfusu, barınma ve beslenme gibi temel ihtiyaçların karşılanmasında doğal kaynaklar üzerinde ciddi bir baskı oluşturmaktadır. Artan talepler karşısında bu kaynakların sürdürülebilirliği giderek tehlikeye girmekte, özellikle toprak gibi kısıtlı doğal kaynaklar üzerinde geri dönüşü zor hasarlar meydana gelmektedir. Türkiye'nin önemli tarımsal üretim ve turizm merkezlerinden biri olan Antalya ili de bu süreçten etkilenmektedir. Antalya'nın nüfusu son yirmi yılda yaklaşık %60 oranında artmış; 2004 yılında 1.6 milyon olan nüfus, 2024 yılı itibarıyla 2.7 milyona ulaşmıştır (TÜİK, 2024). Bu hızlı nüfus artışı, beraberinde kontrolsüz ve plansız yapılaşmayı getirmiş ve tarım alanlarında ciddi kayıplara yol açmıştır. Antalya'nın toplam yüzölçümü 2.017.700,0 hektar olup, 2020 yılı itibarıyla bunun yaklaşık %18'ini (364.923,0 ha) tarım arazileri oluşturmaktayken, 2024 yılında bu oran %2 azalarak 327.044,0 hektara düşmüştür (TÜİK, 2024). Şehirleşme sonucu ortaya çıkan arazi tüketimi ekosistem hizmetleri kaybının temel nedenlerinden biridir. Bu durum ekosistem işlevlerini etkileyen ve doğal kaynaklara erişebilirliği sınırlayan toprak ile yakından ilişkilidir (Assenato ve ark., 2022). Özellikle şehir merkezine yakın yerlerdeki verimli tarım arazilerinin kentleşme ve sanayileşme gibi amaçlarla işgale uğraması, bu arazilerin geri dönüşümsüz şekilde kaybıyla sonuçlanmaktadır (Beckers ve ark., 2020). Arazi yetenek sınıflandırması kapsamında I, II, III ve IV. sınıf mutlak ve marjinal tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı hem tarımsal üretimin sürdürülebilirliğine zarar vermekte hem de uzun vadeli gıda arzı için tehdit unsuru oluşturmaktadır. Bu nedenle, tarım arazilerinin akılcı bir planlama anlayışıyla korunması, mevcut kullanım durumlarının doğru analiz edilmesi ve yerleşim ile sanayi kaynaklı işgal unsurlarının mekânsal olarak izlenmesi büyük önem taşımaktadır (Moteva ve Marinova, 2020). Türkiye'de bu planlama süreci, 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu ile yürütülmektedir. Söz konusu kanun kapsamında tarım arazilerinin korunması, sınıflandırılması, bölünmelerin önlenmesi ve sürdürülebilirlik ilkeleri esas alınmaktadır. Bu bağlamda mutlak tarım, özel ürün, dikili tarım ve sulu tarım arazileri, bazı istisnai durumlar ve kurul kararları dışında tarımsal olmayan amaçlarla kullanılamaz (Resmi Gazete, 2005).

Bilindiği üzere, tarım arazilerindeki değişimin takibi ve mekânsal analizlerin yapılmasında Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) sıkça başvurulan araçlar olarak öne çıkmaktadır (Assennato ve ark., 2022). UA, yeryüzündeki alanlara ilişkin bilgilerin uydu ve hava platformlarından elde edilen verilerle analiz edilmesini sağlamaktadır. Bu sayede, geniş alanlardaki arazi örtüsü ve kullanım değişimleri farklı zaman dilimlerinde ve yüksek doğrulukla izlenebilmektedir (Campbell ve Wynne, 2011). CBS ise, konum bilgisi içeren verilerin analizini ve görselleştirilmesini sağlayan bir sistem olup, tarım arazilerindeki mekânsal değişimlerin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. UA verileri, CBS ortamına entegre edilerek arazi kullanım sınıflamaları yapılabilmektedir. Böylece kentleşme baskısı altındaki tarım alanları kolaylıkla tespit edilebilmektedir (Longley ve ark., 2015). Literatürde, bu teknolojilerin birlikte kullanıldığı çok sayıda çalışma mevcuttur. Örneğin, Everest (2011), Edirne ili Havsa ilçesinde gerçekleştirdikleri çalışmada, şehirleşme baskısının tarım arazileri üzerindeki etkisini uzaktan algılama ve CBS teknikleri ile analiz etmişlerdir. 1990 ve 2008 yıllarına ait uydu görüntüleri kullanılarak yapılan arazi kullanım sınıflandırmaları sonucunda, tarım alanlarında zamanla meydana gelen daralma ve yerleşim alanlarındaki artış ortaya konmuştur**.** Özyavuz (2011), Tekirdağ kent merkezindeki mekânsal değişimin uzaktan algılama ve CBS yöntemleriyle incelemiştir. Araştırmada 2000 ve 2010 yıllarına ait 30 m mekânsal çözünürlüklü Landsat TM uydu görüntüleri kullanılarak kontrolsüz sınıflandırma yapılmış, zamansal değişimleri ortaya konmuştur. 2000 yılında 914,6 ha olan yerleşim alanının 2010 yılında 1.495,17 ha'a yükseldiğini ve 580,57 ha alanın kentsel kullanıma dönüştüğünü göstermektedir. Kentin yıllık ortalama %6,3 oranında büyüdüğü, özellikle İstanbul yönünde yoğunlaşan gelişimin tarım alanları üzerinde baskı yarattığı belirlenmiştir. Bir başka çalışmada ise kentsel yayılmanın tarım arazileri üzerindeki etkisinin belirlenmesi ve kentsel yayılmayı tespit etmek amacıyla Landsat uydu görüntüleri kullanılmıştır. Ayrıca araştırmacılar Mısır'ın 1982 yılına ait 1:100.000 ölçekli toprak haritası ve 1992 yılına ait 1:50.000 ölçekli topoğrafik haritaları kullanmışlardır (Shalaby ve ark., 2012). Khan (2019), Hindistan'ın Aligarh kentinde 2011–2018 yılları arasında kentleşmenin tarım arazileri üzerindeki etkisini benzer tekniklerle incelemiştir. Landsat görüntüleri ve NDVI analizleri kullanılarak yapılan çalışmada, tarım alanlarının %13'ünün yerleşim alanına dönüştüğü belirlenmiştir. Antalya ili özelinde de farklı veri kaynakları ve yöntemlerle çeşitli UA ve CBS çalışmaları yapılmıştır. Sönmez ve ark. (2007), Antalya Altınova yerleşkesinde yürüttükleri çalışmada, toprak haritaları ve stereoskopik hava fotoğraflarını sayısallaştırarak uydu görüntüleri ile bütünleştirmiş; bu verileri Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu kapsamında analiz ederek mevcut arazilerin yetenek sınıflarını ayrıntılı biçimde ortaya koymuşlardır.

Çukurlu ve ark. (2024), Döşemealtı ilçesinde 2018–2023 yılları arasında COVID-19 sonrası gerçekleşen arazi örtüsü değişimini Sentinel-2 verileri üzerinden CORINE metodolojisi ile analiz etmiş; kentleşmeye bağlı olarak orman alanlarında belirgin kayıplar meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Benzer biçimde Sayı ve Genç (2013), Çanakkale ilinde 2000, 2006 ve 2010 yıllarına ait Landsat TM/ETM uydu görüntülerini kullanarak arazi kullanım ve bitki örtüsü (AKBÖ) sınıflandırmaları yapmış; orman, mera, tarım, su ve yerleşim-çıplak alan sınıflarında meydana gelen mekânsal değişimleri ilçeler düzeyinde analiz etmişlerdir. Çalışmada, uzaktan algılama teknikleriyle elde edilen sınıflandırma doğrulukları değerlendirilmiş ve özellikle yerleşim alanlarında artış, tarım ve mera alanlarında ise dönemsel değişimler ortaya konmuştur. Yapılan çalışmalar, mekânsal-zamansal değişim analizlerinde UA ve CBS'nin etkinliğini ortaya koymuştur.

Balha ve ark. (2021), yaptıkları çalışmada piksel ve nesne tabanlı sınıflandırma yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Piksel tabanlı yöntemler; En Yüksek Olasılık Yöntemi (ML), Yapay Sinir Ağı (ANN), Rasgele Orman (RF), Naive Bayes (NB) ve Destek Vektör Makineleri (SVM)'nin farklı varyasyonları arasında gerçekleştirilmiştir. Destek Vektör Makineleri (SVM) yöntemi, diğer yöntemleri geride bırakarak RF yöntemi ile daha başarılı olmuştur. Benzer şekilde, Tehrany ve ark. (2014) tarafından yapılan araştırmada üç farklı yöntem karşılaştırılmış ve piksel tabanlı olarak SVM yönteminin kullanılabilirliği gösterilmiştir.

Bölgede daha önce gerçekleştirilen çalışmalardan farklı olarak bu araştırmada, Antalya ili merkez ilçelerinde son yıllarda artan nüfus ve kentleşmenin tarım arazileri üzerindeki etkisinin sınıflandırılmış uydu verileri ile analiz edilmesi ve 5403 sayılı toprak yasası çerçevesinde sınıflandırılmış uydu verileri ile karşılaştırılarak hatalı ve yanlış arazi kullanımının ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda arazi örtüsü ve kullanım değişimleri sınıflandırılırmış görüntülerde CORINE arazi kullanım ve arazi örtüsü sınıflandırma metodolojisi esas alınarak analiz edilmiştir. Ayrıca 1:25000 ölçekli temel toprak haritaları öznitelik bilgileri değerlendirilerek, 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu çerçevesinde belirlenen tarımsal arazi sınıflarında arazi kullanımına yönelik mekânsal değerlendirmeler yapılmıştır.

2.Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Alanı

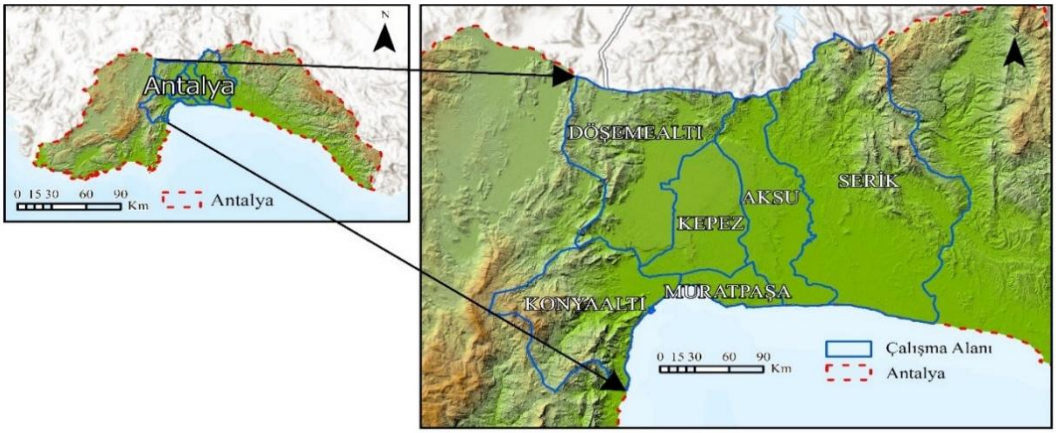


Figure 1. Study area

Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon haritası

Çalışma alanı, 36° 40′ 30″ – 37° 21′ 38″ kuzey enlemleri ile 30° 17′ 20″ – 31° 13′ 57″ doğu boylamları arasında yer alan Antalya ili sınırları içerisindedir. Bölge, toplamda yaklaşık 3.290 km² yüzölçümüne sahip olup; Aksu (406 km²), Döşemealtı (687 km²), Kepez (292 km²), Konyaaltı (546 km²), Muratpaşa (96 km²) ve Serik (1.263 km²) ilçelerinden oluşmaktadır (HGM, 2024). Bu ilçeler hem Antalya şehir merkezini hem de çevresindeki kırsal ve kentsel bölgeleri kapsamaktadır (Şekil 1).

Bölge genelinde kentsel yapılaşma, tarım alanları, ormanlık alanlar, sanayi tesisleri ve turizm alanları iç içe geçmiş durumdadır. Konyaaltı, Kepez ve Muratpaşa ilçeleri, Antalya şehir merkezinin yoğun kentsel yapılaşmaya sahip alanlarını temsil etmektedir. Bu bölgelerde konut alanları, ticari merkezler, kamu yapıları ve ulaşım altyapısı öne çıkmakta olup, hızlı kentleşme süreci belirgindir. Öte yandan Aksu, Döşemealtı ve Serik ilçeleri, daha geniş

kırsal alanları, tarımsal üretimi ve ormanlık bölgeleriyle dikkat çekmektedir. Bu ilçelerde aynı zamanda sanayi bölgeleri, seracılık faaliyetleri ve kırsal yerleşim alanları bulunmaktadır. Çalışma alanında üretilen başlıca tarımsal ürünler; domates, biber ve hıyar gibi sebzelerin yanı sıra çeşitli narenciye türleridir (Antalya Valiliği, 2025).

Çalışma alanının deniz seviyesinden yüksekliği 0–2.653 m arasında değişmektedir. Alanın güney ve iç kesimlerindeki ovalık arazilerde eğim %0–6 arasında iken, kuzey ve dış kesimlerdeki sarp arazilerde eğim kademeli olarak %70'lere kadar ulaşmaktadır. 1930–2024 yılları arasında yapılan ölçümlere göre Antalya iline ait ortalama sıcaklık değeri 18,9 °C, yıllık yağış ortalaması ise yaklaşık 1.039 mm'dir (MGM, 2025). Alanın nem rejimi Xeric, sıcaklık rejimi de Thermic'tir. İç ve yüksek kesimlere çıkıldığında, orta yükseklikteki (Döşemealtı yükseklikleri) bölgelerde geçiş iklimi görülmektedir. Bölgenin kuzeyi Batı Toros Dağları ile çevrili olup, Döşemealtı ve çevresinde karstik yapılar bulunmaktadır. Alanın jeomorfolojisi incelendiğinde düz ve hafif engebeli platoların hâkim olduğu görülür. Bölgede akarsu vadileri ve kolüviyal yamaçlar bulunur. Jeomorfolojik ünite olarak bölge, plato, hafif yamaçlar ve vadiler şeklindedir. Güney kesimlere doğru inildikçe ise Aksu Çayı, Acısu Çayı ve Boğaçayı çevresindeki alüvyal araziler görülmektedir. Bölgede en yoğun olarak görülen toprak türleri Kırmızı Akdeniz Toprakları ile ormanlık alanlarda yayılım gösteren Kahverengi Orman Topraklarıdır (Sarı, 2010).

2.2. Materyal

Bu çalışmada kullanılan uydu görüntüleri, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından Copernicus programı kapsamında çalışan Sentinel-2A ve Sentinel-2B uydularına aittir. Sentinel-2, 13 spektral bantta (443–2190 nm) veri sağlayan, farklı mekânsal çözünürlüklere sahip (10 m, 20 m, 60 m) optik bir uydu sistemidir (Copernicus, 2025; ESA, 2025). Sentinel-2'ye ait bant değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Kullanılan görüntüler, atmosferik düzeltmeleri yapılmış Level-2A verileridir ve ortalama 290 km genişliğindeki bir tarama alanını kapsamaktadır. Zamansal çözünürlüğü 5 gün olan sistem, tarım alanlarının izlenmesi, orman takibi, arazi örtüsü/kullanımı değişimlerinin tespiti ve kentsel gelişimin izlenmesi gibi çeşitli çevresel uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Gašparović ve Jogun, 2018). Çalışmada, 15 Nisan 2024 tarihine ait T36STF, T36SUF, T36SUG, T36STG kodlu tile görüntüleri kullanılmıştır. Görüntüler, Copernicus Open Access Hub üzerinden ücretsiz olarak temin edilmiştir ve UTM/WGS84 projeksiyon sisteminde işlenmiştir.

Tablo 1. Sentinel-2 spektral bantlar ve genel özellikleri

Table 1. Sentinel-2 spectral bands and general characteristics

Bantlar	Dalga Boyu (nm)	Mekânsal Çözünürlük (m)
Kıyı Aerosol	443	60
Mavi	490	10
Yeşil	560	10
Kırmızı	665	10
Kırmızı Kenar	705	20
Kırmızı Kenar-2	740	20
Kırmızı Kenar-3	783	20
Yakın Kızıl Ötesi	842	10
Kırmızı Kenar-4	865	20
Kısa Dalga Kızıl Ötesi	940	60
Kısa Dalga Kızıl Ötesi-2	1.375	60
Kısa Dalga Kızıl Ötesi-3	1.610	20
Kısa Dalga Kızıl Ötesi-4	2.190	20

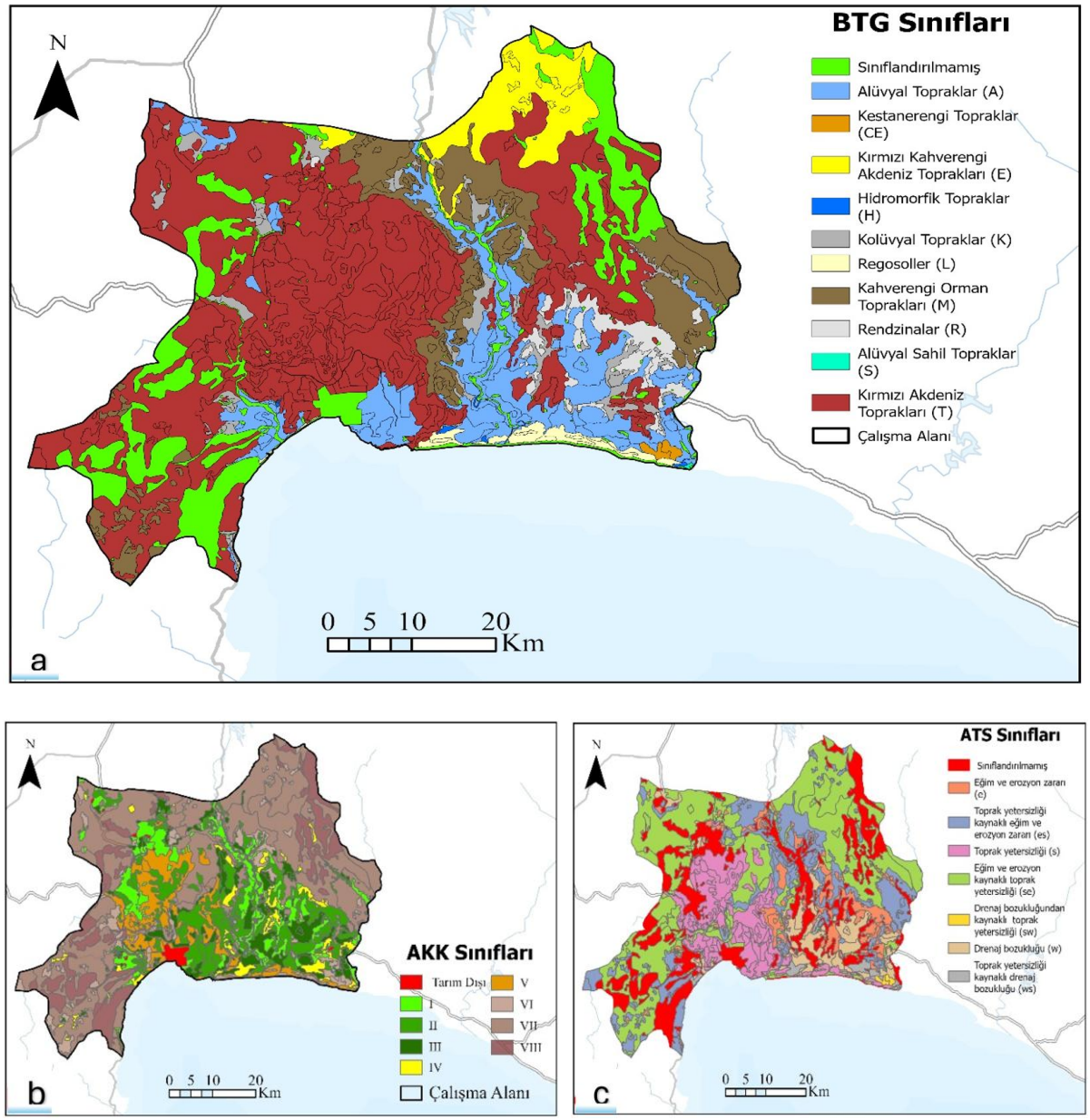


Figure 2. Soil maps of the study area, a) Great soil groups (GSG), b) Land use capability classification (LUC), c) LUC Subclass map (LUCSC)

Şekil 2. Çalışma alanına ait toprak haritaları, a) Büyük toprak grubu (BTG), b) Arazi kullanım kabiliyeti sınıflaması (AKK), c) AKK Alt sınıfı haritası (ATS)

Çalışmada ayrıca, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış olan ve yine Köy hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Genel Müdürlüğü tarafından sayısallaştırılan 1:25.000 ölçekli sayısal toprak haritaları da (KHGM, 1993) materyal olarak kullanılmıştır Temel toprak öznitelik bilgilerinden Büyük toprak grubu ve toprak özellikleri kombinasyonu (BTG) incelendiğinde kuzeyde Bey Dağları ile sınırlı olan, güneyde ise denizle birleşen çalışma alanının, ağırlıklı olarak kırmızı Akdeniz, kırmızı-kahverengi Akdeniz, kahverengi orman toprakları ile kolüvyal ve alüvyal arazilerden oluştuğu görülmektedir (Şekil 2a). Alanın Arazi kullanım kabiliyeti sınıfları (AKK) ve alt sınıfları (ATS) incelendiğinde ise, I. Sınıf arazilerden VIII. Sınıfa kadar tüm yetenek sınıflarını kapsadığı ve topoğrafyaya bağlı olarak erozyon, toprak sığlığı ve drenaj problemi olan bölgelerin olduğu görülmektedir (*Şekil 2b* ve *c*).

2.3. Metot

Çalışmada, düzensiz ve kontrolsüz yapılaşmanın tarım arazileri üzerindeki olumsuz etkisinin uydu verileri ve sayısal toprak haritaları öznitelik bilgileri kullanarak incelenmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda çalışmanın yöntem kısmı vektör ve raster verilerde ön işleme (kırpma, maskeleme, düzenleme vb.), sınıflandırma çalışmaları, çakıştırma analizi ve değişim değerlendirilmesi aşamalarından oluşmaktadır. Çalışmanın iş akış şeması sunulmuştur (*Şekil 3*).

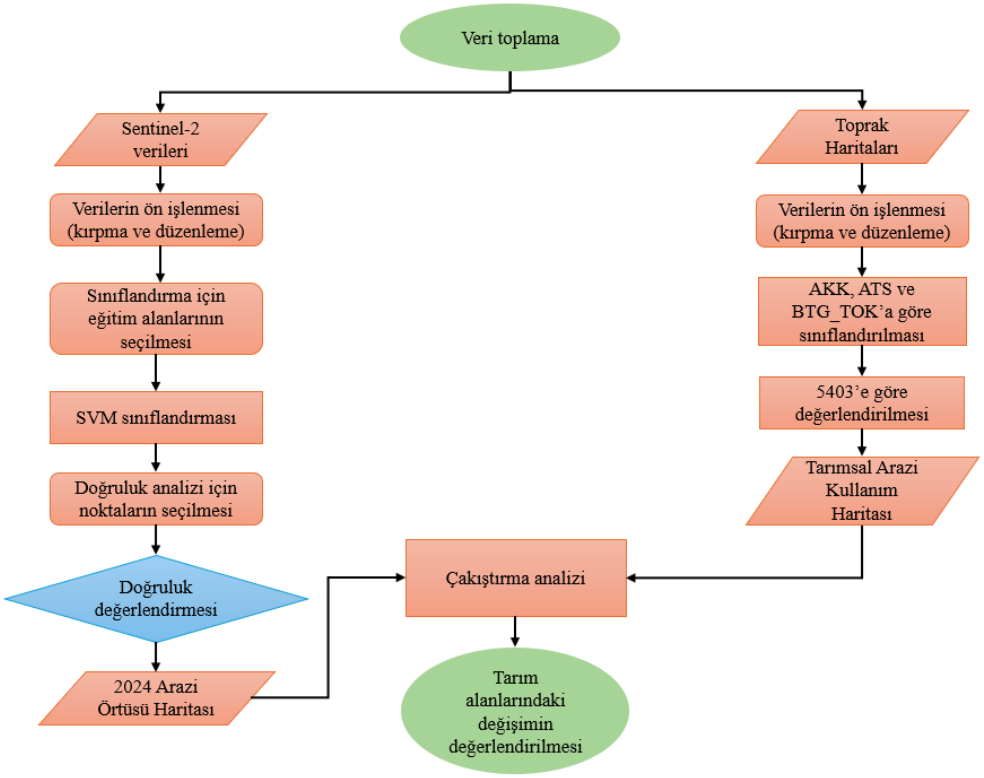


Figure 3. Flowchart

Şekil 3. Çalışmanın iş akış şeması

Sınıflandırma işlemlerinden önce uydu verileri ve toprak haritaları bazı ön işlemlere tabi tutulmuştur. İlk olarak ArcGIS Pro yazılımında, uydu verileri için aynı güne ait 4 farklı görüntü, mavi, yeşil, kırmızı ve yakın kızıl ötesi bantları seçilerek mozaikleme işlemiyle birleştirilmiştir. Bu bantların seçilme sebebi, en yüksek piksel çözünürlük değerine (10 m) sahip olmalarıdır. Sonrasında, ilgili çalışma alanı sınırları dahilinde kırpma işlemi yapılmış ve veriler sınıflandırma için hazır hâle getirilmiştir.

Sınıflandırma yöntemi olarak SVM tercih edilmiştir. SVM algoritmasının temel çalışma prensibi grafiksel olarak gösterilmektedir (*Şekil 4*). Kırmızı çizgi, iki sınıfı (sarı ve mavi nesneler) ayıran ideal hiper-düzlemi temsil ederken, bu düzlemin her iki yanında bulunan kesikli mavi çizgiler, marjin sınırlarını göstermektedir (Varma ve ark., 2016). Bu marjin sınırlarına en yakın olan veri noktaları, modelin karar yapısını belirleyen destek vektörleri olarak tanımlanır. Hiper-düzlem ile bu vektörler arasındaki mesafenin maksimize edilmesi, modelin genelleme kabiliyetini artırmaktadır.

Kontrollü sınıflandırma için kullanılacak sınıflar seçilirken, Güre ve ark. (2009), Yüksel ve ark. (2008), Onur ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmalardaki gibi CORINE metodolojisine ait Level-1 ve Level-2 seviyeleri kullanılmıştır ve bu sınıflar *Tablo 2*'de verilmiştir. CORINE (Çevresel Bilginin Koordinasyonu), Avrupa Çevre Ajansı tarafından 1985 yılında başlatılan ve uydu görüntülerinden üretilen bir arazi örtüsü veri setidir. CORINE projesinin amacı, Avrupa genelinde çevresel değişimlerin izlenmesi ve doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimini desteklemektir (Copernicus, 2025). Türkiye, CORINE projesine 2012 yılında dahil olmuştur. CORINE sınıflandırma sistemi; Seviye 1'de 5 ana sınıf (yapay alanlar, tarım alanları, orman ve yarı doğal alanlar, sulak

alanlar, su kütleleri), Seviye 2'de bu sınıfların alt grupları (örneğin: sürekli kentsel alanlar, ekilebilir alanlar, maki ve otsu bitkiler) ve Seviye 3'te daha detaylı 44 sınıfa kadar ayrımı içermektedir. Bu metodoloji, coğrafi bilgi sistemleriyle birlikte arazi kullanımı analizlerinde önemli bir referans kaynağıdır. Çalışmada toplamda 7 sınıf yer almaktadır ve her sınıf için en az 70 adet eğitim alanı seçilmiştir. Sonrasında, SVM sınıflandırma yöntemi ile ilgili alan sınıflandırılmıştır.

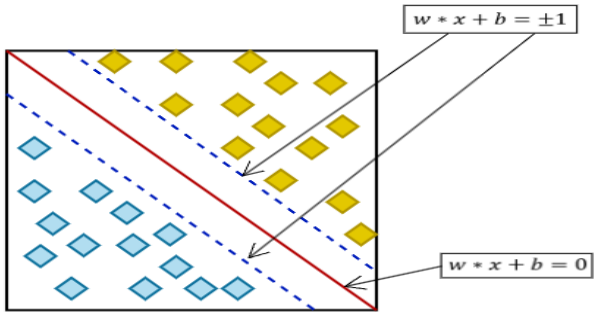


Figure 4. SVM algorithm

Şekil 4. SVM algoritması

Tablo 2. Çalışmada kullanılan CORINE Level-1 ve Level-2 sınıfları

Table 2. CORINE Level-1 and Level-2 classes used in the study

Level-1	Level-2
Yapay Bölgeler	Şehir Yapısı
Tarımsal Alanlar	Tek Yıllık Tarım Alanları Çok Yıllık Tarım Alanları Seralar
Orman ve Yarı Doğal Alanlar	Ormanlar Yarı Çıplak Alanlar
Su Yapıları	İç Sular, Denizler

Sınıflandırma işleminin doğruluğunu hesaplamak için, ilgili çalışma alanı sınırları içerisine rastgele olarak noktalar atılmıştır. Daha sonra bu noktaların yer gerçeği değerleri, Google Earth Pro sağlayıcısı üzerinden yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntüleri ile tespit edilmiş ve her biri için atanmıştır. Bu işlemden sonra doğruluk analizi, ArcGIS Pro'da "Compute Confusion Matrix" aracı ile yapılmıştır. Confusion matrisinin, sınıflandırma işlemlerinde doğrulama yaparken kullanılabilir bir araç olduğu Duque ve ark. (2017) tarafından ortaya konmuştur. Kappa sayısı, genel doğruluk, F1 skoru vb. metriklerle bu matrisi yorumlamak mümkündür.

Vektör veri ön işleme aşamasında ise, 1/25000 ölçekli sayısal toprak haritaları ArcGIS Pro uygulaması yardımıyla Antalya ili sınırlarını kapsayan çalışma alanında tanımlanmıştır. Bu aşama sonrasında, alana ait sayısal temel toprak haritası veri tabanında öznitelik bilgisi şeklinde tanımlanan arazi kullanım kabiliyet sınıfları, büyük toprak grupları ve eğim derinlik kombinasyonları (Tablo 3 ve Tablo 4) birlikte değerlendirilerek 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu çerçevesinde bölge arazileri mutlak tarım alanları, marjinal tarım alanları ve tarım dışı alanlar olarak 3 ana sınıfa ayrılmıştır: Söz konusu bu sınıflar, ilgili yasanın tanımlar başlığı altında madde 3e, 3ğ ve 3i açıklamaları altında belirtilen; "*Mutlak tarım;* Bitkisel üretimde; toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin kombinasyonu yöre ortalamasında ürün alınabilmesi için sınırlayıcı olmayan, topografik sınırlamaları yok veya çok az olan; ülkesel, bölgesel veya yerel önemi bulunan, hâlihazır tarımsal üretimde kullanılan veya bu amaçla kullanıma elverişli olan arazileri, *Marjinal tarım;* Mutlak tarım arazileri, özel ürün arazileri ve dikili tarım arazileri dışında kalan, toprak ve topografik sınırlamalar nedeniyle üzerinde sadece geleneksel toprak işlemeli tarımın yapıldığı arazileri ve *Tarım dışı alanlar;* Üzerinde toprak bulunmayan çıplak kayaları, daimi karla kaplı alanları, ırmak yataklarını, sahil kumullarını, sazlık ve bataklıkları, askeri alanları, endüstriyel, turizm, rekreasyon, iskân, altyapı ve benzeri amaçlarla plânlanmış arazileri tanımlar" kriterleri dikkate alınarak alana ait tarımsal arazi kullanım sınıfları oluşturulmuştur. Bu kapsamda örneğin, eğim değeri %0–6 ve

derinliği 50–90^{+} cm olan toprak grupları mutlak tarım arazisi grubuna; eğim değeri %6–12, derinliği ise 50–20 cm olan toprak grupları marjinal tarım arazisi grubuna dâhil edilmiştir (Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 2008).

Tablo 3. Büyük toprak grubu ve eğim derinlik kombinasyonu

Table 3. Great soil group and slope depth combination

Büyük Toprak Grubu (BTG)		**Eğim – Derinlik Kombinasyonu (EDK)**					
			Derinlik (cm)				
Sembol	Anlamı	Eğim %	Derin 90+	Orta Derin 90-50	Sığ 50-20	Çok Sığ 20-0	Litozolik
		A 0 – 2	1	2	3	4	25
P M N CE	Kırmızı Sarı Podzolik Topraklar Kahverengi Orman Toprakları Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları Kestanerengi Topraklar	B 2 – 6	5	6	7	8	26
D T E	Kırmızımsı Kestanerengi Topraklar Kırmızı Akdeniz Toprakları Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları	C 6 – 12	9	10	11	12	27
B	Kahverengi Topraklar	D					
L	Regoseller	12 – 20	13	14	15	16	28
K A R	Kolüvyal Topraklar Alüvyal Topraklar Rendzinalar	E 20 – 30	17	18	19	20	29
		F 30 +	21	22	23	24	30

Tablo 4. Arazi Kullanım Kabiliyet Alt Sınıfı

Table 4. Land Use Capability Subclass

Sembol	**Tanımı**
e	Eğim ve erozyon zararı
s	Toprak yetersizliği (Taşlılık, tuzluluk ve alkalilik)
w	Yaşlık, drenaj bozukluğu veya taşkın zararı
c	İklim sınırlamaları

Çalışmanın yöntem kısmının son aşamasında ise, CORINE metodolojisine göre gerçekleştirilen alana ait 2024 yılı raster formatlı SVM sınıflandırma verisi, ArcGIS Pro üzerinden "RasterToPolygon" aracı ile vektör veri formatına dönüştürülmüştür (ESRI, 2023). Bu aşamadan sonra gerek vektör formatlı sınıflandırılmış arazi kullanım haritası ile 5403 sayılı Toprak Koruma Kanunu'na göre tanımlanmış tarımsal arazi kullanım haritasında "Analysis Tools" sekmesinde bulunan "Intersect" yöntemi ile çakıştırma analizleri gerçekleştirilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Çalışma alanında 2024 yılına ait uydu verisi ile gerçekleştirilen sınıflandırma sonuçları incelendiğinde, yerleşim alanları ve turizm hattıyla iç içe geçmiş güney kesimlerde özellikle tek yıllık ve çok yıllık tarım alanlarının yoğunlaştığı; kuzeyde, kuzeydoğuda ve kuzeybatıda ise orman örtüsünün baskın olduğu görülmektedir (Şekil 5). Yarı çıplak alanlar, çoğunlukla çalışma alanının doğu ve batı sınır bölgelerinde, eğimli ve bitki örtüsü

seyrek alanlarda yer almaktadır. Şehirleşme, ağırlıklı olarak Muratpaşa, Kepez ve Konyaaltı ilçeleri çevresinde yoğunlaşmakta ve bu alanlar kıyıya paralel olarak genişlemektedir.

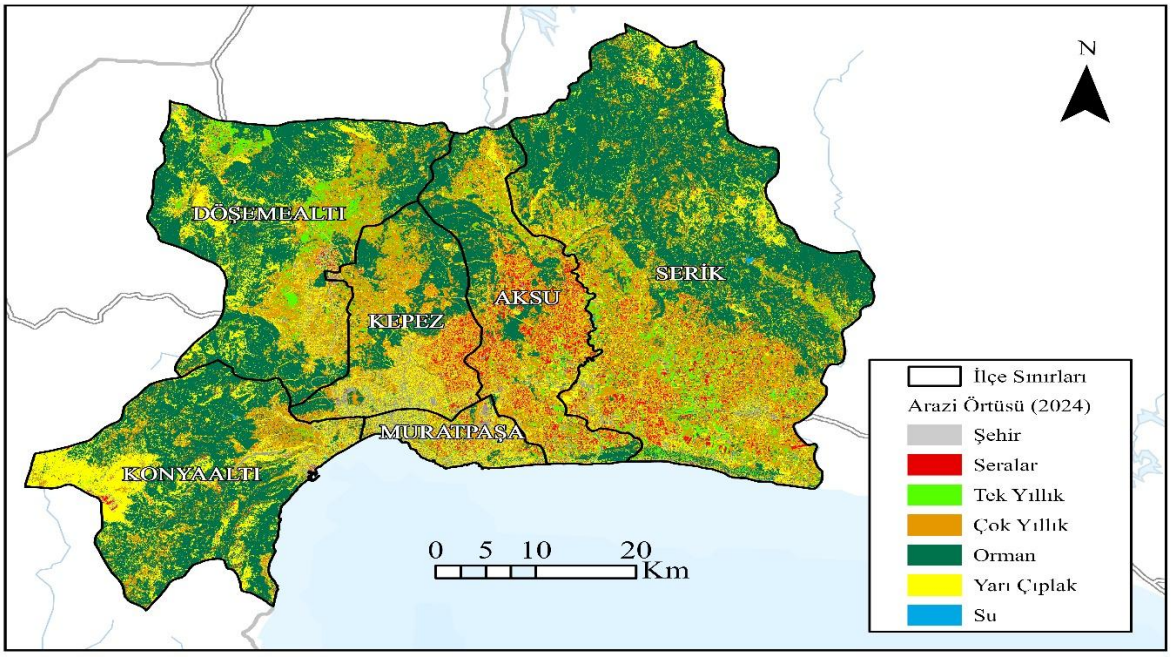


Figure 5. Map of SVM classification by CORINE classes 2024

Şekil 5. CORINE sınıflarına göre SVM sınıflandırması 2024 haritası

Tablo 5. SVM sınıflandırması doğruluk analizi değerleri

Table 5. Accuracy assessment values of the SVM classification

Sınıflar	Alan (km^2)	SVM Modelinin Başarısı	Kullanıcı Başarısı
Şehir	126.75	100%	44%
Seralar	110.05	100%	90%
Tek Yıllık	158.57	53%	100%
Çok Yıllık	719.57	96%	53%
Orman	1450.2	94%	98%
Yarı Çıplak Alan	685.22	66%	88%
Su Kütleleri	5.21	100%	90%
Toplam	**3.255,57**	**87%**	**81%**
Genel Doğruluk		**84%**	
Kappa Değeri		**0.78**	

Yapılan sınıflandırmanın doğruluk analizi sonuçları *Tablo 5*'te verilmiştir. SVM modelinin başarısı, kullanılan yöntemin sınıfları ne derece öğrenebildiğini ifade etmektedir. Kullanıcı başarısı ise sınıfların yer gerçekleriyle ne derece uyumlu olduğunu gösterir (Sajid, 2022). Buna göre, çalışmada SVM modelinin tek yıllık ve yarı çıplak alanları sınıflandırırken zorlandığı söylenebilmektedir. Bunun sebebi ise, bu alanların diğer alanlarla yansıma değerlerinin yakın olmasındandır. Burada sınırlayıcı faktörün, mekânsal ve spektral çözünürlükten kaynaklandığı düşünülmektedir. Şehir ve çok yıllık üretim alanlarının yer gerçekliği doğrulamalarının düşük olmasının sebebi ise benzer faktörlerle aynı olmakla birlikte, ek olarak bu alanların diğer alanlarla iç içe geçmiş bölgelerde olmasıdır. Çalışmada ortaya çıkan tüm bu sınırlayıcı faktörlere rağmen, SVM modeli ile gerçekleştirilen sınıflandırma

çalışmasının genel doğruluğu %84 seviyesinde belirlenmiş olup, Kappa değeri ise 0,78 bulunmuştur. Topaloğlu ve ark. (2016) ve Yüksel ve ark. (2008) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda benzer genel doğruluk ve Kappa değerleri elde edilmiştir.

*Tablo 5'*ten görüleceği üzere, seralar sınıfının toplam alanı yaklaşık 110 km² olup kullanıcı doğruluğu %90'dır. Sanayi ve sera yapılarının yansıma değerleri birbirine çok yakın olduğundan, piksel tabanlı sınıflandırma yöntemleri kullanıldığında bu sınıflar net biçimde ayırt edilememektedir. Bu sorunu gidermek amacıyla, ilgili bölgede yer alan büyük sanayi alanlarının sınırları uydu görüntüleri kullanılarak ArcGIS Pro üzerinden kullanıcı kontrolünde çizilmiştir. Yapılan hesaplamalar, bu alanların yaklaşık 11 km² büyüklüğünde olduğunu ve genel alanın %0.33'ünü oluşturduğunu göstermektedir. Ayrıca bu alanlarının büyük çoğunluğu tarım dışı alanlarla çakıştığı için hatalı kullanımı oldukça düşüktür. Bu durum dikkate alınarak, Tablo 6'da tarım dışı bölümünde seralar sınıfının alan değeri 11 km² azaltılmış ve şehir sınıfına eklenmiştir. Böylece daha doğru bir çakışma analizi yapılması ve sonuçların güvenilir biçimde yorumlanması mümkün olmuştur.

Alanda 1:25.000 ölçekli sayısal temel toprak haritaları öznitelik bilgileri temel alınarak 5043 sayılı toprak kanunu çerçevesinde üretilen tarımsal arazi kullanım haritaları incelendiğinde Mutlak tarım alanlarının çoğunlukla güney, güney doğu kesimlerdeki düz düze yakın verimli alüvyal alanlarda yoğunlaştığı; marjinal tarım arazilerinin ise bu bölgeleri çevreleyen daha eğimli ve sınırlı üretkenliğe sahip arazilerde yer aldığı görülmektedir (Şekil 6). Tarım dışı alanlar ise genellikle eğimin yüksek olduğu ormanlı ve doğal alanlar ile, tarımsal üretimi önemli oranda etkileyen taşlılık ve sığlık gibi yetersiz toprak özelliklerinin bulunduğu bölgeleri kapsamaktadır. Bu alanlar yoğun olarak bölgenin özellikle kuzey ve batı kesimlerde yaygındır.

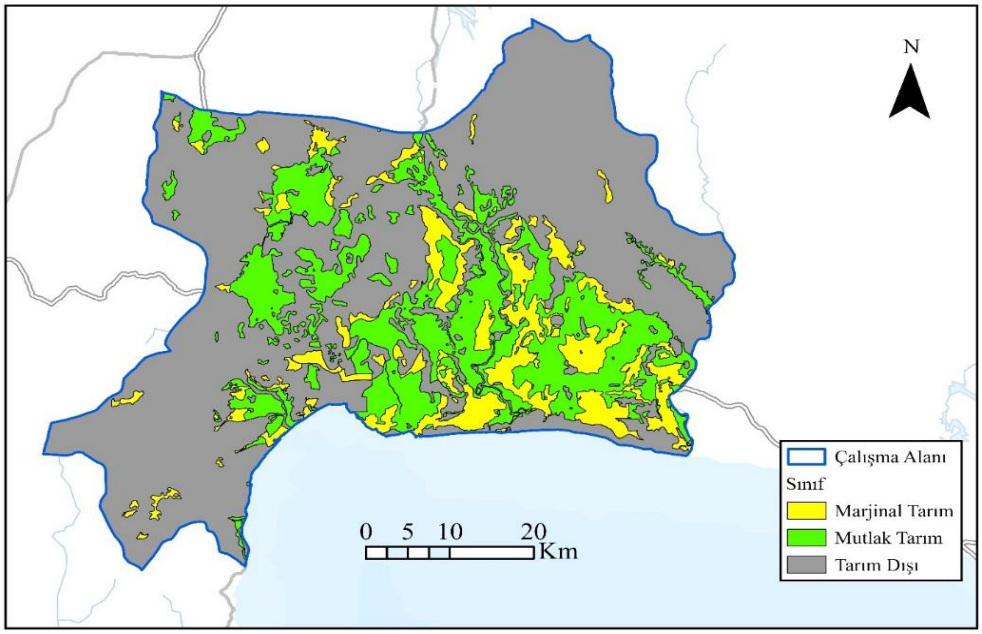


Figure 6. Soil map classified according to the Law No. 5403 on Soil Protection

Şekil 6. 5403 Sayılı Toprak Koruma Kanununa göre sınıflandırılmış toprak haritası

2030 yılına kadar dünya genelinde yaklaşık 1.2 milyon km² yeni kentsel alanın oluşacağı ve bu büyümenin büyük ölçüde tarım ve yeşil alanlarla çakışacağı öngörülmektedir (Seto ve ark., 2012). Bu durum, yalnızca gıda tedariki, karbon dengesi ve ekosistem bütünlüğü açısından değil, aynı zamanda tarım alanlarının sürekliliği ve sürdürülebilir arazi kullanımı açısından da ciddi tehditler oluşturmaktadır. Buna paralel olarak Zubair ve ark. (2019) tarafından ABD'nin Kansas City bölgesinde alt havza ölçeğinde yürütülen çalışmada, tarım ve mera alanlarının %90'ından fazlasının kentleşme nedeniyle ortadan kalktığı ortaya konmuştur. Bu tür arazi kullanım değişimleri, yalnızca alan kaybıyla sınırlı kalmamakta, aynı zamanda uzun vadeli arazi yönetimi üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Shalaby ve ark. (2012), hızlı nüfus artışının tetiklediği düzensiz şehirleşmenin, yoğun arazi örtüsü değişimlerine neden olduğunu vurgulamıştır. Pokhariya ve ark. (2022), ise UA ve CBS tekniklerinin bu değişimleri analiz etmede etkili araçlar sunduğunu belirtmiştir.

Çalışmada 2024 yılına ait sınıflandırılmış veriler ile 5403 sayılı yasa çerçevesinde tanımlanan tarımsal arazi sınıflarında gerçekleştirilen çakışma analiz sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. 5043 Sayılı tarımsal arazi kullanım sınıfları ve 2024 yılı sınıflandırılmış uydu verisi arazi kullanımı çakışma analizi sonuçları

Table 6. Overlap analysis results of agricultural land use classes defined by the Law No. 5403 and the 2024 classified satellite-based land use data

Tarımsal Arazi Sınıfı	Arazi Örtüsü	Alan (km^2)	Çakışma Oranı
Mutlak Tarım	Şehir	44.3	6.05%
	Seralar	65.1	8.89%
	Tek Yıllık Tarım Alanları	91.5	12.50%
	Çok Yıllık Tarım Alanları	295.8	40.41%
	Orman	58.5	7.99%
	Yarı Çıplak Alanlar	176.1	24.05%
	Su Kütleleri	0.8	0.11%
	Toplam	**732**	**100%**
Marjinal Tarım	Şehir	57.1	2.65%
	Seralar	20.5	0.95%
	Tek Yıllık Tarım Alanları	30.5	1.41%
	Çok Yıllık Tarım Alanları	290.5	13.47%
	Orman	1.332,8	61.82%
	Yarı Çıplak Alanlar	420.5	19.51%
	Su Kütleleri	4	0.19%
	Toplam	**2.155,8**	**100%**
Tarım Dışı	Şehir	36.4	9.89%
	Seralar	13.5	3.67%
	Tek Yıllık Tarım Alanları	36.6	9.95%
	Çok Yıllık Tarım Alanları	133.3	36.25%
	Orman	58.9	16.02%
	Yarı Çıplak Alanlar	88.6	24.10%
	Su Kütleleri	0.4	0.12%
	Toplam	**367.8**	**100%**
	Genel Toplam	**3.255,6**	

Tablo 6'dan da görüleceği üzere, Antalya'da 732 km² büyüklüğünde mutlak tarım arazisi bulunmaktadır. Bu alanların %61.8'ine karşılık gelen (452.4 km²) bölümü, seralar ile tek ve çok yıllık tarım alanları ile çakışmaktadır. Bu yüksek oran doğal bir sonuçtur. Çünkü bölgenin güney kısımlarında bulunan düşük eğimli zengin alüvyal alanlarda hem narenciye hem de tek yıllık ürünlerin yoğun olarak yetiştirildiği, kuzeye gidildikçe bu arazilerde zeytin gibi çok yıllık türlerin yaygın olduğu görülmektedir. Aynı arazilerin %7.99'unu oluşturan (58.5 km²) bölümü orman alanlarıyla örtüşmektedir. Bu örtüşme, genellikle orman alanlarıyla iç içe geçmiş kırsal üretim bölgelerinde, özellikle geçiş zonlarında ortaya çıkmaktadır. Yapılan değerlendirmede yarı çıplak alanların mutlak tarım arazileri içinde %24.05'lik bir oranla (176.1 km²) dikkat çeken bir çakışma oluşturduğu görülmektedir. Bu durumun nedeni olarak, tarımsal üretim yapılmayan boş ya da nadasa bırakılmış arazilerden veya seyrek ekim yapılan alanlardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Son olarak, bu arazilerin %6.05'ine karşılık gelen (44.3 km²) bölümü şehir yapıları ile işgal edilmiştir. Tarımsal üretim kapasitesi açısından kritik öneme sahip bu alanların yapılaşma baskısı altında kalması, sürdürülebilir arazi yönetimi bağlamında öncelikli müdahale gerektiren bir durumu ortaya koymaktadır. Aslan ve Koç (2020) tarafından yürütülen çalışmada da 1995–2015 döneminde Antalya kent merkezinde kentsel alanların yaklaşık iki katına çıktığı ve bu büyümenin büyük ölçüde tarımsal alanlar üzerinden gerçekleştiği belirtilmiştir. Ayrıca, 2030 yılına kadar artarak devam etmesi öngörülen kentleşme sürecinin, verimli

topraklar ve doğal alanlar üzerindeki baskıyı daha da artıracağı ifade edilmiştir. Onur ve ark. (2009) tarafından Kemer ilçesinde gerçekleştirilen zamansal ve mekânsal analizde ise, 1975–2003 yılları arasında sahil kuşağında yer alan tarım alanlarının önemli bir bölümünün turizm ve konaklama tesislerine dönüştüğü, çok yıllık tarım alanlarında ise %75'e varan kayıpların yaşandığı belirtilmiştir. Kent merkezine yakın tarım alanlarının plansız yapılaşmaya açılması başlıca nedenidir.

Benzer şekilde, ilgili bölgede marjinal tarım arazileri toplamda 2155.8 km²'lik bir alan kaplamakta olup, bu araziler farklı arazi örtüsü sınıflarıyla çeşitli düzeylerde örtüşmektedir. Marjinal tarım arazilerinin %15.83'üne karşılık gelen (341.5 km²) bölümü, seralar ile tek ve çok yıllık tarım alanlarıyla çakışmaktadır. Bu alanların büyük kısmı, eğimli arazilerde yoğunlaşan zeytin üretimine dayalı çok yıllık yetiştiricilikten oluşurken, tek yıllık tarım alanlarının ve seraların sınırlı olması arazi yapısının üretim açısından kısıtlayıcı özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Marjinal tarım arazilerinin %61.82 gibi büyük bir bölümü (1.332,8 km²), orman alanları ile örtüşmektedir. Bu çakışma, ormanla iç içe geçmiş, eğimli ve sınırlı işlenebilirliğe sahip kırsal alanların marjinal olarak değerlendirilmesinden kaynaklanmaktadır. Marjinal tarım arazilerinin %19.51'ine karşılık gelen (420.5 km²) bölümü, yarı çıplak alanlarla çakışmaktadır. Bu durum ise, sınırlayıcı toprak faktörleri nedeni ile tarımsal faaliyetlerin ya çok düşük yoğunlukta yapıldığı ya da toprak yapısının üretime elverişsiz olduğu bölgelerden kaynaklanmaktadır. Marjinal tarım arazilerinin %2.65'ini oluşturan (57.1 km²) alan, yapılaşma faaliyetleri ile örtüşmektedir. Yüzölçümü bazında bakıldığında, en fazla yapılaşmanın bu sınıfta gerçekleştiği görülmekte ve bu eğilim zamanla marjinal tarım arazilerinin daha yoğun yapılaşma baskısı altında kalacağını göstermektedir. Bu çakışma, söz konusu bu alanların genellikle kent çeperinde kalan ve tarımsal üretimi sınırlayıcı faktörlere sahip olması, düşük arazi maliyeti ve gelişime açık konumları nedeniyle yapılaşma süreçlerine dâhil edilmesiyle ilişkilidir.

Yapılan çakıştırma analizinde, mutlak tarım ve marjinal tarın alanlarında olduğu gibi, tarım dışı arazilerde de benzer bir örüntü gözlemlenmiştir. Analizde bölgedeki 367.8 km² büyüklüğünde olan tarım dışı arazilerinin %49.87'sine karşılık gelen (183.4 km²) büyük bir bölümü, seralar ile tek ve çok yıllık tarım alanlarıyla çakışmıştır. Bölgedeki tarım dışı alanların önemli kısmının dik ve çok dik araziler olduğu, sığ, çok sığ toprak derinliği veya aşırı çalılık, taşlılık gibi tarımsal faaliyeti sınırlayan faktörlere sahip olduğu düşünüldüğünde, bu alanlardaki çok yıllık tarımsal üretim faaliyetlerinin yapılma nedeni olarak, özellikle yerleşim alanlarına yakın konumda bulunan bu arazilerin yerel halk tarafından tesviye edilerek farklı tarımsal amaçlarla kullanıldığını veya bu arazilerde yetişebilen bölgeye adapte olmuş zeytin gibi çok yıllık tarım alanlarından kaynaklandığını düşündürmektedir.

Elde edilen bu bulgular, kentsel dönüşünüm yoğun olduğu ilçelerdeki mutlak ve marjinal tarım arazilerinin, yapılaşma ve kullanım baskısı altında olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, hem literatürde ifade edilen geçmişten günümüze uzanan kentleşme baskısını desteklemekte, hem de günümüzde bu baskının farklı tarım arazi türleri üzerinde daha yaygın şekilde etkili olduğunu göstermektedir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, nüfusun giderek çoğaldığı ve bu kapsamda da kentsel büyümenin hızlı bir şekilde arttığı Antalya ilinde şehirleşmenin tarım arazileri üzerindeki etkisinin ortaya konulması amacıyla, UA ve CBS ile 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu kapsamında analiz edilerek mekânsal bir değerlendirme sunulmuştur. Yapılan analizler, şehirleşmenin yalnızca tarım dışı alanlarla sınırlı kalmadığını, aynı zamanda mutlak ve marjinal tarım arazileri üzerinde de yayılım gösterdiğini ortaya koymuştur. Özellikle mutlak tarım arazilerinin %6.05'inin doğrudan şehirleşme baskısı altında olması, tarımsal üretim açısından kritik bir tehdit oluşturmaktadır. Çalışmada kullanılan sınıflandırma yöntemi genel olarak başarılı sonuçlar vermiş; elde edilen %84 genel doğruluk oranı ve 0.78 Kappa katsayısı, analizlerin güvenilirliğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, bazı sınıflar arasında yansıma benzerliği nedeniyle sınıflandırma hataları da oluşmuştur. Elde edilen sonuçlar, kentleşme baskısının mekânsal dağılımının izlenmesinde UA ve CBS tekniklerinin etkinliğini ortaya koymuştur. Özellikle sayısal vektör verilerin ve bu verilere ait öznitelik bilgilerinin uzaktan algılama çalışmalarında önemli bir destekleyici kaynak olduğunu göstermektedir. Nitekim alanda uydu verisi ile yapılan sınıflandırma çalışmalarına, 1:25.000 ölçekli sayısal toprak haritası gibi vektör verilerden üretilen tematik haritaların yeni bilgilerin üretilmesinde ve sınıflandırma sonuçlarının yorumlanmasında önemli bir analiz aracı olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, tüm alanda gerçekleştirilecek olan değerlendirmelerde, daha sağlıklı sonuçların alınabilmesi için raster verilerdeki mekânsal

çözünürlük kısıtlamasında olduğu gibi, sayısal toprak haritalarında da daha büyük ölçekli verilerin kullanılması çalışma doğruluğunu artıracaktır. Ayrıca piksel tabanlı sınıflandırma yöntemleri ana sınıfları ayırt etmekte her ne kadar başarılı olsa da benzer yansıma karakteristiği gösteren nesneler arasında yetersiz kalabiliyor. Buradaki başarıyı arttırmak için nesne ve makine öğrenmesi tabanlı sınıflandırma yöntemleri ve farklı algoritmalar denenebilir. Tek yıla ait görüntü ile yapılan analiz güncel arazi kullanım ve tarım alanlarındaki işgal durumunu net bir şekilde gösterse de şehirleşmenin eğilimini ve yıllar arasındaki artışını tespit etmekte yetersiz kalmıştır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, farklı yıllara ait uydu verilerinin karşılaştırılmasıyla şehirleşme eğilimleri daha ayrıntılı izlenebilir. Ayrıca, bu tür analizlerin yerel yönetimlerin arazi kullanım planlamalarında karar destek aracı olarak kullanılması, tarım arazilerinin korunmasına katkı sağlayacaktır.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için etik kuruldan izin alınmasına gerek yoktur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları olarak aramızda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

Yazarlık Katkı Beyanı

Planlama: Batuhan, K., Sönmez, N.K.; Materyal ve Metot: Batuhan, K., Sönmez, N.K., Çoşlu, M.; Veri toplama ve İşleme: Batuhan, K., Sönmez, N.K.; İstatistiki Analiz: Batuhan, K., Sönmez, N.K., Çoşlu, M.; Literatür Tarama: Batuhan, K., Çoşlu, M.; Makale Yazımı, İnceleme ve Düzenleme: Batuhan, K., Sönmez, N.K., Çoşlu, M

Kaynakça

Anonim (1993). Antalya İli Arazi Varlığı, Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri, Genel Müdürlüğü, Sayısal Toprak Haritası Ankara, Türkiye.

Antalya Valiliği (2025). http://www.antalya.gov.tr (Erişim Tarihi: 26.08.2025)

Aslan, N. and Koç-San, D. (2020). Spatiotemporal land use change analysis and future urban growth simulation using remote sensing: A case study of Antalya. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XLIII-B3-2020: 657–662. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2020-657-2020

Assennato, F., Smiraglia, D., Cavalli, A., Congedo, L., Giuliani, C., Riitano, N., Strollo, A. and Munafò, M. (2022). The Impact of Urbanization on Land: A Biophysical-Based Assessment of Ecosystem Services Loss Supported by Remote Sensed Indicators. *Land*, 11(2): 236. https://doi.org/10.3390/land11020236

Balha, A., Mallick, J., Pandey, S., Gupta, S. and Singh, C. K. (2021). A comparative analysis of different pixel and object-based classification algorithms using multi-source high spatial resolution satellite data for LULC mapping. *Earth Science Informatics*, 14(4): 2231-2247.

Beckers, V., Poelmans, L., Van Rompaey, A. and Dendoncker, N. (2020). The impact of urbanization on agricultural dynamics: A case study in Belgium. *Journal of Land Use Science*, 15(5): 626-643.

Campbell, J. B. and Wynne, R. H. (2011). Introduction to Remote Sensing. Fifth Edition. Guilford Press, New York, U.S.A.

Copernicus (2025). https://www.copernicus.eu (Erişim Tarihi: 15.04.2025)

Çukurlu, G. Y., Sönmez, N. K. and Çoşlu, M. (2024). Investigation of land use/cover changes after the disease pandemic using remote sensing technologies; The case of Antalya Döşemealtı. In: Advances in Architecture, Planning and Design, Ed(s): Aşıkkutlu, H. S., Platanus Publishing, Ankara, Türkiye.

Duque, J. C., Patino, J. E. and Betancourt, A. (2017). Exploring the potential of machine learning for automatic slum identification from VHR imagery. *Remote Sensing*, 9(9): 895.

ESRI. (2023). ArcGIS Pro (Version 3.2). Environmental Systems Research Institute.

ESA (2025). European Space Agency. https://www.esa.int/ (Erişim Tarihi: 15.04.2025)

Everest, T. (2011). Arazi kullanım etkinliğinin değerlendirilmesi: Edirne ili Havsa ilçesi örneği. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(3): 251-257.

Gašparović, M. and Jogun, T. (2018). The effect of fusing Sentinel-2 bands on land-cover classification. *International Journal of Remote Sensing*, 39(3): 822-841.

Güre, M., Özel, M. E. and Özcan, H. (2009). Corine arazi kullanımı sınıflandırma sistemine göre Çanakkale ili. *Harran Üniversitei Ziraat Fakültesi Dergisi.* 13(3):37-48.

HGM (2024). Harita Genel Müdürlüğü. https://www.harita.gov.tr/ (Erişim Tarihi: 15.04.2025)

Khan, S. (2019). The impact of urban expansion on agricultural land use changes in Aligarh, Uttar Pradesh, India. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42: 381-384.

KHGM (1993) Antalya İli Arazi Varlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Etüt ve Proje Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye.

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J. and Rhind, D. W. (2015). Geographic Information Science and Systems. John Wiley & Sons Press, New York, U.S.A.

MGM (2025). Meteoroloji Genel Müdürlüğü. https://mgm.gov.tr (Erişim Tarihi: 26.08.2025)

Moteva, M. and Marinova, B. (2020). Agricultural land protection by spatial planning in Bulgaria. *Geomatics and Environmental Engineering*, 14(3): 89-105.

Onur, I., Maktav, D., Sari, M. and Kemal Sönmez, N. (2009). Change detection of land cover and land use using remote sensing and GIS: a case study in Kemer, Turkey. *International Journal of Remote Sensing*, 30(7): 1749-1757.

Özyavuz, M. (2011). Tekirdağ kent merkezinin zamansal değişiminin uzaktan algılama ile incelenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(1): 65-73.

Pokhariya, H. S., Pandey, R., Kumari, A. and Pandey, M. (2022). GIS and remote sensing-based assessment of urban expansion and its impact on land surface temperature in Haridwar city, India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 25: 100693. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100693

Resmi Gazete (2005). 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu. Resmî Gazete, 25880, 19.07.2005. https://mevzuat.gov.tr (Erişim Tarihi: 15.04.2025)

Sajid, M. (2022). Impact of land-use change on agricultural production & accuracy assessment through confusion matrix. *Pakistan Journal of Science*, 4(4): 233-245.

Sarı, C., (2010). Antalya'nın Genel Coğrafya Özellikleri, Dünden Bugüne Antalya, 1. Cilt, 2. Bölüm, Antalya İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, Antalya, Türkiye.

Sayı, Ö. and Genç, L. (2013). Çanakkale ili arazi kullanım ve bitki örtüsü değişiminin uzaktan algılama yardımı ile belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(3): 64–73.

Seto, K. C., Güneralp, B. and Hutyra, L. R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(40): 16083–16088. https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109

Shalaby, A. A., Ali, R. R. and Gad, A. (2012). Urban sprawl impact assessment on the agricultural land in Egypt using remote sensing and GIS: a case study, Qalubiya Governorate. *Journal of Land Use Science*, 7(3): 261-273. https://doi.org/10.1080/1747423X.2011.562928

Sönmez, N. K., Sarı, M. and Aksoy, E. (2007). Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak sürdürülebilir arazi yönetimi ve toprak koruma planının oluşturulması: Antalya Altınova örneği. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 20(1): 11-22.

Tarım ve Köyişleri Bakanlığı. (2008). T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Toprak Arazi Sınıflaması Standartları Teknik Talimatı ve İlgili Mevzuat. Ankara, Türkiye.

Tehrany, M. S., Pradhan, B. and Jebuv, M. N. (2014). A comparative assessment between object and pixel-based classification approaches for land use/land cover mapping using SPOT 5 imagery. *Geocarto International*, 29(4): 351-369.

Topaloğlu, R. H., Sertel, E. and Musaoğlu, N. (2016). Assessment of classification accuracies of Sentinel-2 and Landsat-8 data for land cover/use mapping. *The International Archives of The Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 41: 1055-1059.

TÜİK. (2024). https://www.tuik.gov.tr (Erişim Tarihi: 15.04.2025)

Varma, M. K. S., Rao, N. K. K., Raju, K. K. and Varma, G. P. S. (2016). Pixel-based classification using support vector machine classifier. *IEEE 6th International Conference on Advanced Computing (IACC)*, 27-28 February, pp. 51-55, Bhimavaram, India. https://doi.org/10.1109/IACC.2016.20

Yüksel, A., Akay, A. E. and Gundogan, R. (2008). Using ASTER imagery in land use/cover classification of eastern Mediterranean landscapes according to CORINE land cover project. *Sensors*, 8(2): 1237-1251.

Zubair, O. A., Ji, W. and Festus, O. (2019). Urban expansion and the loss of prairie and agricultural lands: A satellite remote-sensing-based analysis at a sub-watershed scale. *Sustainability*, 11(17): 4673. https://doi.org/10.3390/su11174673