

# BİTKİ ÖZELLİKLERİ VE YETİŞTİRİCİLİK UYGULAMALARININ SENTİNEL-2A UYDU VERİLERİYLE BUĞDAY EKİM ALANLARININ SINIFLANDIRILMASI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

İdris USLU<sup>1</sup>, Zerrin ÇELİK<sup>2</sup>, Gözen YÜCEERİM<sup>3</sup>, Vural KARAGÜL<sup>4</sup>, Aslı ÖZDARICI OK<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, İzmir, idris.uslu@tarimorman.gov.tr,

<sup>2</sup>Dr., Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İzmir, zerrin.celik@tarimorman.gov.tr

<sup>3</sup>Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, İzmir, gozen.yuceerim@tarimorman.gov.tr

<sup>4</sup>Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, İzmir, vural.karagul@tarimorman.gov.tr

<sup>5</sup>Prof. Dr., Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Tapu Kadastro Yüksekokulu, Ankara, asli.ok@hbv.edu.tr

## ÖZET

Günümüzde artan dünya nüfusu ve yaşanan değişimlere bağlı olarak tarımsal üretimde kaynakların etkinliği, arazi kullanımı ve bitki örtüsünün durumunun bilinmesi karar vericiler için daha da önemli hale gelmiştir. Uzaktan algılama verileri, bitkisel üretim ortamının bölgesel olarak izlenmesi ve bitki yetiştiriciliğinde sezon içi süreçlerin yönetimi için önemli bir veri kaynağı oluşturmaktadır. Bu çalışmada İzmir Menemen Ovasına ait 2023 yılı Sentinel-2A uydu verileri kullanılarak buğday bitkisine yönelik ekim zamanı, ekim yöntemi, buğday çeşidi, yabancı ot ve yatma durumu özelliklerinin görüntü sınıflandırması üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla literatürde iyi bilinen Destek Vektör Makineleri (SVM) ve Rastgele Orman (RO) yöntemleri incelenmiştir. Buğday parsellerinin sınıflandırılmasında erken ekilen parcel verileri ile yapılan sınıflandırma sonuçlarının genel doğruluğu ve Kapa değerleri her iki yöntemde sırasıyla %85, %0,70 ve %78, 0,46 olarak hesaplanırken, serpmek ekim yöntemi ile ekilen parseller ile yapılan sınıflandırma sonuçları her iki yöntemde %90, 0,80 ve %79, 0,58 olarak bulunmuştur. Bölgede en yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan buğday çeşidini içeren parcel verileri ile yapılan sınıflandırma sonuçlarının (DVM: %88, 0,73; RO: %86, 0,72) diğer özelliklere göre her iki yöntemde de daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Öte yandan geç ekim, yabancı otlu ve yatık buğday verilerine göre yapılan sınıflandırma sonuçlarında kullanılan iki yöntem arasında önemli bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** agronomik faktörler, bitki özellikleri, buğday, destek vektör makineleri, rastgele orman

## ABSTRACT

### THE EFFECT OF PLANT CHARACTERISTICS AND CULTIVATION PROCESSES ON THE CLASSIFICATION OF WHEAT AREAS USING SENTINEL-2A SATELLITE DATA

In the present day, due to the increasing world population and the changes experienced, it has become even more important to understand the efficiency of resources in agricultural production, land use and the state of vegetation for decision makers. Remote sensing data is a critical data source for the regional monitoring of the plant production environment and the administration of in-season processes in plant cultivation. The Sentinel-2A (2023) satellite data of the İzmir Menemen Plain was employed to conduct this study. To determine planting areas using the satellite data, this study examined the impact of wheat variety, planting method, planting timing, weed features and lying status of the wheat plant on image classification. Two distinguished machine learning methods in the literature (Support Vector Machines (SVM) and Random Forest (RO)) were analyzed in the study. The overall accuracy (OA) and Kappa (K) values of the classification results obtained from the early sown parcel data in the classification of wheat field parcels were calculated as OA:85%, K:0.70 and OA:78%, K:0.46, respectively for SVM and RF method. Parcels planted with the broadcast seeding method had classification scores of OA:90%, K:0.80 for SVM and OA:79%, K:0.58 for RF. It was determined that the classification results obtained using parcel data containing the most commonly grown wheat variety in the region were superior in both methods (DVM: 88%, 0.73; RO: 86%, 0.72). On the other hand, it was discovered that there was no discernible difference between the two approaches in the classification findings based on late sowing, weedy, and lying wheat data.

**Key Words:** agronomic factors, crop characteristics, random forest, support vector machines, wheat

## 1. GİRİŞ

Tarımda kullanılan etkili teknolojilerden birisi uydu verilerinin sınıflandırılmasıyla ekim alanları ve ürün desenlerinin belirlenmesidir. Tarım alanları ve ürün desenlerini değerlendirmek için yer gözlemlerinden elde edilen verilerle Sentinel 2A uydu programının sağladığı uydu verilerinin analizleri yaygın olarak yapılmaktadır (Yaşar ve Yağcı, 2023). Bursa Karacabey Ovası için yapılan bir çalışmada mısır, domates, biber, çeltik, şeker pancarı ve buğday bitkilerinin ekim alanlarını SPOT 5 görüntüsü üzerinde Rastgele Orman (RO) ve En Çok Benzerlik (EÇB) sınıflandırma yöntemleri ile sınıflandırılmıştır (Özdarıcı vd. 2011). Sonuçlara göre, RO sınıflandırma yönteminde ortalama genel doğruluk oranı %85.89 olurken, EÇB sınıflandırma yöntemi ile %77.96 olmuştur. Bağdatlı vd. (2016) tarafından yapılan diğer bir çalışmada Nevşehir ilinin Sarıhıdır yöresi için kaydedilen Göktürk-2 verisi

kullanılarak tarım alanlarında yetiştirilen ürün türleri sınıflandırılmıştır. Görüntü sınıflandırması, güvenilirliği kanıtlanmış kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden EÇB ve Destek Vektör Makineleri (DVM) yöntemleri ile yerine getirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre genel doğruluk oranı EÇB yönteminde piksel tabanlı olarak %81.74 olurken parsel tabanlı olarak %87.79; DVM yönteminde piksel tabanlı olarak %82.7 olurken parsel tabanlı olarak üretilen genel doğruluk oranı ise %90.4 olarak kaydedilmiştir. Farklı bir çalışmada Bursa ili, Karacabey ilçesinde yüksek konumsal çözünürlüklü IKONOS uydu görüntüsünden tarımsal alanlarda nesne-tabanlı sınıflandırma yöntemi ile ürün deseni tahmin edilmiştir. Domates, mısır, biber, buğday, çeltik ve şeker pancarı ürünleri %87.5 genel doğruluk ile sınıflandırılmıştır (Tavus vd. 2019). Bir diğer çalışmada Torunlar vd. (2021) tarafından Konya ili Karapınar ilçesinin yüksek çözünürlüklü Sentinel-2A uydu görüntüleri kullanılarak nesne tabanlı sınıflandırma yöntemine göre tarımsal ürün deseni %82 genel doğruluk oranı ve 0,76 Kappa katsayısı ile belirlenmiştir. Karabalut vd. (2021) ise 2018 yılında Kırklareli’nde ayçiçek ekili alanları Sentinel 2A görüntüleri ile ekim alanlarının belirlenmesinde nesne yönelimli sınıflandırma yaklaşımı geliştirmişlerdir. Çalışma sonunda hata matrisi ve doğruluk oranları erken ekim ayçiçeği ve geç ekim ayçiçeği alanları için sırasıyla %98 ve %92 olmuştur.

Bitkisel üretimin geniş alanlarda yapılması nedeniyle olumsuz hava koşullarının etkilerinin izlenmesi, gübreleme, sulama gibi uygulamaların yönetilmesi, ekim alanları ve verim tahminlerinde bulunmak için uydu verilerinden yararlanılmaktadır. Uzaktan algılama verilerinin doğru bir şekilde kullanımı, görüntü sınıflandırma işlemi üzerine etkili çevre faktörlerinin iyi anlaşılmasını gerektirmektedir. Tarım ürünlerinin gelişmelerinin incelenmesinde ekim zamanı, olgunluk ve hasat zamanını bilmek genel olarak yeterli olmaktadır. Ancak, aynı bitki türü için parseller arası ekim zamanında bir aylık fark önemli değerlendirme hatalarına yol açabilmektedir. Benzer şekilde, ekim sıklığı, sıraların ekim yönü ve çeşit farklılığı gibi tarım uygulamaları önemli yansıma farkları oluşturabilmektedir (Jensen 2016).

Bu çalışmada güncel ürün deseninin belirlenmesine etki eden etmenleri incelemek amacıyla Sentinel-2A uydu görüntüsü kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden RO ve DVM sınıflandırma yöntemleri kullanılarak doğruluk analizleri uygulanmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla görüntü sınıflandırmasına etki eden tarımsal yetiştiricilik işlemleri ve parselde bulunan bitki özelliklerinin etkilerine dikkat çekilerek ekili alanlardaki bitki örtüsünün belirlenmesi, ürün izleme ve verim tahmini çalışmalarında doğruluk oranlarının artırılmasına katkı sağlamak hedeflenmiştir.

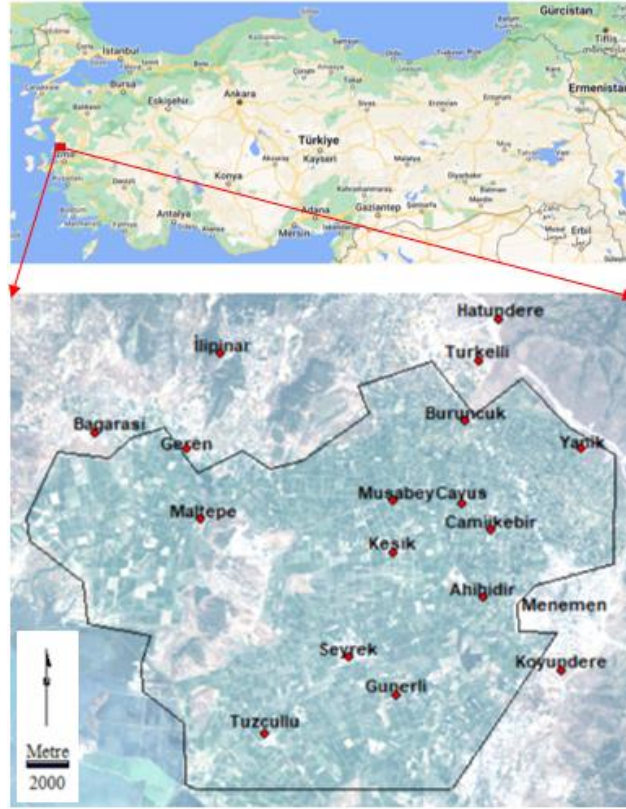
## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Materyal

Bu bölümde araştırma alanının iklim özellikleri, konumu ve tarımsal yapısı hakkında bilgiler verilmektedir.

**2.1.1. Araştırma alanının iklim özellikleri:** Ege Bölgesi, makro iklim özelliği yönünden Akdeniz iklim tipine girmektedir. Yazların sıcak ve kurak, kışların ise ılık ve yağışlı olduğu Menemen’de 1954-2022 yılları iklim verileri ile toplam yıllık yağışın 544.7 mm olduğu hesaplanmıştır. Bu yağışın %50.7’si kış, %24.0’ü ilkbahar, %22.5’i sonbahar ve %2.8’si yaz aylarında düşmektedir. Ortalama sıcaklığın 17.1 °C, en sıcak ayın ortalaması 27.1 °C ile Temmuz ve en soğuk ayın ortalaması ise 7,9 °C ile ocak ayıdır. Ortalama nispi nem %58.8, en yüksek ve en düşük değerler ise %68.4 ve %47.4 sırasıyla aralık ve temmuz aylarında gerçekleşmiştir. Toplam buharlaşma 1567.2 mm olurken en yüksek ve en düşük aylık buharlaşma değerleri 264 ve 50 mm ile temmuz ve ocak aylarında gerçekleşmiştir (Anonim 2023a).

**2.1.2. Çalışma alanı:** Araştırmanın yürütüldüğü Menemen Ovası 38°26’ ile 38°40’ kuzey enlemleri ve 26° 40’ ile 27° 07’ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Menemen Ovası olup 33545 ha alanı kapsamaktadır. Ortalama denizden yüksekliği 10,3 m’dir (Anonim 1971). Araştırma alanının kuzey batısında Foça ilçesine bağlı 3 mahalle (Bağarası, Geren ve Ilıpınar) yer alırken diğer 13 mahalle (Ahıhdır, Buruncuk, Camiikebir, Çavuş, Günerli, Kesik, Koyundere, Maltepe, Musabey, Seyrek, Tuzçullu, Türkelli, Yanık) Menemen ilçesine bağlıdır. Araştırma alanının sol üst köşe koordinatı 483910 4281520, sağ alt köşe koordinatı ise 508560 4260740 ve projeksiyonu UTM (WGS84)’dir (**Şekil 1**).



Şekil 1. Araştırma alanı.

**2.1.3.Çalışma alanında buğday üretimi:** Son 5 yıl içerisinde buğday ekiliş alanları ve üretim miktarında İzmir il geneli, Menemen ve Foça ilçesinde artışlar görülmektedir. Birim alan başına alınan buğday verimleri ( $\text{kg da}^{-1}$ ) ise Menemen ve Foça ilçelerinde aynı düzeylerde seyrederken özellikle son iki yılda İzmir ili ortalamasından daha yüksektir. Araştırma alanı, buğday ekim alanı bakımından İzmir ilinin yaklaşık beşte birini (%19), üretim miktarı bakımından da yaklaşık dörtte birini (%24) oluşturmaktadır (Anonim 2023b).

Çalışma alanının başta buğday olmak üzere ürün deseninin belirlenmesine yönelik yapılan görüntü sınıflandırması için bitkinin toprak üstü kısımlarının gelişimini tamamladığı dane dolumu (süt olum, sarı olum) dönemlerine rastlayan 22.04.2023 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsü kullanılmıştır. Sentinel-2 uydu görüntüleri toplamda 13 farklı banttan oluşmasına rağmen, bitki örtüsünü vurgulamadaki başarısı nedeniyle tarımsal uygulamalarda yaygın olarak B2, B3, B4 ve B8 bantları kullanılmaktadır (Çizelge 1) (Anonim 2024). Araştırmada, Sentinel 2A uydu görüntülerinin atmosfer altı yansıtım değerlerini içeren seviye 2A görüntüleri [www.copernicus.eu/en](http://www.copernicus.eu/en) sitesinden indirilerek kullanılmıştır. Görüntü analizleri TerrSet yazılımı kullanılarak yerine getirilmiştir.

Çizelge 1. Sentinel-2 uydu görüntüleri, bantlara göre çözünürlükleri ve kullanım alanları (Anonim 2024)

Bant	Çözünürlük	Dalga boyu	Açıklama
B1	60 m	443 nm	Ultra Mavi
B2	10 m	490 nm	Mavi
B3	10 m	560 nm	Yeşil
B4	10 m	665 nm	Kırmızı
B5	20 m	705 nm	Görünür ve Yakın Kızıl Ötesi (VNIR)
B6	20 m	740 nm	Görünür ve Yakın Kızıl Ötesi (VNIR)
B7	20 m	783 nm	Görünür ve Yakın Kızıl Ötesi (VNIR)
B8	10 m	842 nm	Görünür ve Yakın Kızıl Ötesi (VNIR)
B8a	20 m	865 nm	Görünür ve Yakın Kızıl Ötesi (VNIR)
B9	60 m	940 nm	Kısa Dalga Kızıl Ötesi (SWIR)
B10	60 m	1375 nm	Kısa Dalga Kızıl Ötesi (SWIR)
B11	20 m	1610 nm	Kısa Dalga Kızıl Ötesi (SWIR)
B12	20 m	2190 nm	Kısa Dalga Kızıl Ötesi (SWIR))

## 2.2.Yöntem

**2.2.1.Ekim alanlarının sınıflandırılması:** Buğday ekim alanları uydu görüntüsünün segment tabanlı sınıflandırılması ile belirlenmiştir. Bunun için Sentinel2A uydu görüntüsünün B2 (mavi), B3 (yeşil), B4 (kırmızı) ve B8 (infrared) bantları segmentlere (nesnelere) ayrılmıştır. Segment tabanlı görüntü sınıflandırması temel olarak iki aşamada uygulanmaktadır: Segmentasyon- nesne çıkarımı ve görüntü sınıflandırma. i) Segmentasyon- nesne çıkarımı: Segmentasyon kavramı, görüntüyü oluşturan en küçük görüntü elemanı olan piksellerin komşuluk ve benzerlik kriterlerine göre gruplara ayrılarak homojen yapıdaki nesnelere dönüştürülme işlemidir. Araştırmada segmentlere ayırma yöntemi olarak sınır tabanlı segmentasyon yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemde önce uç değerlere sahip pikseller belirlenir ve segment boyunca belirlenen maksimum pikseller çeşitli takip algoritmalarıyla başlangıç noktasına gelinceye kadar tespit edilerek segmenti çevreleyen sınırlar ortaya çıkarılmaktadır (Ok 2017). Genel segmentasyon eşitliği:

$$S_f = w_{color} \cdot h_{color} + (1 - w_{color}) \cdot h_{shape} \quad (1)$$

şeklinde. Eşitlikte  $h_{color}$  renk kriteri,  $w_{color}$  renk ağırlık faktörü,  $h_{shape}$  ise şekil kriteridir. Kullanıcı tarafından belirlenen renk ve şekil katsayısı  $0 \leq w_{color} \leq 1$  aralığındadır (Jensen 2016). Araştırmada segmentler uydu görüntüsünün bantları üzerinde 3x3 hareketli penceresi, (0) benzerlik oranı, (0,5) ağırlık ortalama katsayısı ve (0,5) ağırlık varyans katsayısına göre havza (watershed) algoritması ile yapılmıştır (Egberth ve Nilsson 2010). Segmentlere ayırma işleminde genelde uygun sonuçlar veren 3x3 penceresi seçilmiştir. Benzerlik oranı olarak 0, 5, 10 ve 20 benzerlik oranları denenerek segment büyüklüğü ile parsel büyüklüğü incelenmiştir (Eastman 2016). Araştırma alanında küçük parsellerin yer alması nedeniyle 10 benzerlik oranı tercih edilmiştir. Küçük ve büyük parseller için üretilen segmentler Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Büyük parsel ve küçük parselde segmentler

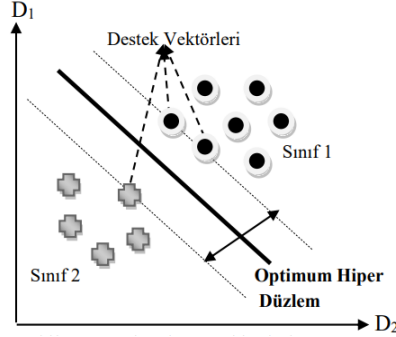
ii) Görüntü sınıflandırma: Görüntü sınıflandırma, görüntüyü oluşturan benzer spektral yansıma özelliğine sahip piksellerin algoritmalar yardımıyla benzer sınıflara ayrılması işlemidir. Segment tabanlı görüntü sınıflandırma işleminde ise görüntü segmentlerine ait bütünlük bilgileri değerlendirilmektedir. Bu sayede segment tabanlı sınıflandırma yaklaşımı, piksel tabanlı doku bilgisine göre genellikle daha fazla sınıflama doğruluğu potansiyeline sahip olmaktadır. Sınıflama işleminin doğruluğunu belirlemede genel doğruluk, kullanıcı ve üretici doğruluğunu içeren hata matrisi ve Kappa istatistiği yaygın olarak kullanılmaktadır (Ok 2017).

Çalışmanın bir önceki aşamasında elde edilen segmentler araştırma alanından seçilen üçer adet buğday, karamba (İtalyan çimi), yonca ve fiğ segmentleriyle nesne tabanlı olarak (Ozdarici Ok ve Akyurek 2014; Tavus vd. 2019; Torunlar vd. 2021; Karabulut vd. 2021) RO ve DVM yöntemlerine göre sınıflandırılmıştır.

**2.2.2.Rastgele orman sınıflandırma yöntemi:** Yöntemin temeli, birden çok karar ağacının ürettiği tahminlerin bir araya getirilerek değerlendirilmesine dayanır (Breiman 2001). Kısaca, her ağaç bir sınıf tahmin etmekte ve bu sınıflardan en çok oyu alan model tahmini oluşturmaktadır. Kontrollü sınıflandırma tekniğinde doğruluk, ağaç sayısı, düğüm, dal ve yaprak ile doğru orantılı olarak değişmektedir (Özlem ve Görmüş 2019). Rastgele orman ile karar ağacı yöntem olarak birbirlerine benzese de temel fark rasgele ormanda düğümlerin ve dalların oluşumunun rastgele olarak gerçekleşmesidir. Diğer makine öğrenme algoritmalarında olduğu gibi bu yöntemin uygulanması için bazı parametrelerin önceden belirlenmesi gerekmektedir. Uygulamada bu yöntem kullanılırken öncelikle rastgele oluşturulacak orman sayısı ve değişken sayısını belirlenir (Arıkan ve Yıldız, 2023). Bu çalışmada, bir düğümü bölebilmek için gereken değişken sayısı 1 ve ormandaki ağaç sayısı ise tahminleyici sayısı olarak 100 olarak kullanılmıştır.

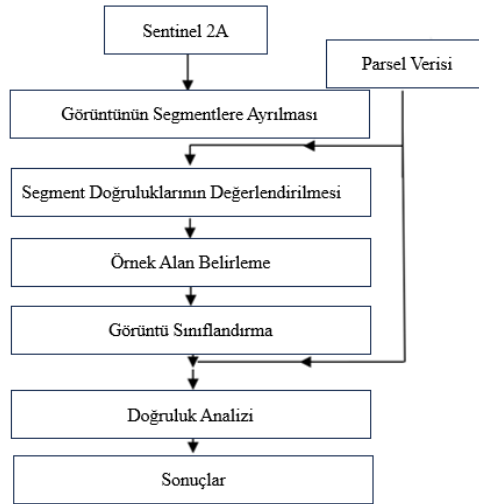
**2.2.3.Destek vektör makineleri (DVM):** DVM uzaktan algılamada kullanılan bir diğer makine öğrenmesi yöntemidir. DVM'ler eğitim örneklerini kullanarak sınıflar arasında en uygun ayırma düzlemini bulmaya yarar (Foody ve Arthur 2006; Van der Linden ve Hostert 2009). Bu durumda 2 sınıf arasında en yakın 2 eğitim

verisindeki mesafe maksimize edilerek optimum ayırma düzlemi aranır. Optimum hiper düzlem sınıfları ayırabilen en etkili ayırma düzlemidir (Meyer 2014). Şekil 3'te noktalarla çizilmiş sınırlarda yer alan noktalar destek vektörleridir. Şekildeki gibi düz bir ayırma düzlemi bulunmadığında veri noktaları kernel teknikleri ile daha yüksek boyutlu uzaya alınır. Bu işlemi yapan algoritma destek vektör makineleri olarak adlandırılır. Kernel fonksiyonlarının seçimi sınıflandırma sonuçları için önemlidir. Yaygın olarak kullanılan kernel tipleri doğrusal, polinom, Gauss, Sigmoid, spectral angle mapper'dır. Bu çalışmada genellikle daha güvenilir sonuçlar veren (Bağdatlı vd. 2016; Eastman 2016) radyal temelli fonksiyon kerneli kullanılmıştır.



Şekil 3. Destek Vektör Makineleri (Akar ve Görmüş, 2018)

Çalışmada izlenen işlem aşamaları Şekil 4'te gösterildiği gibidir. İşleme hazırlanan uydu görüntüsü piksel tabanlı sınıflandırmaya göre literatüre göre daha yüksek doğruluk sağladığı için segmentlere ayrılır. Segmentlerin parsel boyutları ile uyumunun denetlenmesinin ardından sınıflandırma öncesi örnek alanlar ile eğitim verisi belirlenir. Belirlenen yöntemlere göre görüntü sınıflandırıldıktan sonra elde edilen sınıfların doğruluk analizi yapılır ve sonuçlar değerlendirilir.



Şekil 4. Araştırmanın yöntem aşamaları

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

**3.1.2023 Yılı buğday yetiştirme sezonu ve buğday yetiştiriciliği:** 2023 yılı buğday ekiminin başlangıç dönemi olan 2022 yılı Eylül ve Ekim aylarında araştırma alanında yağışın olmaması buğday ekiminde gecikmelere neden olmuştur. Toplam yağış miktarı Ekim-Haziran ayları için uzun dönem ortalaması 527.7 mm iken bu sezonda 573 mm; buharlaşma değerleri ise sırasıyla 917.7 mm ve 1926 mm olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca Haziran ayında ölçülen yaklaşık 70 mm'lik yağış bazı bölgelerde hasadın gecikmesine neden olmuştur. Ortalama, maksimum ve minimum sıcaklıklar bakımından ise ekstrem bir durum gözlenmemiştir (Uslu vd. 2023), (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** 2023 Su yılına ait meteorolojik elemanların aylık ortalama değerleri (Anonim 2023a).

Ay	Sıcaklık Değerleri (°C)			Nem (%)	Yağış (mm)	Buharlaşma (mm)
	Ort.	Maks.	Min.			

Ekim	19,6	35,8	7,6	54,1	0,0	279,3
Kasım	15,7	29,1	6,6	64,4	54,4	217,0
Aralık	12,5	22,9	3,3	77,1	55,0	188,1
Ocak	10,4	20,0	2,8	75,4	127,8	180,5
Şubat	8,6	22,4	-0,6	63,3	17,2	145,2
Mart	12,6	22,9	2,1	74,0	126,8	181,5
Nisan	15,1	24,2	6,5	69,6	98,4	195,6
Mayıs	19,7	33,0	9,4	66,2	24,0	233,4
Haziran	24,9	36,2	16,3	60,7	69,4	305,5

Araştırma alanında görüşme yapılan 130 üreticiden alınan bilgiye göre buğday ekimi denizden yüksek yerlerde daha erken olmak üzere 2022 yılının Ekim ayından 2023 yılının Ocak ayına kadar yapılmıştır. Oden ve ark. (2002)'nin Ege Bölgesi'nde 1970-1998 yılları arasındaki buğday yetiştiriciliğinin incelediği araştırmada en uygun buğday ekim zamanı olarak belirlenen 10-20 Kasım dönemine göre üreticilerin %48'i için ekim zamanında gecikme yaşandığı görülmektedir. Buğday ekiminde serpmeye ve mibzerle ekim yapan üreticiler yarı yarıya ve eşit bulunmuştur. Araştırma bölgesinde 13 buğday çeşidinin yetiştirildiği ve üreticilerin %73'ü kullandığı buğday çeşidini son 5 yılda değiştirdiği belirlenmiştir. Fosforlu ve azotlu gübrelerle hiç gübreleme yapmayan üreticiler olduğu gibi miktar olarak çok fazla kimyasal gübre kullanan, oran olarak 41 kg da<sup>-1</sup> saf azot ve 21 kg da<sup>-1</sup> saf fosfor uygulayan üreticilere de rastlanmıştır. Yabancı ot ve pas için birer ilaçlamanın yaygın olarak yapıldığı belirlenmiştir (Uslu vd. 2023).

**3.2.Ekim alanlarının belirlenmesi:** Bu bölümde 22.04.2023 tarihli Sentinel 2A uydu verilerinden buğday ekim alanlarını sınıflandırma sonuçları incelenmiştir. Bunun için önce araştırma alanından parsel verisi toplanmıştır. Menemen Ovası'nda yapılan yer gözlemleriyle buğday, bezelye, fiğ, karamba (İtalyan çimi) ve yonca parsellerinin yaygın olduğu belirlenmiştir. Sınıflandırmada eğitim verisi olarak kullanılan segmentler erken ekim yapılan parseller, geç ekim yapılan parseller, serpmeye ekim yapılan parseller, bölgede hâkim buğday çeşidinin bulunduğu parseller, en az %10 yatma bulunan parseller ve en az %5 yabancı ot bulunduran parsellerden seçilmiştir. Araştırmada birden çok özellik bulunduran parseller ve özellik etkileşimleri incelenmemiştir.

Bir sonraki aşama görüntü sınıflandırması öncesinde eğitim verisinin hazırlanma aşamasıdır. Segmentlere ayrılmış uydu görüntüsü üzerinde her bir özellik sınıfı için 3 segment seçilmiştir. Sınıflandırma RO ve DVM yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir. Her bir sınıflandırma işleminde 1 buğday özellik sınıfı ile birer bezelye, fiğ, karamba ve yonca sınıfları yer almıştır. Doğrulama matrisi oluşturulurken her bir buğday özellik sınıfı için 10, diğer bitki türleri için ise 15'er kontrol noktası belirlenmiştir. Sınıflandırma sonuçlarında bezelye, fiğ, karamba ve yonca bitki türleri "diğer" sınıfı olarak gösterilmiştir (Sarı vd. 2007).

**Şekil 5'**te 22 Nisan 2023 tarihli Sentinel 2A uydu verileriyle yapılan sınıflandırma sonuçları görülmektedir. Sınıflar buğday (kırmızı), diğer türlere aittir.



**Şekil 5.** Araştırma alanında DVM yöntemi ve serpmeye ekim özelliği ile elde edilmiş sınıflandırma sonucu.

Uygulamada sınıflandırma için en yaygın kullanılan doğruluk ölçütü genel doğruluktur. Sınıflandırma genel doğruluğu, üretilen harita üzerindeki sınıf bilgisi ile yer bilgisi arasındaki uyumu göstermektedir. Kullanımı kolay ve pratik olmasına karşın genel doğruluk ölçütü her bir sınıf için sınıflandırma performansı hakkında bilgi vermez. Bu nedenle, her bir sınıf için üretici doğruluğu ve kullanıcı doğruluğu değerleri hesaplanır. Üretici doğruluğu gerçekten ait olduğu sınıfa atanan görüntülerin o sınıfa ait referans verisi içindeki oranıdır. Kullanıcı doğruluğu ise

bir sınıfa atanan örüntülerin gerçekten bu sınıfa ait olma doğruluğudur. Diğer bir deyişle sınıflandırma kullanılırken herhangi bir sınıf, sahip olduğu kullanıcı doğruluğu kadar güvenilirdir (Özkan 2016).

RO yöntemi kullanılarak erken ekim yapılan parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma sonucu **Çizelge 3**'te gösterilmiştir. **Çizelge 3**'te bulunan sınıflandırma sonucuna göre genel doğruluk %90 ve Kappa değeri %80 oranındadır. Harita üzerindeki sınıflandırma sonucu (üretici doğruluğu) buğday ve diğer sınıfları için sırasıyla %93 ve %88; yer gözlemine göre (kullanıcı doğruluğu) ise buğday ve diğer sınıfları için sırasıyla %87 ve %93 olarak belirlenmiştir.

**Çizelge 3.** SVM yöntemi kullanılarak serpmek ekim yapılan parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma doğruluğu

	Buğday	Diğer	Sütun Toplamı	Kullanıcı Doğruluğu
Buğday	52	8	60	0.87
Diğer	4	56	60	0.93
Satır Toplamı	56	64	120	
Üretici Doğruluğu	0.93	0.88		
	Genel Doğruluk	0.90	Kappa değeri	0.80

Sınıflandırma sonuçlarına göre erken ekim yapılan parsel verisiyle elde edilen genel doğruluk ve Kapa değerleri RO yöntemi için %78 ve %46, geç ekim yapılan parsel verisiyle %80 ve %60, serpmek ekim yapılan parsel verisiyle %79 ve %58, yaygın çeşidin bulunduğu parsel verisiyle %86 ve 72, ürünün yatık olduğu parsel verisiyle %78 ve %57 ve yabancı otlu parsel verisiyle ise %83 ve %67 olarak hesaplanmıştır. Sınıflandırma doğruluklarına DVM yönteminde bakıldığında erken ekim yapılan parsel verisiyle elde edilen genel doğruluk ve Kappa değerleri %85 ve %70, geç ekim yapılan parsel verisiyle %82 ve %63, serpmek ekim yapılan parsel verisiyle %90 ve %80, yaygın çeşidin bulunduğu parsel verisiyle %88 ve 73, ürünün yatık olduğu parsel verisiyle %80 ve %60 ve yabancı otlu parsel verisiyle ise %79 ve %58 olarak bulunmuştur. Bulgulara göre buğday ekili parsellerde tarımsal uygulamalar ve bitki özellikleri uydu görüntüsü sınıflandırma doğruluklarını değiştirebildiği gibi kullanılan görüntü sınıflandırma algoritmalarının da sonucu etkilediği görülmektedir. (**Çizelge 4**).

**Çizelge 4.** DVM ve RO yöntemleri kullanılarak yapılan sınıflandırma doğruluğu

	RO		DVM	
	% GD	% Kappa	% GD	% Kappa
Agronomi ve bitki				
Erken ekim	78	46	85	70
Geç ekim	80	60	82	63
Serpmek ekim	79	58	90	80
Yaygın çeşit	86	72	88	73
Yatık olma durumu	78	57	80	60
Yabancı otlu olma durumu	83	67	79	58

Erken ekim ve geç ekim parselleriyle yapılan sınıflandırma sonuçlarının genel doğruluk oranları RO yöntemine göre sırasıyla %68 ve %89; DVM yöntemine göre ise %74 ve %79 olarak bulunmuştur. Eğitim verisi erken ekim ve serpmek ekim yapılan parsellerden seçildiğinde sınıflandırma doğruluğu RO yönteminde daha düşük olurken, DVM yöntemiyle yapılan sınıflandırma sonuçları daha yüksek bulunmuştur. Erken ve geç ekimde DVM yönteminin daha yüksek sonuçlar vermesi sınıflandırma yönteminin başarısından kaynaklanmış olabilir. Buğday ekimi araştırma alanında ağırlıklı olarak 20 Kasım ve 20 Aralık zamanlarında gerçekleştirilmiştir. Aynı bitki türü için parseller arası ekim zamanında bir aylık farkın önemli değerlendirme hatalarına yol açabildiği bildirilmiştir (Jensen 2016). Araştırma alanında buğday ekimi kasım ve aralık aylarında yapılmıştır. Ekim zamanı ekilen tohum miktarı, parsel

çinde çimlenme ve çıkış zamanında farklılık oluşturması ve bitki yoğunluğuna etki etmesi nedeniyle sınıflandırma doğruluğuna etki edebilen bir özelliktir. Karabulut vd. (2021) 2018 yılında Kırklareli’nde ayçiçek ekili alanları Sentinel 2A görüntüleri ile ekim alanlarının belirledikleri çalışmada doğruluk oranları ayçiçeği alanları için erken ekim ve geç ekim özelliklerine göre sırasıyla %98 ve %92 olarak bulunmuştur.

Araştırmada bitki çeşidi (yaygın çeşit) dikkate alınarak yapılan sınıflandırma ile her iki sınıflandırma yönteminde de yüksek değerlerde sınıflandırma sonuçları elde edilmiştir. Bu genel doğruluklara göre RO sınıflandırması yaygın çeşit kullanıldığında en yüksek sonucu sağlamıştır (GD: 86, K: 72). DVM içinde benzer sonuçlar elde edilmiştir (GD: 88, K: 73). Bu sonucun bitki türü, bitki yüksekliği ve bitki biyo kütle miktarına bağlı olarak yansıma değerlerindeki değişimden kaynaklanabileceği bildirilmektedir (McCoy 2005). Yaygın çeşit için hesaplanan RO ve DVM sonuçlarının Kappa değerleri ile de uyum gösterdiği görülmektedir. DVM yöntemi için serpme ekimin uygulandığı görüntü parselleri en yüksek sonucu vermiştir (GD: 90, K: 80). Serpme ekim yöntemi bitki tohumlarının çimlenme ve topraktan çıkış zamanında farklar oluşturan, düzensiz bitki sıklığına neden olan ve tekdüze gelişimi azaltan bir yöntem (Gökkuş vd. 1998) olduğundan bitki yüksekliği ve biyokütle gelişiminde farklılıklar oluşturur. Serpme ekimde DVM ve RO yöntem sonuçlarında oluşan fark kullanılan sınıflandırma yöntemine bağlı olarak da ortaya çıkmış olabilir. Diğer taraftan, geç ekim, bitkilerde yatma olması ve parselin yabancı otlu olması özelliklerinin yöntemler arasında sınıflandırma sonuçlarını değiştirecek bir farklılık meydana getirmediği belirlenmiştir.

Bu araştırmada elde edilen doğruluk oranlarının benzer çalışma sonuçları ile uyumlu olduğu görülmektedir. Özdarıcı vd. (2011) tarafından Karacabey Ovası’nda yetiştirilen 5 farklı ürün sınıfının SPOT 5 görüntüsü kullanılarak yapılan sınıflandırması sonucu RO yöntemi ile elde edilen genel doğruluk ve Kappa değerleri sırasıyla %85.89 ve % 67.82 olarak bulunmuştur. Tunca ve Köksal (2020) Amasya’da buğday, fiğ, kenevir, yonca, mera, şeker pancarı ve soğan ürünlerini Sentinel 2 uydu görüntüsü üzerinde DVM yöntemiyle %75.9 genel doğrulukla sınıflandırmışlardır. Diğer bir çalışmada Çatal Reis ve Yılcı (2020) DVM Harran Ovası pamuk alanlarını Landsat-5 görüntüleri üzerinde %95-%98 genel doğrulukla sınıflandırmışlardır.

Araştırmada elde edilen sınıflandırma sonuçlarına ait genel sınıflandırma doğruluğu (%78- 90) ve Kappa değerleri (%46-80) incelenen özelliklere bağlı olarak değişen oranlarda bulunmuştur. Tarımsal üretimde sınıflama doğruluğunun %85 olması genel olarak yeterli görülmele birlikte, ekili alanların belirlenmesinde %15 oranındaki hata payı gıda güvenliği yönetimi veya piyasaları yönetmek için azaltılmalıdır (Gallego vd. 2010). Araştırmada Kappa değerlerinin 0.46-0.80 arasında olması yer gözlem bilgisi ile sınıflandırılan harita bilgisi arasında orta derecede bir uyum olduğunu göstermektedir. Kappa değerinin >0.80 olması yer gözlem bilgisi ile sınıflandırma sonucu arasında güçlü bir uyum olduğuna, 0.40- 0.80 arasında olması ise orta derecede bir uyum olduğuna işaret etmektedir (Jensen 2016). Çalışmalarda Kappa değerlendirme aralığını 0.40-0.75 olarak da değerlendirildiği görülmektedir (Mather 1999).

#### 4. SONUÇ

Araştırmada Menemen Ovası’nda buğday yetiştirilen alanlar Sentinel2A uydu görüntüsüyle sınıflandırılmıştır. Çalışmada RO ve DVM yöntemleri ile sınıflandırma yapılmıştır. En güvenilir sınıflandırma sonuca ulaşabilmek için görüntü üzerinde bitki özellikleri ve yetiştiricilik işlemlerinin etkisi test edilmiştir. Araştırmada buğday parsellerinin erken ekim, ekim yöntemi (serpme ekim) ve yaygın çeşit özelliğinin sınıflandırma doğruluğunu önemli ölçüde etkilediği gözlenmiştir. Geç ekim, buğday yatma durumunu ve yabancı ot durumu özelliklerinin ise sınıflandırma sonuçlarını önemli derecede değiştirmedikleri sonucuna varılmıştır. Benzer şekilde fiğ ve yonca gibi bitkilerin dik, yarı yatık ve yatık gövde formları ve birden fazla biçim yapılabilen yonca ve karamba için bitki yükseklikleri uydu görüntülerinden ürün deseni belirleme çalışmalarının sonucuna etki edebilmektedir. Araştırma sonuçlarının ekili alanlar ve ürün deseninin belirlenmesi ile ürün izleme ve verim tahmini çalışmalarının doğruluğunu artırmaya katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

#### TEŞEKKÜR

Bu araştırma T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Müdürlüğü tarafından TAGEM/TSKAD/B/22/A9/P7/5384 proje numarası ile desteklenmiştir.

#### KAYNAKLAR

**Akar, Ö. ve E. Tunç Gümüş.** 2018. Göktürk -2 ve Hyperion EO-1 Uydu Görüntülerinden Rastgele Orman Sınıflandırıcısı ile Arazi Kullanım Haritalarının Üretimi. *Geomatik Dergisi Journal of Geomatics* 4(1): 68-81.

**Anonim.** 1971. *Menemen Ovası Temel Toprak Etüdü*. Topraksu Genel Müdürlüğü Toprak ve Etüd Haritalama Dairesi Raporları, Seri No: 24, Ankara.

**Anonim.** 2023a. MGM Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Menemen Meteoroloji İstasyonu Verileri.

**Anonim.** 2023b. TÜİK. 2023. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri, <http://www.tuik.gov.tr>, [29.05.2024]

**Anonim.** 2024. <https://gisgeography.com/sentinel-2-bands-combinations>, [29.05.2024]

**Arıkan D., Yıldız F.** 2023. Sentinel-2 Uydu Görüntülerinde Destek Vektör Makinesi ve Rastgele Orman Algoritmaları Kullanılarak Piksel Tabanlı Arazi Sınıflandırması. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(2): 1243-1260.

**Bağdatlı M.C., Özdarıcı Ok, A., Ok, A.Ö., Erdoğan, O., Albut, S., Oğuz, H.İ.** 2016. Görüntü Sınıflandırması Yoluyla Göktürk-2 Görüntüsünden Tarımsal Ürün Deseninin Belirlenmesi: Nevşehir- Sarıhıdır Köyü Kızılırmak Sağ Sahil Bandı Tarım Arazileri Pilot Uygulaması. 6. *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2016)*, Adana, 194-201.

**Breiman L.** 2001. Random forests. *Machine Learning*, 45(1): 5-32.

**Çatal Reis, H., G. Yılcı.** 2020. Destek Vektör Makineleri ve NDVI Kullanarak Pamuk Ekili Alanların Tespiti: Harran Ovası Örneği. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2 (1): 29-40.

**Eastman, J.R.** 2016. TerrSet Tutorial. [www.clarklab.org](http://www.clarklab.org), [29.05.2024]

**Egberth, M., M. Nilsson.** 2010. "KNN-Sweden-Current map data on Swedish forests." In *Proceedings Forest Sat 2010: Operational tools in forestry using remote sensing techniques*. Pp. 265-267.

**Foody, G.M. and A. Arthur.** 2006. The Use of Small Training Sets Containing Mixed Pixels for Accurate Hard Image Classification: Training of Mixed Spectral Responses for Classification by SVM. *Remote Sensing of Environment*, 103: 179-189.

**Gallego, J., E. Carfagna, B. Baruth** 2010. Accuracy, objectivity and efficiency of remote sensing for agricultural statistics. Benedetti, R., Bee, M., Espa, G., Piersimoni, P. (Ed.) *Agricultural Survey Methods*. John Wiley & Sons Ltd., Wiltshire., UK. pp. 202-205.

**Gökkuş, A., F. Kantar, T. Karadoğan, A. Koç** 1998. *Tarla Bitkileri*. İkinci Baskı. Atatürk Üni. Yay. No: 188. Erzurum. S. 81.

**Jensen, J. R.** 2016. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, 4th Ed. Pearson. Pp. 507-509.

**Karabulut, A., N. Ceylan, E. Bahar, İ. Kurşun.** 2021. Crop Phenology-Based Object-Oriented Classification Approach Using SENTINEL-2A And NDVI Time Series: Sunflower Crops in Kırklareli. *International Journal of Environment and Geoinformatics (IJEGEO)*, 8(3): 316-327.

**Mather, P. M.,** 1999. *Computer Processing of Remotely Sensed Images. An Introduction*, Second Edition. Chichester, England. p. 292.

**McCoy, R.M.** 2005. *Field Methods in Remote Sensing*. The Guilford Press, New York. Pp. 71-80.

**Meyer, D.** 2014. Support Vector Machines, <http://cran.r-project.org/web/packages/e1071/vignettes/svmdoc.pdf>.

**Oden, O., M. Gürbüz, D. Kahraman, Ü. Özsoy, Y. Kayam, Y. Lomas, ve M. Mandel.** 2002. İklim, Tarımsal Teknoloji, Toprak ve Sosyo-Ekonomik Faktörlerin Buğday Verimine Etkileri. Türk-İsrail Ortak Araştırma Projesi Raporu. Menemen, İzmir.

**Ok, A.Ö.** 2017. Sınıflandırma- İleri Teknikler. F. Sunar (Ed.). *Dijital Görüntü İşleme*. Anadolu Üni. Yay. No: 3658. Eskişehir. s.171-197.

**Özdarıcı Ok, A., Z. Akyurek.** 2014. Object-Based Classification of Multi-Temporal Images for Agricultural Crop Mapping in Karacabey Plain, Turkey. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-7, 2014 ISPRS Technical Commission VII Symposium*, Istanbul, Turkey.

**Özdarıcı Ok, A., Ö. Akar, O. Güngör.** 2011. Rastgele Orman Sınıflandırma Yöntemi Yardımıyla Tarım Alanlarındaki Ürün Çeşitliliğinin Sınıflandırılması. *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB) VI. Teknik Sempozyumu*, Antalya.

**Özkan, C.** 2016. Sınıflandırma. F. Sunar (Ed.). *Uzaktan Algılama*. 4. Basım. Anadolu Üni. Yay. No: 2320.

Eskişehir. s.156-172.

**Özlem, A., Görmüş E.T.** 2019. Göktürk-2 ve Hyperion EO-1 Uydu Görüntülerinden Rastgele Orman Sınıflandırıcısı ve Destek Vektör Makineleri ile Arazi Kullanım Haritalarının Üretilmesi. *Geomatik*, 4(1): 68-81.

**Sarı, M., N. K. Sönmez, M. Yıldırım,** 2007. Pamuk Bitkisinin Kantitatif Yansıma Özelliklerinin Ve Alansal Dağılımının Uydu Verileri İle Belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1): 1-10.

**Tavus, B., Karataş, K. M. Türker.** 2019. Tarımsal Alanlarda Yüksek Çözünürlüklü IKONOS Uydu Görüntüsünden Nesne-Tabanlı Ürün Deseni Tespiti. *Pamukkale Üniv. Müh. Bilim. Derg.*, 25(5): 603-614.

**Torunlar, H., M.G. Tuğaç, K. Duyan.** 2021. Nesne Tabanlı Sınıflandırma Yönteminde Sentinel-2A Uydu Görüntüleri Kullanılarak Tarımsal Ürün Desenlerinin Belirlenmesi; Konya-Karapınar Örneği. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 3(2): 36-46

**Tunca, E. ve E.S. Köksal.** 2020. Sentinel 2 Uydu Görüntülerinden Bazı Bitki Türlerinin Makine Öğrenmesi ile Belirlenmesi. *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg.* (COMU J. Agric. Fac.) 2021: 9 (1): 189–200.

**Uslu, İ., Z. Çelik, G. Yüceerim, V. Karagül, A. Özdarıcı Ok.** 2023. Buğday Yetiştiriciliğinin Mevsimsel İklim Değişkenliğinden Etkilenebilirlik Derecesi ve Uyum Kapasitesinin Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 33 (2): 220-236.

**Van der Linden, S., and P. Hostert.** 2009. The Influence of Urban Structures on Impervious Surface Maps from Air Borne Hyperspectral Data. *Remote Sensing of Environment*, (113): 2298-2305.

**Yaşar, O., A. L. Yağcı.** 2023. Yersel Referans Verilerinin Doğruluğunun Çok Zamanlı Sentinel-2 Uydu Görüntüleri ile Araştırılması: Arpa ve Buğday Örneği. *Geomatik*, 8(3): 277-292.