

Buğday Ekim Alanlarının Sentinel-2A Uydu Verileriyle Sınıflandırılmasında Bitki Özellikleri ve Yetiştiricilik İşlemlerinin Etkisi

İdris USLU^{1*}

Zerrin ÇELİK²

Gözen YÜCEERİM³

Vural KARAGÜL⁴

Aslı ÖZDARICI OK⁵

^{1,3,4} *Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, İzmir/ TÜRKİYE*
² *Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İzmir/ TÜRKİYE*
⁵ *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Tapu Kadastro Yüksekokulu, Ankara/ TÜRKİYE*

¹<https://orcid.org/0000-0003-4505-8348> ²<https://orcid.org/0000-0002-9478-9414> ³<https://orcid.org/0000-0002-8769-3422>

⁴<https://orcid.org/0000-0001-8654-6036>

⁵<https://orcid.org/0000-0002-3430-0541>

*Corresponding author (Sorumlu yazar): idris.uslu@tarimorman.gov.tr

Received (Geliş tarihi): 20.05.2024

Accepted (Kabul tarihi): 17.10.2024

ÖZ: Artan dünya nüfusu ile birlikte sınırlı olan kaynakların, tarımda verimli bir şekilde kullanımını sağlamak için arazi varlığı ve bitki örtüsünün durumunu bilmek karar vericiler için daha fazla önem kazanmıştır. Bitki yetiştiriciliğinde yapılan sezon içi işlemlerin etkilerinin neler olduğu ve üretim ortamının bölgesel olarak izlenmesi konusunda uzaktan algılama önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada 2023 yılında İzmir Menemen Ovası'nda buğday ekim alanlarının Sentinel-2A uydu verileriyle sınıflandırılarak belirlenmesine etki eden yetiştiricilik uygulamaları (ekim zamanı, ekim yöntemi) ve bitki özelliklerinin (buğday çeşidi, yabancı ot, yatma durumu) sınıflandırma doğruluğu üzerindeki etkisi incelenmiştir. Araştırmada, En Çok Benzerlik (EÇB) ve Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemleri kullanılarak sonuçları analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, buğday alanlarının sınıflandırılmasında erken ekim yapılan parsellerle yapılan sınıflandırma sonuçları genel doğruluk ve Kappa değeri her iki yöntemde düşük (%76, 0,52 ve %75, 0,50) olurken, geç ekim özelliğine göre yapılan sınıflandırma sonuçları ise her iki yöntemde daha yüksek sonuçlar (%83, 0,65 ve %88, 0,77) üretmiştir. Diğer taraftan elde edilen bulgular, serpme ekim, buğday çeşidi, buğdayın yatık olması ve yabancı otlu olması durumlarına göre yapılan sınıflandırma sonuçları arasında önemli farklar bulunmadığını göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Sentinel-2A, En Çok Benzerlik, Yapay Sinir Ağları, bitki özellikleri, agronomik faktörler, sınıflandırma doğruluğu, buğday, İzmir.

Determination of the Effects of Crop Characteristics and Agronomic Factors on Classification of Wheat Areas Using Sentinel-2A Satellite Data

ABSTRACT: With the increasing world population, knowing the status of land availability and vegetation has become more important for decision makers in order to ensure the efficient use of limited resources in agriculture. Remote sensing is used as an important tool in determining the effects of in-season activities in plant cultivation and regional monitoring of the production environment. This study investigated the impact of cultivation practices (planting time and method) and plant characteristics (including wheat variety, weed presence and lodging condition) on the classification accuracy of wheat cultivation areas on the Menemen Plain, İzmir. Both the Maximum Likelihood and Artificial Neural Networks (ANN) models were employed to assess and analyze the obtained results. According to the results for the classification of wheat fields, the general accuracy and Kappa value of the classification made with early sown parcels were low in both methods (76%, 0,52 and 75%, 0,50). However, the classification results based on late sowing produced better results (83%, 0,65 and 88%, 0,77) with both methods. On the other hand, the findings showed that there were no significant differences between the classification results according to broadcast sowing, wheat variety, weed presence and lodging condition.

Keywords: Sentinel-2A, Maximum Likelihood, Artificial Neural Network, crop characteristics, agronomic factors, classification accuracy, wheat, İzmir.

GİRİŞ

Sürdürülebilir tarım uygulamalarının teşvik edilmesi ve doğru yetiştiricilik tekniklerinin kullanılması, tarım arazilerinde verimliliği artırırken doğal kaynakların korunmasına önemli katkılar sunmaktadır. Bu uygulamalara konu olan en önemli bitkiler arasında buğday gelmektedir. Buğday, temel besin maddelerinden biri olması dolayısıyla dünyada en yaygın olarak yetiştirilen tarım ürünlerinden biridir. Geleneksel tarla gözlemleri ile yapılan uygulamaların zaman alıcı ve maliyetli olması araştırmacıları, geniş alanların hızlı ve güvenilir şekilde analiz edilmesine ve yönetilmesine olanak tanıyan uzaktan algılama teknolojilerini kullanmaya yöneltmiştir. Uydu teknolojilerinin ürünü olan uydu görüntüleri büyük alanlar için sürdürülebilirliğin sağlanmasında bitkilerin ekim alanları, gelişim sürecindeki değişkenlikler ve yetiştiricilik işlemlerinin etkilerini izlemede önemli bir kaynak konumundadır. Diğer taraftan, yapılan literatür taraması, uydu verileri ile arazi örtüsü ve bitki deseni belirleme çalışmalarında önde gelen tarım ürünleri için agronomik faktörler ve ürün özelliklerinin incelendiği çalışmalara ülkemizde sıklıkla rastlanmadığını göstermektedir. Bu çalışmada Sentinel-2A uydu verileri kullanılarak buğday ekim alanları sınıflandırılarak bitki özellikleri ve yetiştiricilik işlemlerinin görüntü sınıflandırma doğruluğuna olan etkileri incelenmektedir. Bu kapsamda çalışmada, bitki özellikleri (buğday çeşidi, yabancı ot ve yatma durumu) ve yetiştiricilik işlemlerinin (ekim zamanı ve ekim yöntemi) Sentinel-2A uydu verileriyle nasıl etkili bir şekilde analiz edilebileceği ve bu yöntemlerin tarımsal üretim süreçlerini optimize etmek için nasıl kullanılabileceği araştırılmıştır. Bu yaklaşımla, uydu verilerinin tarımsal alan yönetimindeki potansiyelinin daha iyi anlaşılacağı ve uygulama alanlarının bu yönde genişletileceği öngörülmektedir.

Bu bağlamda yapılan çalışmalar incelendiğinde, görüntü sınıflandırma uygulamalarının yaygın olduğu görülmektedir. Bursa Karacabey Ovası için yapılan bir çalışmada mısır, domates, biber, çeltik, şeker pancarı ve buğday bitkilerinin ekim alanlarını SPOT 5 uydu görüntüsü ile Rastgele Orman (RO) ve En Çok Benzerlik (EÇB) sınıflandırma yöntemleri ile sınıflandırıldığı bir çalışma gerçekleştirilmiştir (Özdarıcı ve ark., 2011). Sonuçlara göre, RO sınıflandırma yönteminde genel doğruluk oranı

%85,89 bulunurken, EÇB sınıflandırma yöntemi ile de %77,96 olduğu gözlenmiştir. 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 ve ark., 2019). Torunlar ve ark. (2021) tarafından yürütülen bir diğer araştırmada 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. Karabulut ve ark. (2021) ise 2018 yılında Kırklareli’nde ayçiçek ekili alanları Sentinel-2A uydu görüntüleri kullanarak nesne-tabanlı bir sınıflandırma yaklaşımı geliştirmişlerdir. Çalışma sonunda genel doğruluk oranları erken ekim ayçiçeği ve geç ekim ayçiçeği alanları için sırasıyla %98 ve %92 olarak kaydedilmiştir. Bulut (2023) yürüttüğü çalışmasında arazi kullanım sınıflarını EÇB ve yapay sinir ağları (YSA) yöntemleri ile sırasıyla %86 ve %89 genel doğruluk ve 0,81 ve 0,85 Kappa değerleri ile sınıflandırmıştır.

Uzaktan algılama verilerinin doğru bir şekilde kullanımı için görüntü sınıflandırma işlemi üzerine etkili çevre faktörlerinin iyi anlaşılması gerekmektedir. Çevre faktörü olarak, üretim ortamında bulunan bitki özellikleri ve agronomik işlemlerin de uydu görüntülerinin sınıflandırma doğruluğu üzerine etkisi bulunmaktadır. Tarım ürünlerinin gelişimlerinin 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 oluşturabilen etkenlerdendir (Jensen, 2016).

Uydu verilerinden arazi örtüsü ve ürün deseni belirleme çalışmalarında uydu görüntüsü sınıflandırma başarısı incelenirken görüntünün yersel çözünürlüğü, sınıflandırma yöntemi, sınıflandırmada kullanılan yardımcı veriler, çalışma alanının büyüklüğü ve bitki örtüsünün heterojenliği önde gelen özellikler olarak birçok çalışmada incelenmiştir (Lu ve Weng, 2007).

MATERYAL VE METOT

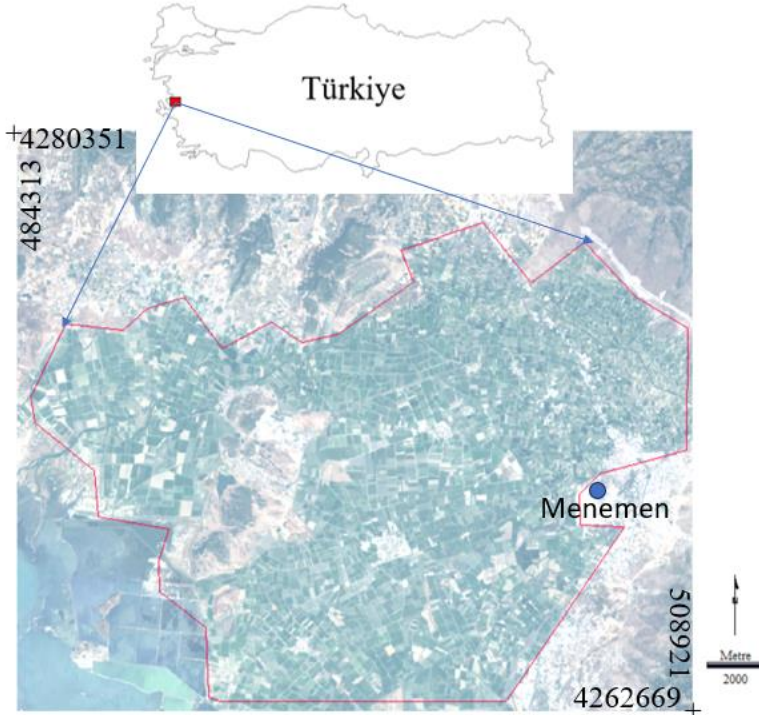
MATERYAL

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

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, 2023).

Araştırma alanının konumu: Araştırmanın yürütüldüğü Menemen Ovası 38°26’ ile 38°40’ kuzey enlemleri ve 26° 40’ ile 27° 07’ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Kuzeyden Bakırçay, güneyden Küçük Menderes ve Büyük Menderes Havzalarının sınırlanan vadinin alüvyal tabanı Manisa’nın batısındaki Emiralem Boğazı ile ikiye bölünmüştür. Boğazla deniz arasında kalan aşağı kısım Menemen Ovası olup 33545 ha alanı kapsamaktadır. 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 484313 4280351, sağ alt köşe koordinatı ise 508921 4262669 ve projeksiyonu UTM (WGS84)’dir (Şekil 1).



Şekil 1. Araştırma alanı.
Figure 1. Research area.

Araştırma alanında buğday üretimi: İzmir İli, Menemen ve Foça ilçelerinin buğday ekiliş durumu Çizelge 1’de gösterilmiştir. 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 (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.

Araştırma 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-2A uydusu, orta mekânsal çözünürlüğe sahip olan ve Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından geliştirilen çok bantlı bir algılayıcıdır. Sentinel-2A 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 2). Araştırmada, Sentinel-2A uydu görüntülerinin atmosfer altı yansıtım değerlerini içeren seviye 2A görüntüleri Copernicus web sitesinden indirilerek kullanılmıştır (Anonim, 2024b).

Çizelge 1. Buğday üretim durumu (2018- 2022).

Table 1. Wheat production statistics (2018- 2022).

Yıllar Years	Ekim Alanı (da) Area sown (da)			Üretim Miktarı (ton) Production amount (ton)			Verim (kg da ⁻¹) Yield (kg da ⁻¹)		
	Menemen	Foça	İzmir	Menemen	Foça	İzmir	Menemen	Foça	İzmir
2018	13394	3446	282915	7314	1214	98073	546	352	347
2019	9700	6596	260183	5614	1773	85442	579	269	328
2020	21060	7200	238816	9853	2482	82256	468	345	344
2021	47000	7650	286859	24736	4356	111068	526	569	387
2022	36300	10754	238663	17279	5243	92309	476	488	387

Kaynak: TÜİK, 2023. Bitkisel Üretim İstatistikleri.

Çizelge 2. Sentinel-2A uydu görüntüsüne ait spektral aralıklar, mekânsal çözünürlükleri ve açıklamaları (Anonim, 2024a).

Table 2. Sentinel-2 satellite images, their resolution by bands and their usage areas (Anonymous, 2024a).

Bant Band	Çözünürlük Resolution	Dalga boyu Wavelength	Açıklama Explanation
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))

METOT

Çalışmada, görüntü analizleri için TerrSet v.19.0.8 yazılımı kullanılmıştır. Sentinel-2A uydu görüntülerinin çekim zamanı için buğday bitkisinin toprak üstü aksamının tam olarak geliştiği, toprak yüzeyini kaplama oranının en yüksek olduğu dönem tercih edilmiştir. Sınıflandırma işlemlerinde kullanılan parsellerin ekim zamanına göre erken ekim ve geç ekim parselleri arasında en az 1 ay zaman farkı olması sağlanmıştır. Ekim zamanı, ekim yöntemi, buğday çeşidi, yatma durumu ve yabancı ot durumu üretici beyanları (Uslu ve ark., 2023) ve araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen arazi gözlemleri yolu ile elde edilmiştir.

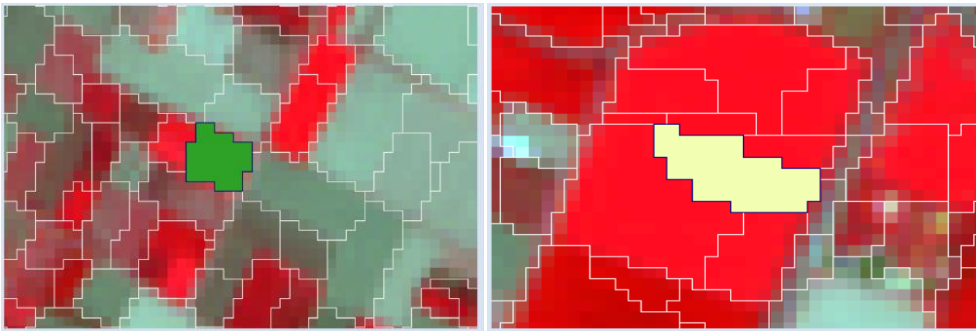
Uydu görüntüsü ile ekim alanlarının sınıflandırılması: Buğday ekim alanları uydu görüntüsünün segment tabanlı sınıflandırılması ile belirlenmiştir. Bunun için Sentinel-2A uydu görüntüsünün B2 (mavi), B3 (yeşil), B4 (kırmızı) ve B8 (yakın kızıl ötesi) bantları segmentlere (nesnelere) ayrılmıştır. Segment-tabanlı görüntü sınıflandırması temel olarak iki aşamada uygulanmaktadır: Bunlar; segmentasyon- nesne çıkarımı ve görüntü sınıflandırmasıdır.

i) Segmentasyon-nesne çıkarımı: Segmentasyon (segmentleme) 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 çıkartılır (Ok, 2017). Genel segmentasyon eşitliği aşağıdaki şekildedir:

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

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, 10, 15, 20) ağırlık ortalama katsayısı ve (0,5) ağırlık varyans katsayısına göre havza (watershed) algoritması ile bulunmuştur (Egberth ve Nilsson 2010). Segmentlere ayırma işleminde genelde uygun sonuçlar veren 3x3 penceresi seçilmiştir. Benzerlik oranı olarak 0, 10, 15 ve 20 benzerlik oranları denenerek segment büyüklüğü ile parsel büyüklükleri incelenerek karşılaştırılmıştır (Eastman, 2020). Araştırma alanında küçük parsellerin yer alması ve parsel içi ürün çeşitliliği göz önüne alınarak 10 benzerlik oranı tercih edilmiştir. Küçük ve büyük parsellerde oluşturulan segmentler Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Küçük ve büyük parselde segmentler.
Figure 2. Segments in small and large parcels.

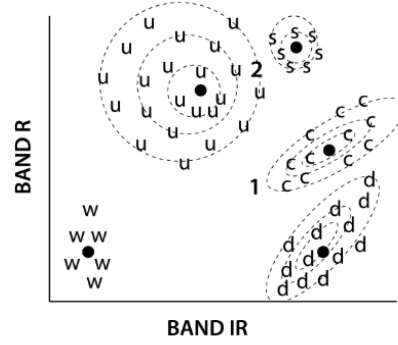
ii) Görüntü Sınıflandırma: Görüntü sınıflandırma, görüntüyü oluşturan benzer spektral yansıma özelliğine sahip piksellerin algoritmalar yardımıyla benzer sınıflara ayrılması işlemidir. Segment- tabanlı görüntü sınıflandırma işleminde ise görüntü segmentlerine ait bütünleşik bilgiler değerlendirilmektedir. Bu sayede segment-tabanlı sınıflandırma yaklaşımı, piksel-tabanlı doku bilgisine göre benzer değerlere sahip pikselleri gruplandığı için genellikle daha fazla sınıflandırma doğruluğu potansiyeline sahip olmaktadır. Sınıflama işleminin doğruluğunu belirlemede genel doğruluk, kullanıcı doğruluğu 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, İtalyan çimi, yonca ve fiğ segmentleriyle nesne-tabanlı olarak (Ozdarici Ok ve Akyurek, 2014; Tavus ve ark., 2019; Torunlar ve ark., 2021; Karabulut ve ark., 2021) EÇB ve YSA makine öğrenme yöntemlerine göre sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma yöntemlerine ait açıklama aşağıda verilmiştir:

En çok benzerlik sınıflandırma yöntemi (EÇB): Yöntem, her bir gruptaki istatistiklerin normal olarak dağıtıldığını ve belirli bir pikselin belirli bir sınıfa ait olma olasılığını hesapladığını varsaymaktadır. Sınıflandırmada bulunan her bir aday piksel en yüksek olasılığa sahip olan sınıfa atanır. Eğer aday piksel herhangi bir sınıfın değer aralığında kalmıyorsa bilinmeyen sınıfa atanır (Şekil 3) (Lillesand ve ark., 2018). Şekil 3'te EÇB sınıflandırma yönteminin beş sınıf ile ('c', 'd', 's', 'u' ve 'w') en çok benzerlik sınıflandırma durumunun iki boyutlu bir örneği verilmektedir. Şekildeki 'R'- kırmızı, 'NIR'- yakın kızıl ötesi spektral bantlara ait yansıma değerlerini, sınıflara ait çizgiler ise eş olasılık kontürlerini ifade etmektedir.

Yapay Sinir Ağları Yöntemi (YSA): Yapay sinir ağı, insan beynindeki nöronların en temel özelliklerine göre modellenen, birbirine bağlı işlem birimleri ağından oluşur. Ana avantajlarından biri sınıfa özgü verilerin dağılımı için temel bir dağılım modeli varsayılmamasıdır. Sinir ağları doğrusal değildir ve

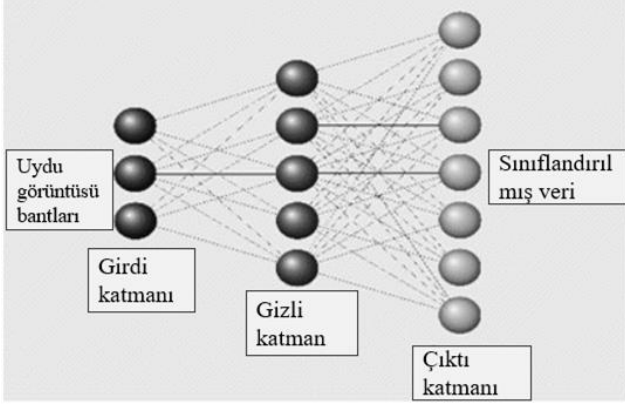
girdi verilerini (örneğin uzaktan algılanan görüntüler) istenen bir çıktıya (örneğin arazi örtüsü sınıflandırması) dönüştüren karmaşık bir matematiksel fonksiyon olarak düşünülebilir.



Şekil 3. En çok benzerlik yöntemi (Eastman, 2020).

Figure 3. Maximum likelihood method (Eastman, 2020).

Geri yayılım öğrenme algoritmasını kullanan çok katmanlı algılayıcı, en yaygın kullanılan sinir ağı modellerinden biridir. Tipik bir YSA, bir giriş katmanı, bir çıkış katmanı ve bir veya daha fazla gizli katman içerir. Ancak çoğu sorun için genellikle bir gizli katman yeterli olmaktadır (Eastman, 2020). Bunlar sırasıyla algısal nöronların, motor nöronların ve ara nöronların (insan korteksinin büyük kısmını oluşturan) analoglarıdır. Şekil 4'te görüldüğü gibi, her katman düğümler (veya nöronlar) içerir ve farklı renkteki çizgilerle bağlanır, bu da eşit olmayan bağlantı ağırlıklarını gösterir. Gizli katman düğümleri YSA'nın işleyişi açısından büyük öneme sahiptir. Onlar olmadan YSA'nın etkileşim etkilerini öğrenme ve kullanma yeteneğinden bahsedilemez. Araştırmalar, 3 katmanlı bir YSA ağının herhangi bir polinom fonksiyonuna yaklaşabileceğini ve bunun çok karmaşık regresyon ve sınıflandırma problemlerini çözebileceğini göstermektedir. Bazen bir sinir ağının kara kutu gibi performans gösterdiği düşünülse de buradaki uygulamada, bağımsız değişkenlerin göreceli katkılarına ilişkin kritik bilgiler de dahil olmak üzere, işleyişine ilişkin zengin bilgiler sağlanmaktadır.



Şekil 4. Birçok katmanlı algılayıcı ağ örneği (Eastman, 2020).
Figure 4. A typical multi-layer perceptron net (Eastman, 2020).

YSA'nın işleyişi, nöron bağlantı ağırlıklarının modifikasyonunu gerçekleştirmek için ileri ve geri yayılım olmak üzere iki ana adımı içerir. Eğitim sırasında, her örnek (örneğin, tek bir pikselle ilişkili bir özellik vektörü) giriş katmanına beslenir ve alıcı düğüm, önceki katmanda bağlı olduğu tüm düğümlerden gelen ağırlıklı sinyalleri toplar. Tek bir düğümün aldığı girdi eşitlik 2'ye göre ağırlıklandırılır:

$$net_j = \sum_{i=0}^m w_{ij} O_i \quad \text{Eşitlik (2)}$$

w_{ij} : i ve j arasındaki ağırlık, O_i : i düğümü çıktısı

$$O_j = f(net_j) \quad \text{Eşitlik (3)}$$

Eşitlik 3'te bulunan f fonksiyonu genellikle sinyalin bir sonraki katmana geçmeden önce girdilerin ağırlıklı toplamına uygulanan doğrusal olmayan bir sigmoidal fonksiyondur. İleri geçiş tamamlandıktan sonra çıktı düğümlerinin faaliyetleri beklenen faaliyetlerle karşılaştırılır. Örneğin, altı çıktı düğümü varsa (sınıf başına bir tane), beklenen çıktı modeli (1, 0, 0, 0, 0, 0) olabilir. Çıkış katmanındaki her düğüm bir sınıfla ilişkilendirilir. Ağa bir model sunulduğunda, her çıkış düğümü, giriş modeline karşılık gelen sınıf arasındaki

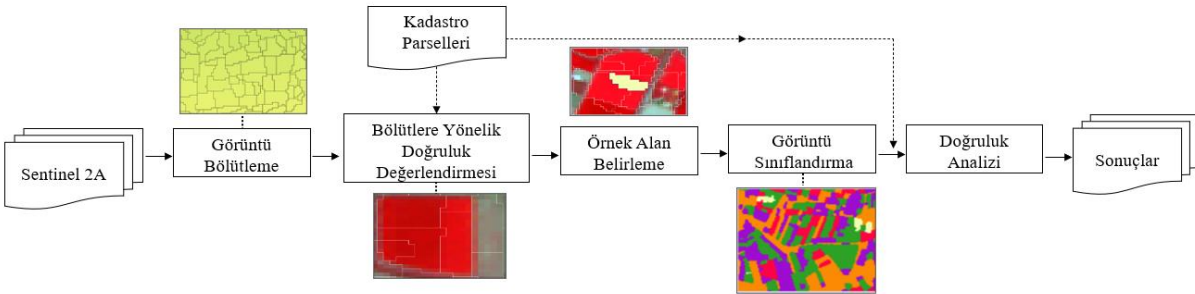
benzerliği gösteren bir değer üretecektir. Genel olarak, fiili çıktı, arzu edilen sonuçtan farklı olacaktır; fark ağdaki hatayla ilişkilidir. Bu hata daha sonra delta kuralı olarak bilinen bir ilişki (Eşitlik 4) yoluyla düzeltilen ilgili bağlantıların ağırlıklarıyla geriye doğru yayılır:

$$\Delta w_{ij}(t+1) = \eta \delta_{ij} O_j + \alpha \Delta w_{ij}(t) \quad \text{(Eşitlik 4)}$$

η : öğrenme oranı, α : momentum faktörü, δ : hesaplanan hata İleri ve geri geçişler, ağırlık tüm sınıfların özelliklerini "öğrenene" kadar devam eder. Ağ eğitiminin amacı, hem giriş ve gizli katmanlar arasındaki bağlantılar hem de gizli katmanlar ve çıkış katmanları arasındaki bilinmeyen piksellerin sınıflandırılması için uygun ağırlıkların elde edilmesidir. Giriş modeli, en yüksek aktivasyon seviyesine sahip düğümle ilişkili sınıfa göre sınıflandırılır (Eastman, 2020).

Araştırmada kullanılan YSA modeli ağ yapısında 4 girdi katmanı, 2 çıktı katmanı, 1 gizli katman, 3 birinci katman düğümü bulundururken eğitim değişkenlerinden öğrenme oranı 0,01, momentum faktörü 0,5, sigmoid katsayısı 1,0 ve sonlandırma kriterleri olarak RMS 0,01, iterasyon adedi 10000 ve doğruluk oranı olarak %100 değerleri kullanılmıştır.

Araştırmada görüntü sınıflandırmasında izlenen işlem aşamaları Şekil 5'te özetlenmektedir. İşlemeye hazırlanan uydu görüntüsü piksel-tabanlı sınıflandırmaya göre daha yüksek doğruluk sağladığı için segment(bölüt)lere ayrılmıştır. Segmentlerin parsel boyutları ile uyumunun denetlenmesinin ardından sınıflandırma öncesi örnek alanlar ile eğitim verisi belirlenmiştir. Görüntü EÇB ve YSA yöntemlerine göre sınıflandırıldıktan sonra elde edilen sınıfların doğruluk analizi yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.



Şekil 5. Araştırmanın yöntem aşamaları
Figure 5. Stages in the method of the research

BULGULAR VE TARTIŞMA

2023 Yılı buğday yetiştirme sezonu ve buğday yetiştiriciliği: Buğday gelişiminde ilk aylarda 5-10°C sıcaklık ve %60 nem, sapa kalkma döneminden itibaren 10-15 °C sıcaklık ve %65 ve üzeri neme ihtiyaç duyduğu (Yürür, 2017) düşünüldüğünde, araştırma bölgesinde kasım ve aralık aylarında ortalama sıcaklık ve nispi nemin yüksek olduğu görülmektedir. Kasım-haziran ayları arasındaki maksimum sıcaklık değerleri 35°C derece ve üzerinde seyretmediği için (Sudmeyer

ve ark., 2016) buğday verimi açısından herhangi bir risk oluşmamıştır. 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 ve ark., 2023), (Çizelge 3).

Çizelge 3. 2023 Su yılına ait meteorolojik elemanların aylık ortalama değerleri (Anonim, 2023).

Table 3. Monthly means of meteorological elements of water year 2023 (Anonim, 2023).

Ay Month	Sıcaklık Değerleri (°C) Temperature Values (°C)			Nem (%) Humidity (%)	Yağış (mm) Precipitation (mm)	Buharlaşma (mm) Et# (mm)
	Ort. Mean	Maks. Max	Min. Min			
Ekim/October	19,6	35,8	7,6	54,1	0,0	279,3
Kasım/November	15,7	29,1	6,6	64,4	54,4	217,0
Aralık/December	12,5	22,9	3,3	77,1	55,0	188,1
Ocak/January	10,4	20,0	2,8	75,4	127,8	180,5
Şubat/February	8,6	22,4	-0,6	63,3	17,2	145,2
Mart/March	12,6	22,9	2,1	74,0	126,8	181,5
Nisan/April	15,1	24,2	6,5	69,6	98,4	195,6
Mayıs/May	19,7	33,0	9,4	66,2	24,0	233,4
Haziran/June	24,9	36,2	16,3	60,7	69,4	305,5

#: Evapotranspiration

Araştırma alanında görüşme yapılan 130 üreticiden alınan bilgiye göre buğday ekimi denizden yüksek yerlerde 2022 yılının Ekim (3 üretici) ve Kasım (74 üretici) aylarında daha erken olmak üzere; Aralık (51 üretici) ve 2023 yılının Ocak (11 üretici) ayında daha geç yapılmıştır. Oden ve ark. (2002)'nin Ege Bölgesi'nde 1970-1998 yılları arasındaki buğday yetiştiriciliğinin incelendiği çalışmada en uygun buğday ekim zamanı olarak belirlenen 10-20 Kasım dönemine göre; üreticilerin %48'i için ekim zamanında yağışı beklemelerinden dolayı gecikme yaşanmıştır. Üreticilerin %45'i Kasım ve Aralık aylarında yağmuru beklemeden yani kuruya ekim yaptığını beyan etmiştir. Buğday ekiminde serpm ve mibzerle ekim yapan üreticiler yarı yarıya ve eşit bulunmuştur. Tohumluk miktarının mibzerle ekim yönteminde 18-23 kg da⁻¹, serpm ekim yönteminde 28-30 kg da⁻¹ olarak kullanıldığı görülmüştür. Araştırma bölgesinde 13 buğday çeşidinin yetiştirildiği belirlenmiştir. Azot ve fosforlu gübre kullanmayan üreticiler olduğu gibi kuru ve sulu tarım alanlarında azot kullanımı sırasıyla 2,25-

20,17 kg da⁻¹ ve 5,0-42,5 kg da⁻¹ olurken fosforlu gübre kullanımı ise sırasıyla 2,25-9,2 kg da⁻¹ ve 3,0-20,7 kg da⁻¹ olarak belirlemiştir. Üreticilerin %53'ü son yıllarda buğday parsellerinde hardal, yabancı yulaf ve devedikeni başta olmak üzere yabancı ot yoğunluğunda artış olduğunu bildirmiştir. Yabancı ot ve pas için birer ilaçlama yaygın olarak yapılırken, bazı yerlerde pas hastalıkları için 2-3 ilaçlama ve süne zararlısı için de 1 ilaçlama yapıldığı belirlenmiştir. Araştırma alanında buğday için mevsimin durumuna göre gerektiğinde 1 sulama yapıldığı belirlenmiştir. Bu üretim sezonunda yağışların yeterli olması dolayısıyla sulama yapılmamıştır (Uslu ve ark., 2023).

Ekim alanlarının belirlenmesi: Bu bölümde 22.04.2023 tarihli Sentinel-2A uydu verilerinden buğday ekim alanlarına ait sınıflandırma sonuçları incelenmiştir. Uydu görüntülerinin alınma zamanı buğday bitkisinin toprak üstü aksamının tam olarak geliştiği, toprak yüzeyini kaplama oranının en yüksek olduğu dönemde olmuştur. Ekim alanlarının belirlenmesi için önce araştırma alanından parsel verisi

toplanmıştır. Menemen Ovası'nda yapılan yer gözlemleriyle buğday, bezelye, fiğ, İtalyan çimi ve yonca parsellerinin yaygın olduğu belirlenmiştir. Sınıflandırmada eğitim verisi olarak kullanılan segmentler erken ekim yapılan parseller, daha geç ekim yapılan parseller, serpme ekim yapılan parseller, bölgede hâkim buğday çeşidinin bulunduğu parseller, en az %10 yatma bulunan parseller ve yabancı ot yoğunluğu en az %5 olan parsellerden seçilmiştir. Araştırmada birden çok özellik bulduran parseller ve özellik etkileşimleri değerlendirme dışı bırakılmıştır.

Uydu görüntüsü sınıflandırma öncesinde eğitim verisi hazırlanmıştır. Segmentlere ayrılmış uydu görüntüsü üzerinde her bir özellik sınıfı için 3 segment seçilmiştir. Her iki sınıflandırma yönteminde de aynı özellikteki segmentler kullanılmıştır. Sınıflandırma EÇB ve YSA yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir. Her bir sınıflandırma işleminde 1 buğday özellik sınıfı ile birer bezelye, fiğ, İtalyan çimi ve yonca sınıfları için üçer segment 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, İtalyan çimi ve yonca bitki türleri "diğer" sınıfı olarak gösterilmiştir (Şekil 6), (Sarı ve ark., 2007; Delen ve Şanlı, 2017).

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 piksellerin o sınıfa ait referans verisi içindeki oranıdır. Kullanıcı doğruluğu ise bir sınıfa atanan piksellerin gerçekten bu sınıfa ait olma doğruluğudur. Herhangi bir sınıf, sahip olduğu kullanıcı doğruluğu kadar güvenilirdir (Özkan, 2016).

Üretici ve kullanıcı doğrulukları her iki sınıflandırma yöntemi için oldukça geniş aralıklarda bulunmuştur. En geniş aralığın ekim zamanları ile ilgili sonuçlarda olduğu görülmüştür. Bu araştırmada EÇB yöntemi için üretici ve kullanıcı doğruluğu buğday için %90-100 ve %52-87 aralığında bulunurken, Özdarıcı Ok ve ark. (2011) ise ürün sınıflarına göre %41-97 aralığında bulmuştur. YSA yöntemi ile bu araştırmada buğday sınıfı için üretici ve kullanıcı doğruluğu sırasıyla % 90-94 ve %53-87 oranlarında bulunurken Mirici ve ark. (2017) ise sırasıyla %71-94 ve %83-84 olarak bulmuşlardır (Çizelge 4-16).



Şekil 6. YSA yöntemi ile elde edilmiş sınıflandırma sonucu.
Figure 6. Classification result obtained by ANN method.

EÇB yöntemi kullanılarak erken ekim yapılan parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma sonucuna göre genel doğruluk %76 ve Kappa değeri %52 oranındadır. Üretici doğruluğu buğday ve diğer sınıfları için sırasıyla %100 ve %67; kullanıcı doğruluğu ise sırasıyla %52 ve %100 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4).

EÇB yöntemi kullanılarak geç ekim yapılan parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma sonucuna göre genel doğruluk %83 ve Kappa değeri %65 oranındadır. Üretici doğruluğu buğday ve diğer

sınıfları için sırasıyla %90 ve %89; kullanıcı doğruluğu ise sırasıyla %82 ve %83 olarak belirlenmiştir (Çizelge 5).

EÇB yöntemi kullanılarak serpme ekim yapılan parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma sonucuna göre genel doğruluk %85 ve Kappa değeri %70 oranındadır. Üretici doğruluğu buğday ve diğer sınıfları için sırasıyla %92 ve %78; kullanıcı doğruluğu ise sırasıyla %73 ve %93 olarak belirlenmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 4. EÇB yöntemi ile erken ekim yapılan parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma doğruluğu.

Table 4. Confusion matrix of the classification with the segments in early planted plots using the MLC method.

	Buğday Wheat	Diğer Others	Sütun Toplamı Column Total	Kullanıcı Doğruluğu Users Accuracy
Buğday Wheat	31	29	60	0,52
Diğer Others	0	60	60	1,00
Satır Toplamı Row Total	31	89	120	
Üretici Doğruluğu Producers Accuracy	1,00	0,67		
	Genel Doğruluk Overall Accuracy	0,76	Kappa Değeri Kappa Value	0,52

Çizelge 5. EÇB yöntemi ile geç ekim yapılan parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma doğruluğu.

Table 5. Confusion matrix of the classification with the segments in late planted plots using the MLC method.

	Buğday Wheat	Diğer Others	Sütun Toplamı Column Total	Kullanıcı Doğruluğu Users Accuracy
Buğday Wheat	49	11	60	0,82
Diğer Others	10	50	60	0,83
Satır Toplamı Row Total	59	61	120	
Üretici Doğruluğu Producers Accuracy	0,90	0,89		
	Genel Doğruluk Overall Accuracy	0,83	Kappa Değeri Kappa Value	0,65

Çizelge 6. EÇB yöntemi ile serpme ekim yapılan parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma doğruluğu.

Table 6. Confusion matrix of the classification with the segments in broadcast planted plots using the MLC method.

	Buğday Wheat	Diğer Others	Sütun Toplamı Column Total	Kullanıcı Doğruluğu Users Accuracy
Buğday Wheat	47	13	60	0,73
Diğer Others	5	55	60	0,93
Satır Toplamı Row Total	52	68	120	
Üretici Doğruluğu Producers Accuracy	0,92	0,78		
	Genel Doğruluk Overall Accuracy	0,85	Kappa Değeri Kappa Value	0,70

EÇB yöntemi kullanılarak yaygın çeşidin ekili olduğu parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma sonucuna göre genel doğruluk %88 ve Kappa değeri %77 oranındadır. Üretici doğruluğu buğday ve diğer sınıfları için sırasıyla %100 ve %81; kullanıcı doğruluğu ise sırasıyla %77 ve %100 olarak belirlenmiştir (Çizelge 7).

EÇB yöntemi kullanılarak ürünün yatık olduğu parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma sonucuna göre genel doğruluk %87 ve Kappa değeri %73 oranındadır. Üretici doğruluğu

buğday ve diğer sınıfları için sırasıyla %89 ve %84; kullanıcı doğruluğu ise sırasıyla %83 ve %90 olarak belirlenmiştir (Çizelge 8).

EÇB yöntemi kullanılarak ürünün yabancı otlu olduğu parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma sonucuna göre genel doğruluk %87 ve Kappa değeri %73 oranındadır. Üretici doğruluğu buğday ve diğer sınıfları için sırasıyla %94 ve %81; kullanıcı doğruluğu ise sırasıyla %78 ve %95 olarak belirlenmiştir (Çizelge 9).

Çizelge 7. EÇB yöntemi ile yaygın çeşidin ekili olduğu parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma doğruluğu.

Table 7. Confusion matrix of the classification with the segments in the common variety plots using the MLC method.

	Buğday Wheat	Diğer Others	Sütun Toplamı Column Total	Kullanıcı Doğruluğu Users Accuracy
Buğday Wheat	46	14	60	0,77
Diğer Others	0	60	60	1,0
Satır Toplamı Row Total	46	74	120	
Üretici Doğruluğu Producers Accuracy	1,0	0,81		
	Genel Doğruluk Overall Accuracy	0,88	Kappa Değeri Kappa Value	0,77

Çizelge 8. EÇB yöntemi ile ürünün yatık olduğu parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma doğruluğu.

Table 8. Confusion matrix of the classification with the segments in lodged plots using the MLC method.

	Buğday Wheat	Diğer Others	Sütun Toplamı Column Total	Kullanıcı Doğruluğu Users Accuracy
Buğday Wheat	50	10	60	0,83
Diğer Others	6	54	60	0,90
Satır Toplamı Row Total	60	64	120	
Üretici Doğruluğu Producers Accuracy	0,89	0,84		
	Genel Doğruluk Overall Accuracy	0,87	Kappa Değeri Kappa Value	0,73

Çizelge 9. EÇB yöntemi ile ürünün yabancı otlu olduğu parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma doğruluğu.

Table 9. Confusion matrix of the classification with the segments in weedy plots using the MLC method.

	Buğday Wheat	Diğer Others	Sütun Toplamı Column Total	Kullanıcı Doğruluğu Users Accuracy
Buğday Wheat	47	13	60	0,78
Diğer Others	3	57	60	0,95
Satır Toplamı Row Total	50	70	120	
Üretici Doğruluğu Producers Accuracy	0,94	0,81		
	Genel Doğruluk Overall Accuracy	0,87	Kappa Değeri Kappa Value	0,73

YSA yöntemi kullanılarak erken ekim yapılan parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma sonucuna göre genel doğruluk %75 ve Kappa değeri %50 oranındadır. Üretici doğruluğu buğday ve diğer sınıfları için sırasıyla %94 ve %67; kullanıcı doğruluğu ise sırasıyla %53 ve %97 olarak belirlenmiştir (Çizelge 10).

YSA yöntemi kullanılarak geç ekim yapılan parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma sonucuna göre genel doğruluk %88 ve Kappa değeri %77

oranındadır. Üretici doğruluğu buğday ve diğer sınıfları için sırasıyla %90 ve %87; kullanıcı doğruluğu ise sırasıyla %87 ve %90 olarak belirlenmiştir (Çizelge 11).

YSA yöntemi kullanılarak serpme ekim yapılan parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma sonucuna göre genel doğruluk %86 ve Kappa değeri %72 oranındadır. Üretici doğruluğu buğday ve diğer sınıfları için sırasıyla %92 ve %81; kullanıcı doğruluğu ise sırasıyla %78 ve %93 olarak belirlenmiştir (Çizelge 12).

Çizelge 10. YSA yöntemi ile erken ekim yapılan parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma doğruluğu
Table 10. Confusion matrix of the classification with the segments in early planted plots using the MLP method

	Buğday Wheat	Diğer Others	Sütun Toplamı Column Total	Kullanıcı Doğruluğu Users Accuracy
Buğday Wheat	32	28	60	0,53
Diğer Others	2	58	60	0,97
Satır Toplamı Row Total	34	86	120	
Üretici Doğruluğu Producers Accuracy	0,94	0,67		
	Genel Doğruluk Overall Accuracy	0,75	Kappa Değeri Kappa Value	0,50

Çizelge 11. YSA yöntemi ile geç ekim yapılan parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma doğruluğu
Table 11. Confusion matrix of the classification with the segments in late planted plots using the ANN method

	Buğday Wheat	Diğer Others	Sütun Toplamı Column Total	Kullanıcı Doğruluğu Users Accuracy
Buğday Wheat	52	8	60	0,87
Diğer Others	6	54	60	0,90
Satır Toplamı Row Total	58	62	120	
Üretici Doğruluğu Producers Accuracy	0,90	0,87		
	Genel Doğruluk Overall Accuracy	0,88	Kappa Değeri Kappa Value	0,77

Çizelge 12. YSA yöntemi ile serpme ekim yapılan parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma doğruluğu.
Table 12. Confusion matrix of the classification with the segments in broadcast planted plots using the ANN method.

	Buğday Wheat	Diğer Others	Sütun Toplamı Column Total	Kullanıcı Doğruluğu Users Accuracy
Buğday Wheat	47	13	60	0,78
Diğer Others	4	56	60	0,93
Satır Toplamı Row Total	51	69	120	
Üretici Doğruluğu Producers Accuracy	0,92	0,81		
	Genel Doğruluk Overall Accuracy	0,86	Kappa Değeri Kappa Value	0,72

YSA yöntemi kullanılarak yaygın çeşidin ekili olduğu parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma sonucuna göre genel doğruluk %85 ve Kappa değeri %70 oranındadır. Üretici doğruluğu buğday ve diğer sınıfları için sırasıyla %92 ve %80; kullanıcı doğruluğu ise sırasıyla %77 ve %93 olarak belirlenmiştir (Çizelge 13).

YSA yöntemi kullanılarak ürünün yatık olduğu parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma sonucuna göre genel doğruluk %89 ve Kappa değeri %78 oranındadır. Üretici doğruluğu

buğday ve diğer sınıfları için sırasıyla %93 ve %86; kullanıcı doğruluğu ise sırasıyla %85 ve %93 olarak belirlenmiştir (Çizelge 14).

YSA yöntemi kullanılarak ürünün yabancı otlu olduğu parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma sonucuna göre genel doğruluk %89 ve Kappa değeri %78 oranındadır. Üretici doğruluğu buğday ve diğer sınıfları için sırasıyla %93 ve %86; kullanıcı doğruluğu ise sırasıyla %85 ve %93 olarak belirlenmiştir (Çizelge 15).

Çizelge 13. YSA yöntemi ile yaygın çeşidin ekili olduğu parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma doğruluğu.

Table 13. Confusion matrix of the classification with the segments in the common variety planted plots using the ANN method.

	Buğday Wheat	Diğer Others	Sütun Toplamı Column Total	Kullanıcı Doğruluğu Users Accuracy
Buğday Wheat	46	14	60	0,77
Diğer Others	4	56	60	0,93
Satır Toplamı Row Total	50	70	120	
Üretici Doğruluğu Producers Accuracy	0,92	0,80		
	Genel Doğruluk Overall Accuracy	0,85	Kappa Değeri Kappa Value	0,70

Çizelge 14. YSA yöntemi ile ürünün yatık olduğu parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma doğruluğu.

Table 14. Confusion matrix of the classification with the segments in lodged plots using the ANN method.

	Buğday Wheat	Diğer Others	Sütun Toplamı Column Total	Kullanıcı Doğruluğu Users Accuracy
Buğday Wheat	51	9	60	0,85
Diğer Others	4	56	60	0,93
Satır Toplamı Row Total	55	65	120	
Üretici Doğruluğu Producers Accuracy	0,93	0,86		
	Genel Doğruluk Overall Accuracy	0,89	Kappa Değeri Kappa Value	0,78

Çizelge 15. YSA yöntemi ile ürünün yabancı otlu olduğu parsellerde bulunan segmentler ile yapılan sınıflandırma doğruluğu.

Table 15. Confusion matrix of the classification with the segments in weedy plots using the ANN method.

	Buğday Wheat	Diğer Others	Sütun Toplamı Column Total	Kullanıcı Doğruluğu Users Accuracy
Buğday Wheat	51	9	60	0,85
Diğer Others	4	56	60	0,93
Satır Toplamı Row Total	55	65	120	
Üretici Doğruluğu Producers Accuracy	0,93	0,86		
	Genel Doğruluk Overall Accuracy	0,89	Kappa Değeri Kappa Value	0,78

Çalışma bulguları Çizelge 16’da belirtildiği üzere aşağıda özetlenmektedir:

Eğitim verisi erken ekim yapılan parsellerden seçildiğinde sınıflama doğruluğu daha düşük iken, daha geç ekim yapılan parsellerden alındığında sınıflandırma doğruluğu daha yüksek hesaplanmıştır. Bu durum araştırma sonuçları için en önemli bulguyu oluşturmaktadır. Buğday ekimi araştırma alanında ağırlıklı olarak 20 Kasım ve 20 Aralık zamanlarında gerçekleştirilmiştir. Erken ekim ve daha geç ekim parselleriyle yapılan sınıflandırma sonuçlarının genel doğruluk oranları EÇB yöntemine göre sırasıyla %76 ve %83; YSA yöntemine göre ise %75 ve %88 olarak bulunmuştur. Aynı bitki türü için parseller arası ekim zamanında bir aylık farkın önemli değerlendirme hatalarına yol açabildiği bildirilmiştir (Jensen, 2016). Karabulut ve ark. (2021) Kırklareli’nde 2018 yılında yürüttükleri çalışmada, ayçiçek ekili alanları Sentinel-2A görüntüleri ile nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ile belirlemişlerdir. Çalışmada doğruluk oranları ayçiçeği alanları için erken ekim ve geç ekim özelliklerine göre sırasıyla %98 ve %92 olarak bulunmuştur. Ayçiçek alanları için alınan yüksek doğruluk oranları sınıflandırmada kullanılan bitkilerin farklı gelişme dönemlerine ait alınan spektral imzalar, NDVI yardımcı verilerinin ve segment-tabanlı

yöntemin kullanılmasından kaynaklanmış olabilir (Lu ve Weng, 2007)

Ekim zamanı ekilen tohum miktarına, parsel içinde çimlenme ve çıkış zamanlarında farklılığa neden olması ve bitki yoğunluğuna etki etmesi (Yürür, 2017) nedeniyle sınıflandırma doğruluğuna etki edebilen bir özellik olarak dikkat çekmektedir.

Yaygın çeşit kullanıldığında her iki görüntü sınıflandırma yöntemi için sınıflandırma genel doğruluklarının %85 ve üzeri olduğu görülmektedir. Farklı bitki çeşidinin sınıflandırma sonuçlarına etki edebileceği (McCoy, 2005; Jensen, 2016) bildirilse de bu çalışmada buğday için önemli bir fark bulunamamıştır.

Serpme ekim, bitkilerde yatma olması ve yabancı ot yoğunluğunun ışığın yansıma özelliklerinde sınıflandırma sonuçlarını değiştirecek bir farklılık meydana getirmediği belirlenmiştir.

EÇB yöntemi sınıflandırma sonuçları YSA sonuçlarına göre sadece iki özellik için (erken ekim ve yaygın çeşit özelliklerine göre) daha iyi sonuçlar sağlamıştır. Yapılan çalışmalarda parametrik olmayan YSA metotları, parametrik bir teknik olan EÇB metoduna göre çoğunlukla daha yüksek sınıflandırma başarıları gösterebilmektedir (Bulut, 2023).

Çizelge 16. Sınıflandırma yöntemlerine göre sınıflandırma sonuçları.
Table 16. Classification results according to classification methods.

Değişkenler Parameters	EÇB Yöntemi MLC Method	YSA Yöntemi ANN Method
	Genel doğruluk Overall accuracy	Genel doğruluk Overall Accuracy
	Kappa değeri Kappa value	Kappa değeri Kappa value
Erken ekim Early planted	0,76	0,52
Geç ekim Late planted	0,83	0,65
Serpme ekim Broadcast planted	0,85	0,70
Yaygın çeşit Common variety	0,88	0,77
Yatık durum Lodging condition	0,87	0,73
Yabancı otlar Weed presence	0,87	0,73

Çizelge 16'da özetlendiği gibi sınıflandırma sonuçlarına göre erken ekim yapılan parsel verisiyle elde edilen genel doğruluk ve Kappa değerleri EÇB yöntemi için %76 ve %52, geç ekim yapılan parsel verisiyle %83 ve %65, serpme ekim yapılan parsel verisiyle %85 ve %70, yaygın çeşidin bulunduğu parsel verisiyle %88 ve 77, ürünün yatık olduğu parsel verisiyle %87 ve %73 ve yabancı otlu parsel verisiyle ise %87 ve %73 olarak bulunmuştur. Sınıflandırma doğruluklarına YSA yöntemi ile bakıldığında erken ekim yapılan parsel verisiyle elde edilen genel doğruluk ve Kappa değerleri %75 ve %50, geç ekim yapılan parsel verisiyle %88 ve %77, serpme ekim yapılan parsel verisiyle %86 ve %72, yaygın çeşidin bulunduğu parsel verisiyle %85 ve %70, ürünün yatık olduğu parsel verisiyle %89 ve %78 ve yabancı otlu parsel verisiyle ise %89 ve %78 olarak bulunmuştur.

Bu çalışmada elde edilen doğruluk oranlarının benzer çalışma sonuçları ile uyumlu olduğu görülmektedir. Özdarıcı ve ark. (2011) çalışmasında, Karacabey Ovası'nda yetiştirilen 5 farklı ürün sınıfı için SPOT 5 görüntüsü kullanılarak yapılan sınıflandırma sonucunda EÇB yöntemi ile elde edilen genel doğruluk oranı %79,77 olarak hesaplanırken, Kappa oranı %67,82 olarak bulunmuştur. Yine başka bir çalışmada Özçalık ve ark. (2020) EÇB yöntemi kullanarak arazi örtüsünü %75-85 arasında değişen genel doğruluk ve %66-79 arasından değişen Kappa değerleri ile sınıflandırmışlardır. Peña ve ark. (2014) yürüttükleri çalışmada, YSA sınıflandırma yöntemiyle Aster görüntüsünü %88 oranında genel doğrulukla sınıflandırmışlardır. Kussul ve ark. (2015) Landsat8 görüntüleri ile kışlık buğday, kışlık kolza, mısır, şeker pancarı, soya fasulyesi, ayçiçeği, orman, mera ve su yüzeylerini YSA yöntemiyle %85 genel doğruluk ve %82 Kappa değeri ile sınıflandırılmıştır. Kumar ve ark. (2023) Landsat8 uydu görüntüleri ile arazi kullanım sınıflaması yapmışlar ve sınıflandırma sonucunda EÇB ve YSA yöntemleri için sırasıyla %89 ve %86 genel doğruluk değerlerini elde etmişlerdir. Yine Bursa ili Karacabey ilçesinde Tavus ve ark. (2019) tarafından yürütülen bir çalışmada genel doğruluk oranı %87.5 olarak bildirilmiştir. Bir diğer çalışmada, Torunlar ve ark. (2021) Konya ili Karapınar ilçesinde Sentinel-2A uydu görüntüleri ve nesne tabanlı sınıflandırma yöntemini kullanarak arpa, buğday, mısır, şeker pancarı, yonca ve fiğ ürünleri ile mera alanlarını %82

genel doğruluk oranı ve %76 Kappa değeri ile belirlemiştir.

Araştırmada elde edilen sınıflandırma sonuçlarına ait genel sınıflandırma doğrulukları EÇB ve YSA yöntemleri için sırasıyla %75-89 ve Kappa değerleri için %50-78 aralığında hesaplanmıştır. Tarımsal üretimde sınıflama doğruluğunun %85 olması genel olarak yeterli görülmeyle birlikte, ekili alanların belirlenmesinde %15 oranındaki hata payı gıda güvenliği yönetimi veya piyasaları yönetmek için azaltılmalıdır (Gallego ve ark., 2010). 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). Orta derece bir uyum değerlendirmesi için Kappa değerlendirme aralığının 0,40-0,75 olarak da kabul edildiği görülmektedir (Mather, 1999). Araştırmada Kappa değerlerinin 0,40-0,80 arasında olması yer gözlem bilgisi ile sınıflandırılan harita bilgisi arasında orta derecede bir uyum olduğunu ortaya koymaktadır.

SONUÇ

Araştırmada Menemen Ovası'nda buğday yetiştirilen alanlar Sentinel-2A uydu görüntüsü üzerinde EÇB yöntemi ve YSA yöntemleri ile sınıflandırılmıştır. YSA yöntemi EÇB yöntemine göre genel olarak daha üstün sonuçlar vermiştir. En güvenilir sınıflandırma sonucuna ulaşabilmek için görüntü üzerinde bitki özellikleri ve yetiştiricilik işlemlerinin etkisi test edilmiştir. Elde edilen tematik haritaların değerlendirilmesinde doğrulama matrislerinden faydalanılmıştır. Bu matrisler sayesinde ürün sınıflarına ait doğruluklar, genel doğruluk ve Kappa oranları hesaplanarak yetiştiricilik uygulamaları ve bitki özelliklerinin uydu verileriyle tarım alanlarındaki ürün desenini tespit etmedeki önemi ortaya konulmuştur. Araştırmada buğday parsellerinde erken ekim ya da daha geç ekim yapılması ile ekilen tohum miktarının farklı olması, ekim yönteminin değişmesi, bitki gelişme dönemlerinde fark oluşturması ve bunlara bağlı olarak değişen yansıma özellikleri nedeniyle sınıflandırma sonuçlarını önemli derecede etkilediği belirlenmiştir. Serpme ekim, yaygın çeşit, buğday yatma durumu ve yabancı ot durumu özelliklerinin ise sınıflandırma sonuçlarını önemli derecede deştiirmediği gözlenmiştir.

Gelecekte ülkemizde yapılacak çalışmalarda, tarım havzalarında fiğ, yonca gibi dik, yarı yatık ve yatık gövde formuna sahip bitkilerin yetiştiricilik işlemlerine yönelik detaylı incelemelerin büyük önem arz edeceği düşünülmektedir. Özellikle bu bitkilerin farklı büyüme formlarının uydu görüntüleri üzerinden izlenmesi, tarla bazlı ölçümlerle kıyaslandığında ürün deseni belirleme çalışmalarının doğruluğunu artırabilir. Bu bağlamda, gelişmiş algoritmalar ve yapay zekâ destekli analiz yöntemleri kullanılarak, bu bitki formlarının uydu görüntülerinden elde edilen yansımalarının doğru bir şekilde sınıflandırılması sağlanabilir. Ayrıca, birden fazla biçim yapılabilen yonca ve İtalyan çimi gibi türlerin farklı biçim dönemlerindeki boylanma hızları ve parsel kapama oranları, uydu görüntüleri üzerinden hassas bir şekilde takip edilebilir ve böylece hasatta verim tahmini modellerine daha yüksek doğruluk kazandırılabilir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Anonim. 1971. Menemen Ovası Temel Toprak Etüdü. Topraksu Genel Müdürlüğü Toprak ve Etüd Haritalama Dairesi Raporları, Seri No: 24, Ankara.
- Anonim. 2023. MGM Meteoroloji Genel Müdürlüğü Menemen Meteoroloji İstasyonu Verileri.
- Anonim. 2024a. <https://gisgeography.com/sentinel-2-bands-combinations/>
- Anonim. 2024b. <https://www.copernicus.eu/en>
- Bulut, S. 2023. Uydu görüntüsü ve uzaktan algılama teknikleri ile arazi kullanım sınıflarının belirlenmesi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi* 9(2):150-156.
- Delen, A., F.B. Şanlı. 2017. Pamuk ekili alanların nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ile belirlenmesi: menemen örneği. *Journal of New Results in Engineering and Natural Science* (6) 1-8.
- Eastman, J.R. 2020. TerrSet Tutorial. <https://clarklabs.org/wp-content/uploads/2016/10/TerrSet-Tutorial.pdf>
- 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.* 265-267.
- Gallego, J., Carfagna, E., Baruth, B. 2010. Accuracy, objectivity and efficiency of remote sensing for agricultural statistics pp. 202-205. In: Benedetti, R., Bee, M., Espa, G., Piersimoni, P. (Ed.'s) *Agricultural Survey Methods.* John Wiley & Sons Ltd., Wiltshire., UK.
- Jensen, J. R. 2016. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, 4th Ed. Pearson.

Sonuç olarak, tarım havzalarında bitkilerin gelişme durumlarının uydu görüntüleriyle izlenmesi, sadece verim tahmini değil, aynı zamanda sulama zamanlaması, gübreleme ve zararlı kontrolü gibi diğer tarımsal uygulamaların da optimize edilmesine katkı bulunabilir. Bu tür analizlerin gelecekte tarımsal yönetimde sürdürülebilirlik ve verimlilik hedeflerini daha üst seviyelere taşıyacak potansiyeli ortaya çıkaracağı 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.

- 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.
- Kumar, A., R.D. Garg, P. Singh, A. Shankar, S.R. Nayak, M. Diwakar. 2023. Monitoring the land use, land cover changes of Roorkee Region (Uttarakhand, India) Using Machine Learning Techniques. *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development (IJESD)* 14 (1): 1-16.
- Kussul, N., S. Skakun, A. Shelestov, M. Lavreniuk, B. Yailymov, O. Kussul. 2015. Regional scale crop mapping using multi-temporal satellite imagery. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-7/W3, 2015 36th International Symposium on Remote Sensing of Environment.* 11–15 May 2015. Berlin, Germany
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., Chipman J. 2018. *Uzaktan Algılama ve Görüntü Yorumlama (7. Baskıdan çeviri. Çeviri ed. K.Ş. Kavak).* Palme Yayınevi Yay. No: 1593. Ankara.
- Lu, D., and Q. Weng. 2007. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing* 28(5): 823-870.
- Mather, P. M. 1999. *Computer Processing of Remotely Sensed Images. An Introduction, Second Edition.* 292 pp. Chichester, England.
- McCoy, R.M. 2005. *Field Methods in Remote Sensing.* The Guilford Press, New York.

- Mirici, M. E., S. Berberoglu, A. Akın, O. Satır. 2017. Land use/cover change modelling in mediterranean rural landscape using MLP-MC. *Applied Ecology and Environmental Research* 16(1):467-486.
- 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- ileri teknikler s.171-197. F. Sunar (Ed.). *Dijital Görüntü İşleme*. Anadolu Üni. Yay. No: 3658. Eskişehir.
- Ozdarici 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. 29 September – 2 October 2014, Istanbul, Turkey*.
- Özçalık H. Torun A. T. Bilgilioğlu S. S. 2020. Landsat uydu görüntüleri kullanılarak Mogan Gölü'nün su yüzeyi ve arazi örtü değişiminin belirlenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi* 2(2): 77-84.
- Özdarıcı Ok, A., Ö. Akar, O. Güngör. 2011. Rastgele orman sınıflandırma yöntemi yardımıyla tarım alanlarındaki ürün çeşitliliğinin sınıflandırılması. *Türkiye Ulusal Fotogrammetri ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB) VI. Teknik Sempozyumu*. Antalya, Turkey
- Özkan, C. 2016. Sınıflandırma. s.156-172. F. Sunar (Ed.). *Uzaktan Algılama*. Anadolu Üni. Yay. No: 2320. Eskişehir.
- Peña, J. M., P. A. Gutiérrez, C. Hervás-Martínez, J. Six, R. E. Plant, F. López-Granados. 2014. Object-Based image classification of summer crops with machine learning methods. *Remote Sens.* 2014 (6): 5019-5041. doi:10.3390/rs6065019
- Sarı, M., N. K. Sönmez, M. Yıldırım, 2007. Pamuk bitkisinin kantitatif yansıma özelliklerinin ve alansal dağılımının uydu verileri ile belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 20(1): 1-10.
- Sudmeyer, R., A. Edward, V. Fazakerley, L. Simpkin and I. Foster. 2016. Climate change: Impacts and adaptation for agriculture in Western Australia, *Bulletin* 4870, Department of Agriculture and Food, Western Australia, Perth.
- 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.
- TÜİK. 2023. Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel Üretim İstatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr>
- Uslu, İ., Z. Çelik, G. Yüceerim, V. Karagül, A. Özdarıcı Ok. 2023. Buğday yetiştiriciliğinin mevsimsel iklim değişkenliğinden etkilenebilirlik derecesi ve uyum kapasitesinin değerlendirilmesi üzerine bir araştırma. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi* 33 (2): 220-236.
- Yürür, N. 2017. Buğday, arpa, yulaf, çavdar, tritikale. s. 62-71. K. Yağdı (Ed.). *Tarla Bitkileri I*. Anadolu Üni. Yay. No: 2256. Eskişehir.