

İHA Tabanlı Ortofoto ile Pamuk Ekili Alanların Sınıflandırılması ve Yabancı Ot Tespiti

^{1*}Mehmet Halit AKKUŞ, ²Sema BAŞBAĞ, ³Nizar POLAT

¹ Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Diyarbakır, Türkiye

²Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Diyarbakır, Türkiye

³Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği, Şanlıurfa, Türkiye

Özet

Tarımda yabancı otlar, kültür bitkilerinin gelişimini engelleyerek önemli verim kayıplarına neden olmaktadır. Geleneksel yöntemlerle yabancı otların tespiti, zaman alıcı, iş gücü gerektiren ve maliyetli olabilir. Ancak, son yıllarda teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, tarım sektöründe insansız hava araçları (İHA) kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. İHA'lar, tarım alanlarında yüksek çözünürlüklü görüntüler elde etmek için kullanılabilir ve bu sayede yabancı otlar hızlı bir şekilde tespit edilebilir. İnsansız Hava Araçlarının (İHA) entegrasyonu afet yönetimi, ormancılık, fotogrametri ve tarım gibi birçok alanda hızlı ve etkili bir şekilde analiz eder. Bu teknoloji geleneksel yöntemlere göre düşük maliyetli, daha hızlı çalışma yapılmasını sağlar. Bu çalışmanın amacı İHA tabanlı ortofoto ile tarla bitkilerini sınıflandırarak yabancı ot tespitinin yapılması ve doğruluğunu analiz etmektir. Bu çalışmada yabancı ot ile beraber dört ayrı sınıfta incelenen pamuk tarlasına ait oluşturulan ortofoto sınıflandırılmasında ortalama doğruluk oranı %95 çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: İnsansız Hava Aracı, Tarım, Pamuk Fotogrametri, Ortofoto, Yabancı Ot

Abstract

Weeds are a major challenge in agriculture, as they compete with cultivated crops for essential resources such as water, nutrients, and sunlight, leading to considerable reductions in yield. Conventional weed detection methods, while commonly used, are often inefficient due to their labor-intensive, time-consuming, and costly nature. In recent years, the adoption of unmanned aerial vehicles (UAVs) has emerged as a promising alternative in precision agriculture. UAVs enable the acquisition of high-resolution imagery across large agricultural areas, making it possible to detect weed infestations more quickly and accurately. Their application has extended beyond agriculture into domains like forestry, photogrammetry, and disaster monitoring, offering a more cost-effective and efficient solution compared to traditional practices. This study aims to classify crop fields using UAV-derived orthophotos and assess the performance of weed detection. The classification process, conducted on a cotton field segmented into four distinct classes including weeds, achieved an overall accuracy of 95%.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle, Agriculture, Cotton, Photogrammetry, Orthophoto, Weed

1-Giriş

Tarım besin üretiminin yanı sıra endüstri için hammadde sağlama, ekonomik kalkınmayı destekleme ve istihdam yaratma gibi kritik işlevlere sahiptir Tarım, gıda üretiminin temeli oluşturan ve dünya nüfusunun artması ile birlikte tarımsal verimliliğin artırılması, küresel gıda güvenliği için büyük önem taşımaktadır [1] Tarımsal üretimin sürdürülebilirliği ve verimliliği, çevresel, ekonomik ve sosyal faktörlerden etkilenmektedir. Artan dünya nüfusu, iklim değişikliği ve doğal kaynakların tükenmesi gibi faktörler tarımsal üretimi tehdit eden başlıca sorunlar arasında yer almaktadır [2]. Önemli bir tarım ürünü olan pamuk Pamuk (*Gossypium hirsutum L.*), dünya tarımında önemli bir yer tutan ve tekstil sanayisinin temel hammaddelerinden biri olan stratejik bir üründür. Türkiye’de özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi, pamuk üretiminde öne çıkmakta ve ülke üretiminin yaklaşık %61’ini karşılamaktadır. Pamuk tarımında karşılaşılan temel problemlerden biri yabancı otlardır. Yabancı otlar, pamukla su, besin ve ışık gibi kaynaklar için rekabet ederek bitki gelişimini olumsuz yönde etkiler; verimi düşürür, hasadı zorlaştırır ve lif kalitesini azaltabilir. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yapılan bir çalışmada, domuz pıtrağı (*Xanthium strumarium L.*), it üzümü (*Solanum nigrum L.*), fener otu (*Physalis spp.*), horozibiği (*Amaranthus retroflexus L.*) ve kanyaş (*Sorghum halepense*) gibi türlerin en problemli yabancı otlar olduğu belirlenmiştir. Yabancı ot mücadelesi, pamuk üretiminde hem maliyetleri artırmakta hem de çevresel etkileri nedeniyle dikkatli yönetilmesi gereken bir süreçtir. Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki pamuk üreticileri genellikle ekim öncesi herbisit uygulamaları ve mekanik yöntemlerle mücadeleyi birlikte kullanmakta; ancak herbisit kullanımına dair bilgi eksikliği ve uygun herbisit bulunamaması gibi sorunlarla karşılaşmaktadırlar. Bu durum, sürdürülebilir pamuk tarımı için yabancı otlarla mücadelede alternatif ve entegre yöntemlerin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır[3]. Yabancı ot, tarımsal alanlarda yetişen ve ekimi yapılan kültür bitkileriyle rekabete girerek verim kayıplarına neden olan istenmeyen bitkilerdir. Yabancı otlar, tarla bitkilerinin büyüme evrelerini olumsuz etkileyerek, ürün kayıplarına ve tarımsal kaynakların heba olmasına yol açmaktadır. Kültür bitkileriyle su, güneş ışığı ve besin maddeleri için rekabet eder [4]. Hasat edilen ürün içinde yabancı ot tohumlarının bulunması kaliteyi olumsuz etkileyebilir [5]. Bazı yabancı otlar, hastalık etmenlerine ve zararlılara konakçılık yapabilir [6]. Yabancı otlarla mücadelede kullanılan yöntemler kültürel, mekanik, kimyasal ve biyolojik mücadele yöntemleridir. Son yıllarda, tarımsal uygulamalarda teknolojinin etkin kullanımı, bu tür sorunlarla mücadelede önemli bir çözüm olarak ortaya çıkmıştır. Gelişen teknoloji sayesinde, iş gücünü azaltıp daha az zaman, kullanılan üründe kalite ve verimi artırdığı için bütün alanlarda yararlanılmaktadır. Tarımda bu teknolojik gelişmelerden kendi payını almıştır. Arazilerde yapılan çalışmalarda artık teknolojik alet ve ekipmanlar yaygın olarak kullanılmaktadır [7]. İnsansız Hava Araçları (İHA’lar) teknolojisi, tarımda çok önemli gelişmeler sunmaktadır. İHA’lar, yüksek çözünürlüklü görüntüleme sistemleri ile tarım alanlarının izlenmesi ve yabancı otların tespiti gibi işlemleri daha hızlı, verimli ve çevre dostu bir şekilde geliştirmeye olanak tanımaktadır. İHA’lar ile yapılan görüntüleme ve analizlerin, tarımda yabancı otlarla mücadelede nasıl daha etkili ve verimli sonuçlar elde edilebileceğini ortaya koymaktır [8].

Fotogrametri; bindirmeli olarak çekilen resimler aracılığıyla yeryüzündeki nesnelerin konumunu, şeklini ve boyutunu belirlemeye yarayan bilim dalıdır [9]. Gelişen ve ilerleyen teknolojiyle birlikte fotogrametri klasik yersel ölçümlere göre daha doğru ve hızlı sonuçlar vermeye başlamıştır [10].

Son yıllarda Hareket Tabanlı Yapısal Algılama (SfM: Structure from Motion) tekniği, ticari yazılımlar aracılığıyla İHA araçlarından elde edilen görüntülerin işlenerek yüksek

çözünürlüklü sayısal yeryüzü modeli ve ortofoto haritaların üretilmesinde kullanılmaktadır [11].

Gökçeoğlu, İ., & Yalçın, H. (2020). çalışmalarında pamuk tarımında yabancı otların zararları ve bu otlarla mücadele etmek için kullanılan mekanik, kimyasal ve biyolojik yöntemler hakkında derinlemesine bilgi sunmaktadır [12].

Yılmaz, S., & Kaya, A. (2018). Yaptıkları çalışmada pamukta yabancı otların kontrolü için kullanılan kimyasal ürünlerin etkinliğini incelemekte ve bu yöntemlerin çevresel etkilerini ele almaktadır [13].

Çetin, S., & Şahin, Z. (2019). çalışmalarında İHA teknolojisinin pamuk tarlalarındaki yabancı otların tespiti için nasıl kullanılabileceğine dair yenilikçi bir yaklaşımı ele almaktadır [14].

Özdemir, E., & Yılmaz, E. (2019) çalışmalarında İHA teknolojisinin tarım sektöründe kullanımı ve bu teknolojinin tarımsal verimliliğe olan katkılarını incelemektedir. Özellikle sulama, pest kontrolü ve bitki sağlığı izleme gibi alanlarda İHA'ların potansiyelini araştırmışlardır [15].

Çelik, N., & Kara, A. (2018) İHA'lar ile yüksek çözünürlüklü görüntüleri kullanarak mahsul izleme ve verim tahminlerinin yapılması üzerine yürüttükleri Çalışmalarında, bu teknolojinin tarımda nasıl verimli bir şekilde kullanılabileceğini örneklerle açıklamışlardır [16].

Bu çalışmada Harran Üniversitesi kampüsünde pamuk tarlasında gerçekleştirilen İHA uçuşu ile ortofoto oluşturulmak üzere bindirmeli görüntüler çekilmiştir. Agisoft yazılımında SFM yöntemiyle elde edilen bindirmeli görüntülerle ortofoto oluşturulmuştur. ArcGIS yazılımında ise elde edilen ortofoto kullanılarak En yüksek olasılıklı yöntemle sınıflandırma yapılmıştır. Burada yabancı otları ayrı bir sınıfta sınıflandırıp tespiti yapılmıştır. Yine ArcGIS yazılımında üretilen sınıflandırmanın Rastgele eşit katmanlı yöntemle doğruluk analizi gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Çalışma alanı

Çalışma alanı olarak tarımsal üretimin yoğun olduğu Şanlıurfa ili Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsünde bulunan pamuk tarlası seçilmiştir. Pamuk tarlası 286,13 dönüm alanda ekili olup yıldırım63, ba911, ba1010 pamuk çeşitleri ekilmiştir. Bu konumun tam hava görüntülerini yakalamak için titizlikle planlanmış bir fotogrametrik uçuş ataması gerçekleştirilmiştir. Uçuş ataması %80 örtüşmeli on bir diziden oluşmakta olup DJI Mavic 2 Pro drone kullanılarak kırk metre yükseklikte tamamlanmıştır. Bu uçuşlar sırasında toplam 312 coğrafi etiketli fotoğraf çekilmiştir. Bölgede genellikle, Sorghum halepense (Kanyaş), Xanthium strumarium (Domuz pıtrağı), Solanum nigrum (İt üzümü), Physalis philadelphica (Fener otu) ve Portulaca oleracea (Semizotu) yabancı otları bulunur.



Şekil 1. Pamuk tarlasına ait ortofoto

2.2. Yöntem

2.2.1. SFM (Structure from Motion)Yöntemi

Bir nesnenin veya sahnenin farklı açılardan çekilmiş 2D görüntülerinden 3D model oluşturmaya sağlayan bir bilgisayarlı görüntü (bilgisayarlı görme) teknolojisidir. SfM, özellikle fotogrametri, robotik, otonom araçlar, arkeoloji, bakanlık bilgi sistemleri (GIS) ve sanal gerçeklik gibi alanlarda yaygın olarak kullanılır [17].

SfM programları, bir dizi fotoğraf veya video kareleri arasındaki benzer noktaları (anahtar noktalar) tespit ederek şu adımları takip eder:

- Görüntülerde belirgin köşe veya kenar gibi anahtar noktalar (anahtar noktalar) tespit edilir.
- Farklı görüntülerde tespit edilen anahtar noktalar eşleştirilir.
- Kamera konumları ve değerleri tahmin edilir. Bu, iki görüntü arasındaki epipolar geometri standartlarına dayanıklıdır.
- Eşleşen noktalar aracılığıyla 3 boyutlu nokta bulutu oluşturulur.
- Daha fazla nokta eklenerek yoğun bir 3D model oluşturulabilir ve yüzey kaplama (meshing & dokulandırma) yapılabilir [18].

2.2.2. En Yüksek Olasılıklı Yöntem(Maximum Likelihood)

Uzaktan algılama ve görüntü işleme çalışmalarında yaygın olarak kullanılan denetimli bir sınıflandırma yöntemidir. Bu yöntem, her pikselin belirli bir sınıfa ait olma olasılığını istatistiksel olarak hesaplar ve pikseli en yüksek olasılığa sahip sınıfa atar [19].

2.2.3. Rastgele Eşit Katman(Equalized_Stratified_Random)

ArcGIS'te Equalized_Stratified_Random örnekleme stratejisi, her sınıfa eşit sayıda rastgele dağıtılmış noktalar oluşturarak sınıflandırma doğruluğunu değerlendirmek için kullanılır. Bu yöntem, her sınıfın görüntüde kapladığı alandan bağımsız olarak, tüm sınıflara aynı sayıda örnek noktası atar [20].

2.2.4. Değerlendirme metrikleri

OA, tüm arazi örtüsü sınıflarındaki doğru sınıflandırılmış örneklerin oranıdır. Doğru sınıflandırılmış toplam örnek sayısının veri kümesindeki toplam örnek sayısına oranı olarak hesaplanır (Denklem (1)). OA, tüm veri kümesindeki sınıflandırma doğruluğunu göz önünde bulundurarak modelin performansının genel bir ölçüsünü sağlar. Kappa katsayısı, şans eseri olabilecek uyumu hesaba katarak tahmin edilen ve gerçek sınıflandırmalar arasındaki uyumu değerlendirmek için kullanılan istatistiksel bir ölçüdür. Kappa katsayısı -1 ile 1 arasında değişir. Kappa = 1, tahmin edilen ve gerçek sınıflandırmalar arasında mükemmel uyumu gösterir. Kappa = 0, şanstan daha iyi olmayan uyumu gösterir. Kappa < 0, şanstan daha kötü bir uyum olduğunu gösterir. Kappa katsayısı, Denklem (2)'teki gibi hesaplanır [21].

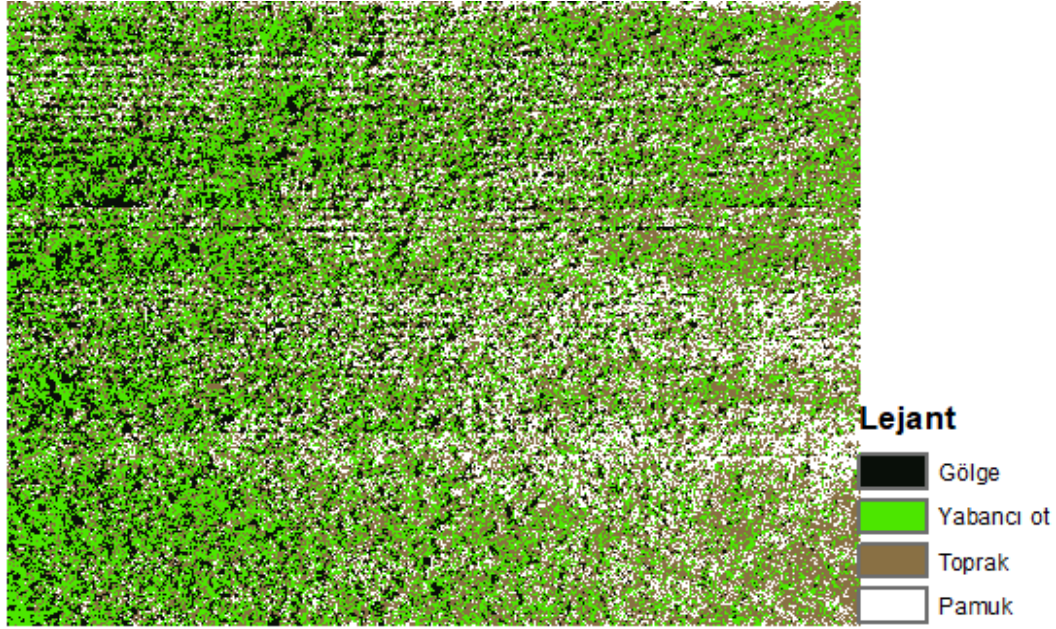
Tablo 1. Değerlendirme formülleri

$Overall Accuracy (OA)(Genel doğruluk) = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN}$	(1)
$Kappa (K) = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$ $P_o = \frac{Doğru sınıflandırılmış toplam örnek sayısı (TP + TN)}{Toplam örnek sayısı (TP + TN + FN + FP)}$ $P_e = \frac{\sum_i n_{ii} \times n_{i+} \times n_{+i}}{N^2}$	(2)

3. Bulgular

Bu çalışmada, Şanlıurfa iline bağlı pamuk üretim alanlarında yaygın olarak görülen yabancı ot türleri, yoğunlukları ve mücadele yöntemlerinin İHA ile etkinliği değerlendirilmiştir. Yabancı otların yoğunluğu ve dağılımı, tarla koşullarına ve uygulanan tarım yöntemlerine göre değişiklik göstermektedir. Özellikle Kanyaş ve Domuz Pıtrağı, yüksek rekabet gücü ve hızlı yayılma özellikleri ile pamuk gelişimini önemli ölçüde olumsuz etkilemektedir. Pamuk tarlasında İHA kullanarak yabancı ot tespiti için yapılan bu çalışmada, Agisoft yazılımında SFM yöntemi ile ortofoto oluşturulduktan sonra Arcgis yazılımında en yüksek olasılıklı

yönteme göre 4 ayrı sınıftan etiket oluşturulup yabancı ot tespiti yapılmıştır. Şekil 2. de gösterildiği gibi bir pamuk tarlasında gölge, yabancı ot, toprak ve pamuk için her ayrı sınıfa ait renklendirme yapıp, yabancı otun tespiti belirgin hale getirilmiştir.



Şekil 2. Sınıflandırma haritası

Aşağıdaki tabloda İHA ile tespit edilen gölge, yabancı ot, toprak ve pamuk için ArcGIS yazılımında yer alan Rastgele eşit katmanlı yönteme göre toplam 100 örneklem alınarak, her sınıfa ait 25 örneklem atanacak şekilde sınıflandırma doğruluğunun hem karışıklık matrisi hemde doğruluk değerleri hesaplanmıştır. Buna göre gölge sınıfı %100 doğrulukta hesaplanmıştır. Yabancı ot sınıfı %92, Toprakta %96, Pamukta ise %92 doğruluk hesaplanmıştır. Genel doğruluk değeri %95 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2. Doğruluk analizi

	Sınıf Değeri	1	2	3	4	Toplam	Genel Doğruluk	Kappa
1	Gölge	25	0	0	0	25	1	0
2	Yabancı Ot	0	23	2	0	25	0.92	0
3	Toprak	0	1	24	0	25	0.96	0
4	Pamuk	0	0	2	23	25	0.92	0
	Total	25	24	28	32	100	0	0
	Ortalama Doğruluk	1	0.95833 3	0.85714 3	1	0	0.95	0
	Kappa	0	0	0	0	0	0	0.93333 3

4. Sonuçlar

Tarımda yabancı otlar, kültür bitkilerinin büyümesini engelleyerek, ürün verimliliğini düşürmekte ve ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Yabancı otların, toprakta besin maddeleri, su ve ışık gibi kaynaklar için kültür bitkileriyle rekabet ederek verim kayıplarına neden olmaları, tarımın sürdürülebilirliğini tehdit eden başlıca faktörler arasında yer almaktadır. Bunun yanı sıra, yabancı otlar, tarımsal ürünlerin kalitesini de olumsuz yönde etkileyerek, ürünlerin ticari değerini düşürmektedir.

Pamukta yabancı otlarla mücadele ise çeşitli zorluklarla karşılaşılabilen bir süreçtir. Bu zorluklar, hem tarımsal hem de çevresel faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Pamukta yabancı otlarla mücadelenin bazı önemli zorlukları: Kimyasal herbisitlerin etkinliği zamanla azalabilir çünkü bazı yabancı ot türleri, kullanılan ilaçlara karşı direnç geliştirebilir. Bu, kimyasal mücadeleyi daha az etkili hale getirir ve daha güçlü, daha pahalı ilaçların kullanılmasına yol açar. Ayrıca, kimyasal ilaçların yanlış kullanımı, çevresel etkiler yaratabilir. Bu durum, toprak ve su kirliliğine yol açarak ekosistemi olumsuz etkileyebilir. Pamuk tarlalarında farklı yabancı ot türlerinin varlığı, mücadeleyi karmaşıktırır. Her bir yabancı ot türü farklı büyüme koşulları ve mücadele yöntemlerine ihtiyaç duyabilir. Bu, farklı mücadele stratejileri geliştirmeyi zorlaştırır.

Özellikle, bazı yabancı otlar pamuk bitkileriyle benzer özelliklere sahip olabilir ve kimyasal mücadele ile zarar görmeden yaşamaya devam edebilir. İklim değişiklikleri ve mevsimsel farklılıklar, yabancı otların yayılma hızını etkileyebilir. Şanlıurfa gibi sıcak ve kurak bölgelerde, yabancı otlar özellikle erken dönemlerde hızla büyüebilir, bu da pamuk bitkilerinin verimliliğini tehdit edebilir. Ayrıca, toprak yapısı ve sulama yöntemleri de yabancı otların büyümesini etkileyebilir. Bazı toprak türlerinde, yabancı otların gelişimi hızlanabilir. Yabancı

otlarla mücadele için gerekli olan harcamalar, pamuk üreticileri için ekonomik bir yük oluşturabilir. Kimyasal mücadele için yüksek maliyetli ilaçlar, biyolojik veya mekanik yöntemler için gereken iş gücü ve ekipman yatırımları, üreticinin bütçesini zorlayabilir. Üreticilerin yeterli bilgiye sahip olmamaları veya yanlış mücadele yöntemleri seçmeleri, verim kaybına ve dolayısıyla ekonomik kayıplara yol açabilir. Yabancı otlarla mücadelede zamanlama çok önemlidir. Yabancı otlar erken dönemde kontrol edilmezse, pamuk bitkileri büyüdükçe bu otlar daha fazla zarar verebilir. Ancak doğru zamanlamada müdahale yapabilmek, çiftçilerin uygun hava koşullarına ve doğru zaman dilimlerine göre hareket etmelerini gerektirir.

Pamuktaki yabancı otların tespiti, son yıllarda teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte, İnsansız Hava Araçları (İHA) kullanımı, tarımsal üretimdeki bu soruna etkili bir çözüm sunmaktadır. İHA'lar, yüksek çözünürlüklü kameralar ve sensörler ile tarım alanlarını hızlı bir şekilde tarayarak, yabancı otları tespit etme konusunda önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Bu çalışmada, İHA ile elde edilen ortofoto görüntüsü kullanılarak ArcGIS yazılımında gölge, yabancı ot, toprak ve pamuk olmak üzere dört sınıfta sınıflandırma yapılmış ve doğruluk analizi gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma sonucunda, her bir sınıfın belirlenme doğruluğu hesaplanarak özellikle yabancı ot tespit performansı analiz edilmiştir.

Elde edilen doğruluk değerlendirme sonuçları, İHA tabanlı görüntülerin tarımsal alanların izlenmesi ve yönetimi açısından önemli bir veri kaynağı olduğunu göstermektedir. Yabancı otların tespitinde elde edilen doğruluk oranı, hassas tarım uygulamalarında İHA kullanımının etkili bir çözüm sunduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, sınıflandırma doğruluğunu etkileyen gölge alanlar ve benzer spektral özelliklere sahip sınıfların ayrımı gibi faktörler, modelin performansını artırmak için dikkate alınması gereken unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmadaki sınıflandırma sonucunda Yabancı ota ait doğruluk değeri %92, Genel sınıflandırma doğruluğu da %95 olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, İHA destekli uzaktan algılama teknikleri, yabancı ot tespiti ve tarımsal alan yönetiminde önemli bir potansiyele sahiptir. Gelecekte yapılacak çalışmalar, farklı mevsimsel verilerle analizlerin tekrar edilmesi, daha gelişmiş yapay zeka tabanlı sınıflandırma algoritmalarının kullanılması ve çoklu spektral verilerin entegrasyonu ile daha yüksek doğruluk oranlarına ulaşmayı hedefleyebilir.

Kaynaklar

1. Özcan, O.: İnsansız Hava Aracı (İHA) ile Farklı Yüksekliklerden Üretilen Sayısal Yüzey Modellerinin (SYM) Doğruluk Analizi. *J. Eng. Earth Sci.* 2, 1–7 (2017)
2. FAO (2021). *The State of Food and Agriculture*. Rome: FAO.
3. Pala, F., & Mennan, H. (2018). *Diyarbakır İli Pamuk Ekim Alanlarında Sorun Olan Yabancı Otlar ve Uygulanan Kontrol Yöntemlerinin Araştırılması*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 55(1), 111–117.
4. Özer, R., Güneş, T., & Kara, M. (2019). Yabancı otların tarımsal verime etkisi. *Tarım Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 17(3), 67-81.
5. Kaya, N., & Uygur, F. N. (2018). Tarımda yabancı otların ekonomik etkileri ve kontrol stratejileri. *Bitki Koruma Bilimleri*, 24(2), 98-113.
6. Demir, S. (2021). Yabancı ot mücadelesinde yenilikçi yaklaşımlar. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 29(4), 145-160.
7. Behera, T.K., Bakshi, S., Sa, P.K.: A Lightweight Deep Learning Architecture for Vegetation Segmentation using UAV-captured Aerial Images. *Sustain. Comput. Informatics Syst.* 37, 100841 (2023). <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2022.100841>
8. Jaud, M., Grasso, F., Le Dantec, N., Verney, R., Delacourt, C., Ammann, J., Deloffre, J., Grandjean, P.: Potential of UAVs for monitoring mudflat morphodynamics (Application to the Sein e Estuary, France). *ISPRS Int. J. Geo-Information*. 5, (2016). <https://doi.org/10.3390/ijgi5040050>
9. Göster, K., Apa); Çelik, ;, Yakar, M.Ö., Hamal, İ., Oğuz, S.N.G., Kanun, G.M.: Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi-2020; 2(1); 22-27 Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi Sfm Tekniği ile Oluşturulan 3B Modellerin Kültürel Mirasın Belgelenmesi Çalışmalarında Kullanılması: Gözne Kalesi Örneği The Use of 3D Models Obtained by The Use of Sfm Technique in Documentation of Cultural Heritage: Case Study of Castle Gozne. 2, 22–27 (2020)
10. DERELİ, M.A., POLAT, N., UYSAL, M.: Düşük Maliyetli İHA ile Yüksek Çözünürlüklü SYM Üretimi. *Nevşehir Bilim ve Teknol. Derg.* 8, 56–62 (2019). <https://doi.org/10.17100/nevbiltek.448558>
11. Woodget, A.S., Carbonneau, P.E., Visser, F., Maddock, I.P.: Quantifying submerged fluvial topography using hyperspatial resolution UAS imagery and structure from motion photogrammetry. *Earth Surf. Process. Landforms*. 40, 47–64 (2015). <https://doi.org/10.1002/esp.3613>
12. Gökçeoğlu, İ., & Yalçın, H. (2020). Pamuk Tarımında Yabancı Ot Kontrolü ve Mücadele Yöntemleri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 23(2), 115-130.
13. Yılmaz, S., & Kaya, A. (2018). Pamukta Yabancı Otlar ve Kimyasal Mücadele Yöntemleri. *Bitki Koruma Bülteni*, 54(3), 210-221.
14. Çetin, S., & Şahin, Z. (2019). İnsansız Hava Araçları (İHA) ile Pamuk Tarımında Yabancı Ot Tespiti. *Tarım Teknolojileri Dergisi*, 15(1), 45-56.
15. Ozdemir, E., Makineci, E., Yılmaz, E., Kumbasli, M., Caliskan, S., Beskardes, V., Keten, A., Zengin, H., Yilmaz, H.: Biomass estimation of individual trees for coppice-originated oak forests. *Eur. J. For. Res.* 138, 623–637 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10342-019-01194-2>
16. Çelik, E.C., Kara, D., Koc, E., Yayik, A.M.: The comparison of single-dose preemptive intravenous ibuprofen and paracetamol on postoperative pain scores and opioid consumption after open septorhinoplasty: a randomized controlled study. *Eur. Arch. Oto-Rhino-Laryngology*. 275, 2259–2263 (2018). <https://doi.org/10.1007/s00405-018-5065->

17. Morgan, J.A., Brogan, D.J., Nelson, P.A.: Application of Structure-from-Motion photogrammetry in laboratory flumes. *Geomorphology*. 276, 125–143 (2017). <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.10.021>
18. Lucieer, A., Turner, D., King, D.H., Robinson, S.A.: Using an unmanned aerial vehicle (UAV) to capture micro-topography of antarctic moss beds. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 27, 53–62 (2014). <https://doi.org/10.1016/j.jag.2013.05.011>
19. Agus, F., Prafanto, A., Kamil, Z.A.: Detecting land use land cover using supervised maximum likelihood algorithm on spatiotemporal imagery in Samarinda, Indonesia. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 1266, (2023). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1266/1/012085>
20. Griffith, D.A., Conway, C., Gamarra, A., Hutchison, M., Kim, D., Yang, Y.: Political Districts Versus Customized Polygons: Implementing Geographic Tessellation Stratified Random Sampling. *Trans. GIS*. 29, (2025). <https://doi.org/10.1111/tgis.70019>
21. Aslan, İ., Polat, N.: Deep learning-based classification of mature and immature lavender plants using UAV orthophotos and a hybrid CNN approach. *Earth Sci. Informatics*. 17, 1713–1727 (2024). <https://doi.org/10.1007/s12145-023-01200-7>