



EGE ÜNİVERSİTESİ
Ulaştırma Yönetimi Araştırmaları Dergisi
Journal of Transportation Management Research
<https://jotmar.ege.edu.tr/>

Geliş/Received: 27.09.2024 Kabul/Accepted: 25.03.2025
Araştırma Makalesi

Tarımda Drone Kullanımının Potansiyel Faydaları

Zeynep, İREN¹
Rüstem Barış, YEŞİLAY²

Özet

Drone'larla hem dünyada hem de ülkemizde tarla izleme, büyük tarım çiftliklerinin mahsul verim takibi, sigorta hasar doğrulaması, zararlı böcek ve hayvanların takibi, ilaçlama ve ekin dikimi gibi alanlarda etkin ve verimli çalışma sonuçları elde edildiği saha araştırmaları ile de kanıtlanmıştır. Bu gelişmelere paralel olarak azalan kaynaklar ve artan maliyetlerle daha verimli ve daha sağlıklı ürünler yetiştirmek üreticiler için giderek önem kazanmıştır. Akıllı ve hassas tarımın temel taşlarından biri olan ileri teknoloji kullanımı, tarım sektöründeki etkinliğini her geçen gün arttırmaktadır. Bu çalışma, drone'ların tarımdaki faydalarını ve gelecekteki potansiyelini vurgulamayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Drone, Akıllı Tarım, Sürdürülebilir Tarım

Potential Benefits of Drone Usage in Agriculture

Abstract

It can be said that it has been proved by field researches that effective and efficient work results are achieved with drones both in the world and in our country in areas such as field monitoring, crop yield monitoring of large agricultural farms, insurance claim verification, tracking of pest insects and animals, spraying and planting crops. In parallel with these developments, it is becoming increasingly important for producers to grow more efficient and healthier products with decreasing resources and increasing costs. The use of advanced technology, which is one of the cornerstones of smart and precision agriculture, is increasing its effectiveness in the agricultural sector every day. This study aims to highlight the current benefits and future potential of drones in agriculture.

Keywords: Drone, Smart Agriculture, Sustainable Agriculture

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi ABD, iren.zeynep@gmail.com, ORCID: 0009-0005-8119-1084

² Prof. Dr., Ege Üniversitesi, Havacılık Meslek Yüksekokulu, Sivil Hava Ulaştırma İşletmeciliği Programı, rustem.baris.yesilay@ege.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0830-8224

1. GİRİŞ

Covid-19 döneminde önemi yadsınamayan tarımsal üretimin, gıda güvenliği ve arzının stratejik açıdan ülkelerin tarım politikalarını değiştirecek ölçüde olması tarımda yeni yaklaşımların gerekliliğini ortaya koymuştur. Toplam tarımsal tüketimin 2010-2050 yılları arasında %69 oranında artacağını öngörülmekte ve bu artışın 2050 yılına kadar insan nüfusunun 7 milyardan 9 milyara çıkacak olmasından kaynaklanacağını düşünebiliriz (İnan ve Karcı, 2021). Dolayısıyla, temiz ve sağlıklı gıdaya olan artan talebi karşılayabilmek için, tarım sektörü gıda üretim metotlarında yapısal değişiklikler yapmak ve azalan kaynaklarla daha verimli üretim yapmak zorundadır. Geleneksel tarım yaklaşımıyla tüm dünyayı doyurmak kolay görünmemektedir, bu sebeple modern tekniklerin ön planda olduğu yenilikçi tarım yöntemlerinin, gıda güvenliğine olumlu etkisini belirtmek ve daha az pestisit kullanımıyla birlikte yeterli ve sağlıklı ürün arzının sürdürülebilir tarımın temel taşı olduğunu söylemek mümkündür.

Bitkisel üretimde bugüne kadar en yaygın kullanılan etkili bir mücadele aracı olan zirai ilaçlar olduğu bilinmektedir ve dünyada her yıl yaklaşık 2,5 milyon ton pestisit kullanıldığı tahmin edilmektedir (İnan ve Karcı, 2021). İlaçlamanın bu derece önemli olduğu tarımsal üretimde, kullanılacak ilacın dozu, kullanım şekli, israf edilmeden etkin kullanımı gibi faktörler, verimlilik esasına dayalı üretimin en büyük paydası haline gelmiştir. Bununla birlikte, arazi büyüklüğüne ve şekline göre, insan işgücüne dayalı yaklaşımın her zaman mümkün olmadığı, maliyet ve zaman etkisinin daha kritik yönetilmesi gereken durumlarda, teknolojik aletlerin kullanımının artması beklenmektedir (Türkseven vd., 2016). İlaçlamanın doğru miktarda yapılması ve ilaçlamayı yapan kişilerin zirai ilaçla temasının azaltılmasına yönelik kullanılan teknolojik cihazların başında drone'lar gelmektedir.

Drone'ların ilk olarak savunma sanayinde kullanıldığı bilinmektedir. 1917 yılında Amerika Birleşik Devletleri, I. Dünya Savaşında Hewitt-Sperry Automatic Aircraft isimli Drone'u uçurmayı başarmıştır. 1937 yılında da yine Amerika Deniz Kuvvetleri Curtiss N2C-2 adındaki drone'u tanıtmıştır ve sonrasında uzaktan kumandalı ilk seri üretime geçilmiştir. 2000'li yıllara kadar savunma sanayide ağırlıklı kullanılan drone tipi cihazlar daha sonra film, eğlence, lojistik sektörü gibi çok farklı alanlarda kullanılmaya ve insana direkt olarak fayda sağlamaya yönelik çalışmalarda öncü olmaya başlamıştır. Tarım sektörü de bu değişim ve inovasyondan nasibini almış ve ilaçlama başta olmak üzere, zararlı böceklerin tespiti, arazi denetimi, ürün ekimi ve hatta tarım sigortalarında sigorta hasar tespit uygulamalarına kadar geniş bir spektrumda yaygınlaşmaya başladığı ifade edilebilir (Daponte vd., 2019).

2. DRONE SİSTEMİNİN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

Drone'lar, helikopterler ve uçaklar gibi diğer hava taşımacılığı modlarına çok benzer şekilde çalışır: motor çalıştırılır ve uçuşu mümkün kılmak için pervaneler döner ve pilot, uçuşunu yerden yönlendirmek için uzaktan kumandayı kullanır ('es, 2024). Birçok drone'un otomatik olarak rota belirleme seçeneği mevcuttur. Bu, belirli bir hedefe ulaşmak için ayarlanan GPS'in kullanılması ile mümkün olabilmektedir. Ancak yazılımlar da drone'ların kullanımında kritik önemdedir. Drone yazılımının üç ana bileşeni vardır; Gömülü (Sistem) yazılım, Kullanıcı yazılımı, Bulut tabanlı kontrol platformu.

Görsel 1: Kameralı Drone



Kaynak: http-1.

Gömülü yazılım, CPU olarak çalışarak donanımı yönetir, drone telemetrisini izler ve drone sensörlerinden (GPS, termal sensörler, kızılötesi ve LIDAR kameralar, ultrasonik ve görüntü sensörleri ve daha fazlası) alınan verileri kısmen analiz eder. İşletim sistemi, kullanıcıların ürün yazılımı bölümünü çalıştırmasına olanak tanır. Web ve bulut arayüzleri, drone kontrol sistemlerinden (kullanıcı uygulamaları ve bulut kontrol istasyonları) işletim sistemine uzaktan erişime ve toplanan verilerin gömülü yazılımdan buluta veya mobil cihazlara aktarılmasına olanak tanır. Bulut tabanlı kontrol platformu veri işleme, depolama ve analiz için kullanılır. Aynı zamanda bir drone'un otonom tepki eylemlerini de mümkün kılar. 3 boyutlu harita oluşturma, bilgisayarlı görme, örüntü tanıma gibi karmaşık işlemler söz konusu olduğunda bulut kısmı mutlaka kullanılması gereken bir kısımdır. Bulut tabanlı kontrol platformu şunları içerir (İnan ve Karıcı, 2021):

- Akış veri işlemcisi.
- Ham veri ve büyük veri ambarı.
- Veri analizi ve makine öğrenimi.

- Drone kontrol modülü
- Drone ile iletişim kurmak için arayüzler.

Kullanıcı yazılımı, web ve mobil kullanıcı uygulamalarının arayüz ve yönetici kısımlarını kapsar (FlyPixAI, 2024). Kullanıcıların uçuşları planlamasına ve yürütmesine yardımcı olmanın yanı sıra, drone'dan kullanıcılara veri görüntülemesine de yardımcı olurlar (Drones, 2024). Kullanıcı yazılımı aynı zamanda bulut ve drone ile iletişim için arayüzler de içerir. Birbirleriyle iletişim kurmak için MAVlink ve ROSlink gibi özel protokoller kullanılırlar (İnan ve Karcı, 2021).

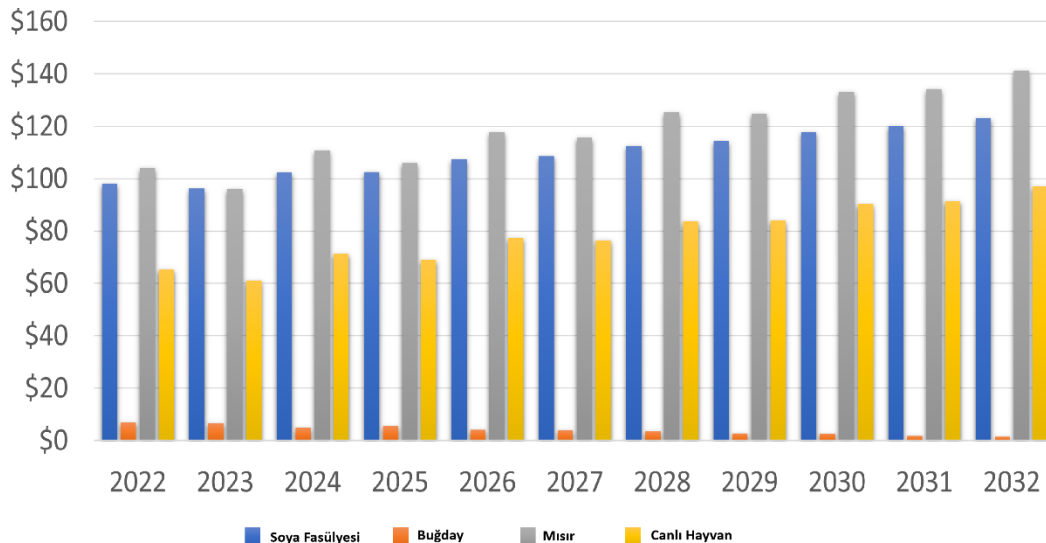
3. 3. DRONE'LARIN TARIMSAL FAALİYETTE KULLANIM ALANLARI

3.1 İlaçlama

Modern tarımla iştigal eden çiftçi ve üreticilerin giderek daha büyük ölçekte tarımsal teknolojiyi kullandıklarını gözlemliyoruz. Ülkemizde özellikle 2015 yılından beri tarımsal saha araştırmalarında kullanılan drone'lar, uygulama alanı geliştikçe, verimlilik ve sürdürülebilirlik kaygısı güden üreticiler için dijital tarım çözümleri arasında en önlerde yer almaktadır (Tan vd., 2015).

Drone'ların tarımsal faaliyette, en çok bilinen kullanım alanı ilaçlamadır. Giriş kısmında da bahsedildiği gibi, ilaçlama verimliliği en çok etkileyen girdi kalemlerinin arasında yer almaktadır. Doğru ve etkin ilaçlama ile ürün kalitesi artacak, birim verimi artan ürünlerin çiftçiye birim kazancı daha yüksek olacaktır. Etkin ve doğru ilaçlama bildiğimiz geleneksel yöntemler yapılmaya devam edilirse, verimlilik artışına etkisi nedir gibi sorulara cevap ararsak, dünyada yapılmış bazı güncel araştırmalar gösteriyor ki, otomasyonlu hava araçlarının tarımsal faaliyette kullanımı, verimliliğe ve maliyet tasarrufuna olumlu yönde katkısı olmaktadır (Dulia vd., 2022).

Grafik 1: Tarımda maliyet azaltımı (milyon \$)



Kaynak: (Dulia vd., 2022)

Yukardaki grafik, Ohio eyaletindeki soya fasulyesi, mısır, buğday ve canlı hayvan üreticilerinin ARIMA tahmin modeli ile 10 yıllık maliyet tasarruf verisini, belli hesaplama faktörleri ile tahminlenmiştir ve drone kullanan buğday tarlalarında verimin %3,3, soya fasulyesinde %2,5 artış göstereceği tahmin edilmiştir.

3.2. Sulama

Drone'ların tarımsal faaliyette, sulama ve gübrelemedeki miktar tespiti diğer bir önemli kullanım alanıdır. Su, tarımda önemli doğal kaynakların başında gelmektedir. Ancak küresel ısınmanın etkisiyle iklim krizinin olumsuz etkilerinden biri olan azalan su kaynakları alarm vermektedir. Ülkemizde tarım için kullanılan su miktarının %70'e yaklaşmış olması, suyun etkin ve doğru kullanımının hayati önemde olduğunu göstermektedir. Su kaynaklarının sadece iklim krizinden dolayı değil, yeraltı su kaynaklarının azalması, artan endüstriyel ve evsel talepler gibi diğer çevresel etkilere bağlı olması, sürdürülebilir bir dünya ve tarım için vazgeçilmez bir doğal unsur olduğunu vurgulamamız gerekiyor. Tarımda kullanılan geleneksel sulama yöntemleri, kullanılan suyun önemli bir kısmının boşa gitmesine sebep olmakta ve beklenen ürün verimini sağlamakta yeterli olmadığı görülmektedir. Bundan dolayı, akıllı sulama sistemlerinin tasarımı ve geliştirilmesi önemli bir konu başlığı olarak masada durmaktadır (Karar vd., 2021).

Drone'ların, yüksek çözünürlüklü görüntü tespiti ve işleme modülü ile istenen mesafeden görüntü toplayıp veriyi sunuculara ileterek, verinin doğru işlenmesini sağlamaktadır. Bu sebeple, akıllı sulama sisteminin tasarımında IOT (Nesnelerin interneti) tabanlı drone'ların kullanımı bitkilerin büyüme evresini düzenli olarak ölçerek, su ihtiyacının ne ölçüde olacağını yaprak ve ağaç temelinde sağlayabilmektedir. Ayrıca, bitkilerde aşırı sulama veya az sulama ile su stresine sebebiyet verebilecek riskleri minimize etmeye de fayda sağladığı bilinmektedir. Bitkinin gelişimini (uzama evresi, yapraklarının canlı olması) yakından izleyen ve monitörleyen IOT tabanlı drone sistemleri, sulama ihtiyacını belirlemekte öncü rol oynayabilmektedir. Ayrıca toprak analizini de yapabilen ileri düzeyde teknoloji ile donatılmış drone sistemleri ile toprağın nem oranını da hesaplayabilir aşamasına gelebilmektedir (Türkseven vd., 2016). Toprak nemini ölçebilecek hassasiyette toprak nem sensörünü de bünyesinde barındıran drone sistemleri üzerindeki wifi-fi modülü ile birlikte anlık veri akışında bulunarak, toprak nem oranı bilgisini bulut sunucuya bağlanarak, elektronik su pompalarına talimat göndererek, pompanın açılması veya kapanması yönünde işlem yaptırabilmektedir. Bu yolla, ilgili bölgede toprağın nem oranına göre su ihtiyacı hesaplanarak akıllı sulama

yapılabilmektedir. Aşağıdaki sistem, bir IOT ve Drone kullanarak, akıllı sulama sisteminin basit bir tasarımını örnek olarak göstermektedir (Karar vd., 2021).

Grafik 2: IoT ve drone kullanan akıllı sulama sisteminin şematik diyagramı



Kaynak: (Karar vd. 2021)

Drone bu örnekte görüldüğü üzere, veri toplamak için ilgili bölgede uçuşunu gerçekleştirmekte, verileri toplamakta, çevresel verileri (ısı, hava nemi ve toprak nemi) elektronik sensörler vasıtasıyla ana sunucuya WI-FI modülü ile ana sunucuya iletmekte, böylelikle cep telefonundan bile izlenebilecek veriler ile gerekli sulama miktarı otomatik olarak tahmin edilip, gerekli durumda su pompalarını otomatik olarak aktif hale getirebilecektir (Karar vd., 2021).

3.3 Hastalıkla Mücadele ve Erken Teşhis Yöntemi

Üreticiler için verimi etkileyen diğer bir risk, bitkilerin hastalanmasıdır. Hastalığa bakteriler, virüsler, kurtçuklar, mantarlar, böcekler, aşırı nem, aşırı sıcaklar, aşırı sulama, yanlış ilaçlama ve aşırı pestisit kullanımı yol açabilmektedir. Bitkilerin ve meyvelerin hastalanması üründe kalite kaybına sebebiyet verdiği gibi, ürünün ekonomik değerini de düşürmektedir (Demir ve Başayığit, 2020). Üründen alınması gereken verim düştüğünde, üreticinin ekonomik gelirini olumsuz etkileyebilecek unsurların başında geldiği için, bitkilerin doğru ve etkin yöntemlerle korunması sürdürülebilir tarımın önemi açısından kritiktir.

Geleneksel tarımsal faaliyette, bitkiyi ve meyvesini hastalıklardan korumak için geleneksel ilaçlama yapılmakta, ilacın dozu, kalitesi, ilaçlama şekli hastalığı engellemek için önemli faktörler haline gelmektedir. Çiftçinin doğru bir şekilde bilgilendirilmesi, eğitilmesi her ne kadar önemli olsa da geleneksel ilaçlama yöntemlerinin yeterli

kalmayacağı bilinmektedir. Bu durumda tarımsal teknoloji ekipmanlarını kullanmak bu soruna bir çare olabileceği düşünülmektedir. Günümüzde teknolojinin devrimci çözümlerle, her sektörde yeni çıgırlar açması yenilikçi yöntemlerin tarımda da kullanılıyor olması artık kaçınılmaz olmuştur (Demir ve Başayığit, 2020).

Drone tipi uygulamalar, zamandan ve paradan tasarruf sağlayarak, bu sorunu kaynağında çözebilecek kapasiteye sahip olduğu saha araştırmalarında gözlenmektedir. Hastalık teşhisi, tarımda gıda üretimini artırmak için üzerinden gelinmesi gereken zor bir görev olarak önümüzde durmaktadır (Yüksel, 2020). Hassas tarım yapan üreticilerin her ne kadar dijitalleşmeyi en üst düzeyde kullanıyor olmasına rağmen, drone ile hastalık teşhisi belki de tüm bu dijital çözüm içerisinde en zor görünen bir çalışmadır. Entegre sistemler içinde verilerin hassas ve yüksek kalitede toplanması, ayıklanması, işlenmesi ve analiz edilerek anlamlı bir veri setine dönüştürülmesi meşakkatli bir sürecin halkalarıdır. Bu süreçte kullanılacak yazılımın, donanımın, drone ekipmanının yüksek kalitede veri aktarımını sağlayabilecek standartta olması, veriyi toplayan görüntüleme sensörlerinin spektral bant genişliği, çözünürlüğü gibi etkenlerin veri kalitesini etkilediği bilinmekte ve bu da hastalığın teşhisinde eldeki kısıtlara ve engellere dönüşebilmektedir (Neupane ve Baysal-Gurel, 2021).

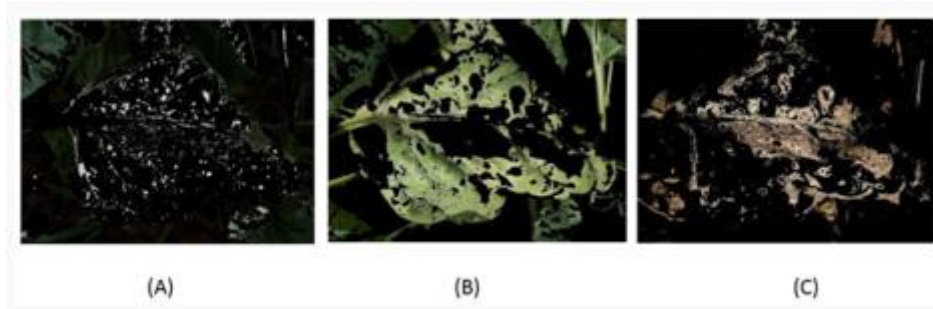
Makine öğrenmesi ve derin öğrenme algoritmaları sayesinde, bitki hastalıklarının teşhisinde ufuk açıcı çözümler sunduğunu söylemek mümkündür. Bilindiği üzere, drone'ların temel işlevi görüntü yakalamak ve görüntüyü ana sunucuya aktarmaktır. Toplanan bu veriler, görüntü işleme ve derin öğrenme araçları ile anlamlı veri ve analiz sonucuna dönüştürülmektedir. Cihaz üzerindeki geniş spektrumlu elektromanyetik tarama alanı bitkinin fizyolojik stresini gözlemlemek için faydalı bilgiler sağlayabilmektedir. Bitki hastalıklarını tespit edebilmek için, drone aygıtının bu spektrumda yakalamış olduğu hassas görüntüleri, yapraklar üzerindeki yakın kızılötesi (Near Infrared) yansımaların yol açtığı fiziksel stresin ölçümü ile mümkün olabilmektedir. Yine aynı şekilde, ürünlerin fotosentetik faaliyetlerindeki strese sebep olan hastalıkların teşhisi kırmızı dalga boyu aralığında drone marifeti ile ölçülebilmektedir.

Drone'larda kullanılan kamera ve sensörlerin kalitesi, görüntüyü işleyecek derin öğrenme ve yapay zekâ algoritmalarının daha doğru ve kesin sonuçlar verebildiği bilinmektedir. O yüzden sensör seçimi, drone'ların kullanım alanlarının belirlenmesinde ön koşul olarak karşımıza çıkmaktadır. Örneğin, topraktaki kuraklık stresinin ölçümü termal sensörler aracılığı ile yapılabilmekte iken, bitkilerdeki patogen muhteviyatı daha yüksek teknoloji destekli hiperspektrumlu sensörler ve termal sensörlerle tespit edilebilmektedir. RGB kameraları temelde Kırmızı, Yeşil ve Mavi gibi 3 rengin yoğunluğuna göre veri işleyen yüksek çözünürlüklü kameralardır. RGB kameraları tarım

ürünlerinin 3 boyutlu modellemesini yapmakta ve ürün biokütlenin tahmini ölçümünü yapabilmektedir.

Türkiye’de yapılan bir araştırmada, drone kullanımı ile Şeker Pancarı ürünüde benek hastalığının tespiti yapılabilmektedir (Ziya vd., 2018). Bu çalışmada, DJI Phantom 3 Advanced marka, 12 megapiksel kameralı ve 60FPS’de 1080 piksel kalitesinde video görüntüsü toplayabilen bir Drone kullanılmıştır. 2 km menzil içinde akıllı telefon ve tabletlere gerçek zamanlı veri gönderebilen bir yapıya sahiptir. Toplanan veriler MATLAB yazılım programı ile işlenmekte ve yüksek kalitede veri analizi ile istenen sonuçlara ulaşılmaktadır. Görüntülerin alınacağı zaman da bu açıdan önemlidir. Şeker pancarı 2 yılda yetişen yaz mevsimi bitkisidir. Mart ayının sonunda ekilip, Ekim ayında hasadı yapılan bu üründe, hastalığın ilk belirtileri Mayıs- Haziran aylarında ortaya çıkmaktadır ve sezon boyunca önlem alınmazsa, hastalığın yayılması söz konusu olabilmektedir. Ağustos ayında da hastalığın yayılımı zirve yapmaktadır. Bu yüzden, bu saha çalışmasında, veriler 2016 Ağustos-Eylül arasında toplanmıştır. Drone aracılığı toplanan bu veriler doğal ışık ortamında elde edilmiştir. Toplanan verilerin önceden belirlenmiş algoritmalarla işleme sürecinden sonra, hastalıklı ve sağlıklı yaprakların sınıflandırılması RGB kameralı optik spektrum analizi ile yapılmaktadır. Görüntüdeki her bir piksel gruplandırma yöntemi ile analiz edilerek etiketlenilmektedir (Ziya vd., 2018).

Grafik 3: Hastalıklı görüntünün üç küme arasından seçilimi.



Kaynak: (Ziya vd., 2018).

Yukarıdaki gruplandırma segmentasyonuna göre, 3 ayrı segmentte hastalıklı görüntünün seçimi kolaylaşmaktadır. Kullanılan veri işleme metotları her sorunda farklı olabilir, bazı hastalıkların teşhisi için derin öğrenme modelleri ve makine öğrenmesi metodu kullanılırken, bazı durumlarda regresyon analizi, vejetasyon indisleri, K-means clustering metotları kullanılabilir. Bazı durumlarda ise birden fazla metot aynı anda kullanılmakta ve kesin sonuç alınabilmektedir. Önemli olan hangi veri seti için hangi metodun uygulanacağına önceden karar vermektir. Neticede amaç doğru modelleme kurgusu ile eldeki veriyi en iyi şekilde analiz edip, hastalık teşhisini yüksek yüzdeyle tahmin edebilmektir. Veri analizi yapılırken karşılaşılan teknik hatalar (görüntüdeki veri

kalitesi, veri transferindeki kalite, görüntü aldanması, optik yanılsama) bazen doğru sonuçlar vermeyebilir, hata payını göz önünde bulundurarak, birden fazla teknikle tahminleme yöntemi yapmak da en iyi sonucu verebilir.

Görüldüğü üzere, veriyi uygun kamera ve sensörlerle toplayıp ileten drone teknolojisi bitki ve yapraklardaki hastalığını gelişim evresini tespit etmekte ve yayılmasını engelleyecek yapısal çözümler bulunması için uyarı sistemini geliştirmektedir. Bu da belli bir bölgede ekilen ürünlerin tamamen hastalanıp, ürün vermemesine ve ekonomik açıdan üreticiyi zora sokabilecek risklere karşı önleyici tedbir olarak kullanılabileceğine iyi bir örnek olarak gösterilebilir (Demir ve Başayığit, 2020). Riski teknoloji ile bertaraf ederek, maliyet ve zaman avantajı yaratan dijital çözümlerin hassas tarımın belkemiğini oluşturduğunu söylemek yanlış olmayacaktır.

3.4 Gübreleme

Drone aygıtlarının akıllı ve hassas tarımdaki etkin kullanım alanları Aynen ilaçlamada olduğu gibi drone'lar vasıtası ile gübre uygulaması zaman ve insan gücünden tasarruf sağlamaktadır. Drone ile gübre ekimi en yakın zamanlı örnek, 2022 Mart ayında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Aksu çiftliğinde gerçekleşen uygulamadır. Bu uygulamada, çiftlikte ana ürün olan buğday için daha önceden yabancı ot ilacı uygulaması yapıldıktan 3 hafta sonra, aynı arazide, drone vasıtası ile katı gübre uygulaması gerçekleştirilmiştir. Geleneksel yöntemle yapılan gübre ekimi hava ve arazi şartlarına bağlı olarak belirli dönemlerde yapılmakta, aşırı yağışların olduğu zamanlarda ve arazinin engebeli ve geniş olduğu alanlarda, insan gücünden ve zamandan tasarruf etmek için, drone uygulamasının daha etkin ve verimli sonuçlar verdiği görülmüştür. Geleneksel yöntemde traktöre bağlı gübre makinesi ile gübreleme yapıldığında, tarlanın fiziki şartları çok elverişli olmadığında, yeteri düzeyde gübreleme yapılamadığı ve buna bağlı ürün gelişimi ve veriminin yeterli olmayacağı bilinmektedir. Arazi şartlarından bağımsız, uzaktan kumanda ile sevk ve idare edilen drone'lar aracılığı ile gübreleme imkânı da yine drone'lar aracılığı ile haritalandırılmış ve ölçeklendirilmiş büyük arazilerde uygulama kolaylığı sunabileceği görülebilmektedir (Akdeniz Üniversitesi, 2022).

3.5 Ürün Ekimi

Drone'ların tarımsal faaliyet alanında en çok kullanıldığı yerin ilaçlama olduğu bilinmekle birlikte, son yıllarda insan gücüyle ekim yapılan çeltik arazilerinde, ekimlerin drone'lar vasıtası ile gerçekleştirildiğine yönelik güncel haberler, inovatif tarımcılığın en nadide örnekleri arasında yerini almıştır. Türkiye'deki çeltik üretiminin çok önemli bir kısmına sahip olan Trakya arazilerinde, çeltik ekiminin drone aracılığıyla yapılmaya başlandığı duyurulmuştur. Yine aynı şekilde, Kırıkkale'de Sulakyurt ilçesinde su salma

işleminden sonra, drone ile çeltik ekimi yapıldığı haberleştirilmiştir (Gökmen, 2022). Katma değer yaratan bu inovatif yaklaşım ile insan gücünden tasarruf eden çiftçiler aynı zamanda yakıttan da tasarruf etmeyi başarıyor. İşgücü maliyetlerini azaltan bu yenilikçi uygulamanın tarımda değer zinciri oluşturmaya çalışan yeni üretici profiline giderek arttığına en güzel örnek olarak karşımıza çıkmaktadır.

3.6. Yabancı Ot Tespiti

Tarımsal faaliyetle iştigal eden üreticiler, ürettiği ürününden maksimum verimi sağlamayı amaçlar bu da hasat ettiği ürününden elde edeceği gelirin artmasına da yol açacağı için, girdi maliyetlerini düşürmenin yanı sıra, verime etki edecek çevresel risk faktörlerini de dikkate almak zorundadır. Yabancı otların tespiti ve mücadelesi, bitki zararlısı böceklerle mücadele kadar önem arz etmektedir. Yabancı otların temizliği başlı başına bir mücadele alanı olmakla birlikte, geniş ekim alanlarında tespitinin sürekli yapılması ve denetlenmesi üreticilerin için zaman ve işgücü kaybına sebebiyet verebilmektedir.

Bitki koruma unsuru olarak yabancı otlar mücadelesinde geleneksel yöntemlerle yapılan yabancı ot tespiti ve mücadelesi daha gelişmiş teknoloji aygıtları ile zamandan tasarruf sağlamaktadır. Bitki korumada etkin mücadele edilmesi gereken yabancı otlar, kültür bitkileriyle su, besin maddesi ve ışık açısından rekabete girerek verim ve kaliteyi doğrudan etkilemekte, bazı önemli hastalık ve zararlılara karşı konukçuluk yaparak da kültür bitkilerine zarar verebilmektedirler (İnan ve Karcı, 2021).

Bu bitki zararlılarını erken teşhis edip, tüm bölgeyi kaplamaması için müdahale etmek sorunun çözümü için önleyici yaklaşımı sağlamaktadır. Drone'lar bu soruna pratik çözüm sunabilecek donanım yapısı ile her arazi yapısına uygun kullanımında öncülük edebilecek alternatif bir uygulamadır. Giderek gelişen teknolojik yeniliklere paralel, drone teknolojisi de kendi içinde devrimsel nitelik kazanmış, cihazın üzerindeki sensörler daha hassas ölçüm yapabilecek kapasiteye ulaşmış, kameraların boyutları küçülmüş böylelikle daha ergonomik bir yapı kazanan drone'lar görüntü işleme kalitesinde de büyük gelişmeler kaydetmiştir. Hassas tarım uygulamalarına drone'ların girmesi ile birlikte, bu cihazlara takılacak yan ekipmanların çeşitliliğinde artış olacağı öngörülmektedir.

Yabancı otların tespiti konusunda farklı özellikteki kamera sistemlerinin kullanımı daha iyi görüntü alınması ve işlenmesine zemin hazırlanmaktadır. Drone'lara takılacak kameralardan alınacak verilerin farklı algoritma ve derin öğrenme metotları ile işleminden geçirilmesi sonrasında araştırma yapılan bölgenin flora haritası rahatlıkla çıkarılabilmektedir. Yabancı otların tespiti için kullanılan kameraların KızılÖtesi (NIR) veya NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) özellikte olmasına dikkat

edilmelidir. Bu tespit kızıl ötesi kameralar ile bitkilerin yakın kızıl ötesi bandının (NIR), kırmızı (R) banda oranının belirlenmesi ile yapılabilmektedir. Kızıl ötesi olarak hesaplanan bitki indeksi (VI) bitkiden bitkiye farklılık göstermektedir (İnan ve Karcı, 2021). NDVI kameralarından elde edilen verilerle daha çok bitki örtüsünün durumu ve büyümesi, yaprak alanı indeksi ve bitki boyu gibi özellikler elde edilebilmektedir (İnan ve Karcı, 2021). Hedef bölgenin tanımlanması sonucunda yapılan uçuşlar ile İHA tarafından gerekli görüntüler kayıt altına alınabilmektedir. Kayıt altına alınan bu görüntüler daha sonradan işlemlere tabi tutulmak sureti ile yabancı otun türü ve varlığı, yabancı ot yoğunluğu, yabancı otun ekonomik zarar seviyesi bilinen kültür bitkilerinde ekonomik zarar seviyesinde olup olmadığı belirlenmekte ve bu yabancı ottan kaynaklı olarak oluşabilecek ekonomik kayıpların analizi yapılabilmektedir (İnan ve Karcı, 2021).

Böylece oluşturulacak olan küresel koordinat noktasının (GPS) bilinmesi ile noktasal olarak yabancı ot ile mücadele yapılmak suretiyle gereksiz herbisit kullanımının önüne geçilmiş olunacaktır (Şin ve Kadioğlu, 2019).

3.7 Sürü Yönetimi ve Takibi

Sürü yönetiminde yenilikçi yöntemlerin teknoloji kullanımı ile birlikte daha etkin sonuçlar alınabildiğine ilişkin birçok saha araştırması olduğu bilinmektedir. Özellikle sayım, tespit ve sürü yönetimi gibi alt başlıklarda yapılan saha çalışmaları, sağlık kontrolü gibi (Gül S. vd., 2021).

Hayvancılık, drone endüstrisi için gelişmekte olan bir sektör olmaya adaydır. Özellikle artan insan nüfusunu besleyebilecek yeterli gıda üretiminde hem süt hem de et hayvancılığı hala önemini korumaktadır. Rakımı yüksek yerlerde yapılan serbest dolaşım hayvancılığında hayvan nüfusunu kontrol etmek, sürü davranışını gözlemlemek, hastalık veya sakatlanma varsa tespit etmek gibi hassas takip sürecinde, sürü büyüklüğü ve coğrafi koşullarından bağımsız drone uygulaması yapılabilmektedir. Sürüdeki her bir hayvanın günlük yaşamsal aktiviteleri drone üzerindeki sensörler tarafından izlenebilmekte ve hayvanın bir önceki günlük rutininden sapma varsa, davranış değişikliğinin tespitini yapabilme adına veri sunabilmektedir (Gül S. vd., 2021). Üretici maliyet analizini bu sayede daha rahat yapabilmektedir, çünkü bu kadar çok hayvanla uğraşmanın zaman ve işgücü maliyeti vardır ve aynı zamanda sürü içinde hastalık varsa hastalığın tespitinin erken yapıp hastalığın yayılmasına yönelik hamleler de üreticinin zararını minimize etmeye yardımcı olabilecektir.

Drone sisteminin üretici-yetiştiriciye başlangıç maliyeti yüksek olabilir ancak belli bir süre sonra operasyon maliyetlerinin düşmesine yardımcı olmasından dolayı, uzun vadede kendi maliyetini amorti edebileceği açıktır (Yüksel, 2020).

Açık alanda yapılan hayvancılığın diğer bilinen risklerin başında, hayvanların yüksek eğimli arazilerde sürü davranışı içinde toplu zarar görmesi, ormanlık alanlarda kaybolması veya vahşi hayvan saldırısına uğraması gibi riskler gelmektedir. Geleneksel yöntemde, çobanlık veya sürüyü koruyan kollayan köpekleri çalıştırmak işgücü ve muhafaza maliyetini artırdığı gibi insanların da ulaşamayacağı zorlu coğrafi alanlarda sürünün yayılması ve toparlanıp geri getirilmesi durumu mevcut olabilmektedir. Bu durumda sürünün davranışının iyi gözlenmesi ve sürünün güzergâhının sürekli takip edilip, erken uyarı sistemi ile çiftlik yönetimine anlık bilgi verilmesi drone sistemi ile mümkün olabilmektedir (Al-Thani vd., 2020). Ayrıca ileri düzeyde uyarı sistemine sahip drone'lar sayesinde, sürüden ayrılan ya da güzergâh dışına çıkan sürüyü yakından takip edip, çoban köpeği misali sesli uyarı mekanizması ile sürüyü tekrar yönlendirmeye çalışması de pek mümkündür. Drone'ların yine aynı şekilde, çiftlik sınırlarını koruma ve gözetleme gibi önleyici bazı tedbirleri de uygulama fırsatı vermesi açısından önemli olduğunu söyleyebiliriz. Özellikle, yasadışı bir şekilde çiftlik sınırına giren izinsiz kişilerin veya sürünün can sağlığını tehlikeye atabilecek vahşi hayvan geçişlerinin tespiti konusunda drone'ların, gece-gündüz devriye gezen gözcü sıfatı taşıdığını iddia etmek çok yanlış olmayacaktır (Gül S. vd., 2021).

3.8. Sigorta Hasar Tespiti

Sürdürülebilir tarımsal üretiminde, diğer bir dışsal etki ise değişen çevresel ve iklimsel risklerle birlikte artan doğal afetlerdir. Tarımda risk yönetimi bu yüzden başlı başına ele alınması gereken makroekonomik bir meseledir. Tarımsal faaliyetin devamlılığını ve sürdürülebilirliğini sadece uygun tarım teknikleri ve zirai mücadele başarısı ile sağlamak mümkün değildir. İlaçlama, gübreleme, optimum su kullanımı, ürünün verimi için yeterli değildir. Çünkü değişen iklim koşullarında, öngörülemeyen meteorolojik hava olayları her geçen sene şiddetini artırmakta ve seller, tropikal fırtınalar, don dolu olayları, kuraklık, aşırı yağış, aşırı sıcaklar gibi riskler, açık havada üretim yapan üreticinin doğal risklere karşı ürünleri teminat altına alacak ve maddi açıdan bir sonraki sene yeni ürün ekimi için sürdürülebilir bir tarım sisteminin devamını sağlayacak bir sigorta şemsiyesinin gerekliliği bilinmektedir (Sigorta Medya, 2020). Bu amaçla 2005 yılında faaliyetine başlayan Tarım Sigortaları Havuzu (TARSİM) kâr amacı gütmeyen ve çiftçiye sigorta prim ödemesinde %70'lere varan devlet desteği sağlayan bir sistemle, olabilecek riskler için poliçe genel şartları çerçevesinde güvence vermektedir. TARSİM, bu riskleri sigortalarken, üreticiden topladığı primleri havuz sisteminde değerlendirip, devlet desteği ile birlikte ödenecek hasarlar için havuzda birikim sağlamaktadır. TARSİM, hasar tazminatını eksiksiz, hızlı ve üreticiyi memnun edecek şekilde yapabilmek için, sahada görevlendirdiği hasar eksperlerini sürekli eğiterek, çiftçinin sisteme olan güvenini ve inancını artırmayı hedeflemektedir. TARSİM,

her geçen yıl artan poliçe sayısı ve buna bağlı artan hasar tazminatını etkin bir şekilde yönetebilmek için, sahadaki eksperlerini yeni teknolojilerle buluşturmaya başlamıştır. Drone, hasar tespitini kolaylaştıran araçların başında gelmektedir.

Risk inceleme ve hasar tespit çalışmalarında hız ve verimlilik isteyen TARSİM bunun için drone'ları kullanmaya başladığını duyurmuştur (Sigorta Medya, 2020). TARSİM, verdiği eğitimlerle, sahada görev yapan hasar eksperlerini işlerini kolaylaştırıp, engebeli arazi ve zorlu coğrafi koşullarda hasar tespitinin kısıtlı zamanda çok büyük arazileri tarayacak drone marifeti ile süreçleri iyileştirmeyi hedeflemiştir. Özellikle bitkisel ürünlerdeki dolu hasarının tespitinin ürünler üzerindeki etkisini tespit edip, hasar tazminatını hesaplayabilecek yeterli doneyi toplayabilecek bir veri altyapısını drone'lar sayesinde oluşturabilecektir (Sigorta Medya, 2020).

3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Drone'ların, savunma sanayide kullanımıyla başlayan ilk çıkış amacından çok daha fazla mesafe kaydederek, lojistik, eğlence, tarım vb. çok farklı disiplinlerde kullanım alanı buluyor olması bu teknolojinin belli bir alanda bile bir süre alt faydalar sağlayacak yeni gelişim alanları açmasına sebep olmaktadır. Tarımdaki esas kullanım amacı önce ilaçlama olarak bilinse de yukarda sayılan konu başlıklarının her birinde çok etkin olduğunu verimliliği artırıp zaman ve işgücü maliyetlerini düşürücü etkisi ile geleneksel tarımın yerine kolaylıkla ikame edilebilecek yenilikçi faydalar sağladığını söyleyebiliriz. Gıda güvenliği ve sürdürülebilir tarım ülkeler için vazgeçilmez stratejik öneme haiz derin meseleler olmaya devam ettikçe, tarımda verimliliği artıracak buna benzer akıllı dijital çözümlerin artacağını öngörmek zor olmayacaktır. Zorlu arazi şartlarından dolayı araçların ve insanların tarım alanlarına girememesi, tarımsal araçların tükettikleri yakıtların oluşturmuş olduğu maliyetler, yakıtların ve ilaçların çevreye verdiği zararlar, insan iş gücüne dayalı ilaçlamalarda eşit oranda ilacın püskürtülememesi, ilaçlamanın saatlerce günlerce sürmesine bağlı olarak ilaçlanma sürelerinin artması ve ilaçlamayı yapan kişilerde oluşabilecek ciddi sağlık sorunları gibi birçok problem ortaya çıkmaktadır. Drone teknolojisi geliştikçe, tarımdaki üretime bağlı yapısal sorunlara çözüm üretmek için piyasada bu teknolojiyi üreten pazarlayan firmalar arasında ciddi bir rekabet oluşacak ve bu yeni pazarın daha rekabetçi olmasının uzun vadede çiftçiye bu teknolojiye ulaşmada maliyet açısından avantaj yaratacağını söyleyebiliriz.

Gelecekte, Tarım 4.0 perspektifinden bakıldığında, tarımsal faaliyetlerde dijitalleşme kaçınılmaz olacak, drone kullanımı hayatı kolaylaştırıp minimum işgücüyle maksimum verim elde etmede çok önemli bir enstrüman olacaktır.

Kaynaklar

Al-Thani, N.; Albuainain, A.; Alnaimi, F.; Zorba, N. Drones for Sheep Livestock Monitoring. In Proceedings of the 2020 IEEE 20th Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON), Palermo, Italy, 16–18 June 2020; pp. 672–676

Akdeniz Üniversitesi, (2022), <https://www.akdeniz.edu.tr/ziraat-fakultesi-aksu-ciftliginde-drone-ile-kati-gubre-uygulamasi-gerceklestirildi/>

Daponte, P., De Vito, L., Glielmo, L., Iannelli, L., Liuzza, D., Picariello, F., and Silano, G. (2019, May). A review on the use of drones for precision agriculture. In IOP conference series: earth and environmental science (Vol. 275, No. 1, p. 012022). IOP Publishing.

Demir, S., ve Başayığit, L. (2020). Sorunlu gelişim gösteren bitkilerin insansız hava araçları (İHA) ile belirlenmesi. Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi, 2(1), 12-22.

Drones (2024), How do drones work? Ferrovial Resources <https://www.ferrovial.com/en/resources/drones/#:~:text=Drones%20work%20much%20like%20other,to%20set%20a%20course%20automatically,>

Dulia, Esrat F., Mir S. Sabuj, and Syed A. M. Shihab. 2022. "Benefits of Advanced Air Mobility for Society and Environment: A Case Study of Ohio" Applied Sciences 12, no. 1: 207. <https://doi.org/10.3390/app12010207>

FlyPixAI, (2024), UAV Surveying Software, Tools, and AI: A Comprehensive Guide, <https://flypix.ai/blog/uav-surveying-software-tools-ai/>, 20 August 2024.

Gökmen, M.F. (2022), Çiftçilerin dron ile çeltik ekim mesaisi başladı, <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/ciftcilerin-dron-ile-celtik-ekim-mesaisi-basladi/2606649>, 07.06.2022.

Gül, S., Güzey, Y. Z., Yıldırım, H., and Keskin, M. (2021). Eye of the farmer in the sky: Drones. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 3(2), 69-77.

İnan M. ve Karcı A. (2021) Tarımda Ağaç İlaçlamanın Drone'larla Yapılmasında Yeni bir Yöntemin Geliştirilmesi ve Uygulanması, Anatolian Journal of Computer Sciences, Volume:6 No:2, pp:72-89.

Karar, M. E., Alotaibi, F., Rasheed, A. A., and Reyad, O. (2021). A pilot study of smart agricultural irrigation using unmanned aerial vehicles and IoT-based cloud system. arXiv preprint arXiv:2101.01851.

Neupane, K., and Baysal-Gurel, F. (2021). Automatic identification and monitoring of plant diseases using unmanned aerial vehicles: A review. Remote Sensing, 13(19), 3841.

Sigorta Medya, (2020). TARSİM'in Drone Eğitimleri başladı. <https://sigortamedya.com.tr/tarsim-drone-egitimleri/> , 29 Temmuz 2020.

Şin, B., ve Kadioğlu, İ. (2019). İnsansız hava aracı (İHA) ve görüntü işleme teknikleri kullanılarak yabancı ot tespitinin yapılması. *Turkish journal of weed science*, 22(2), 211-217.

Tan, M., Özgüven, M. M., ve Tarhan, S. (2015). Drone sistemlerin hassas tarımda kullanımı, 29. Tarımsal Mekanizasyon Kongresi ve Enerji Kongresi, 2-5.

Türkseven, S., Kızmaz, M. Z., Tekin, A. B., Urkan, E., ve Serim, A. T. (2016). Tarımda dijital dönüşüm; insansız hava araçları kullanımı. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12(4), 267-271.

Yuksel, I. (2020). Digitalization with the Use of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in Agriculture. *J. Ind. Policy Technol. Manag*, 3, 193-203.

Ziya, A., Mehmet, M. O., and Yusuf, Y. (2018). Determination of Sugar Beet Leaf Spot Disease Level (*Cercospora beticola* Sacc.) with Image Processing Technique by Using Drone. *Curr Inves Agri Curr Res* 5 (3)-2018. *Mediterranea*, 34(3), 149-156.

http-1. https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraf/drone-with-camera-isolated-on-empty-white-background-3d-rendering-gm2152008211-573054194?utm_source=pixabay&utm_medium=affiliate&utm_campaign=sponsored_image&utm_content=srp_topbanner_media&utm_term=dron