

Zararlı Bitkilerin İlaçlanması için Tarımsal bir İnsansız Kara Aracı

Sinan Akdan¹

İsmail Öner²

Nevzat Akdeniz³

Ahyet Bingöl⁴

Salih Ensar Şimşek⁵

Emrehan Yavşan⁶

Özet

Tarımda yapay zekâ destekli insansız kara araçlarının tercih edilmesiyle aşırı kimyasal kullanımı ve çevre kirliliği ciddi oranda azaltılabilir. Tüm arazinin ilaçlanması yerine tarımsal insansız kara araçlarıyla lokal müdahalelerde bulunulabilir. İstenmeyen zararlı bitkiler lokal ilaçlama yapılarak ortadan kaldırılabilir. Aynı zamanda karadan yapılan ilaçlamalarda havadan yapılan ilaçlamalara kıyasla ilaç havada dağılmayacağından daha etkili ve sağlıklı sonuçlar alınabilir. Böylece zararlı kimyasalların tarım arazilerine etkileri en aza indirgenir, daha verimli ilaçlama yapılır ve kullanılan ilaç miktarı düşeceğinden maliyet azalır. Bu çalışmada tarım arazilerindeki zararlı bitkilerin lokal olarak ilaçlanabilmesi için özgün tasarıma sahip otonom bir tarımsal kara aracı geliştirilmiştir. Araç doğadan esinlenerek tasarlanmış ve hafiflik için üretiminde alüminyum profiller tercih edilmiştir. Aracın tarım arazilerindeki hareketini kolaylaştırmak için yenilikçi bir süspansiyon sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemle bozuk zemin etkilerini en aza indirmek hedeflenmiştir. Araca

- 1 Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, sinanakdan@ogr.erbakan.edu.tr Orcid: 0000-0001-7797-5824.
- 2 Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ismail.oner@ogr.erbakan.edu.tr Orcid: 0000-0002-0456-8424.
- 3 Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye. nevzatakdeniz@ogr.erbakan.edu.tr Orcid: 0000-0002-3773-7044.
- 4 İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilgisayar ve Bilişim Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye. bingol19@itu.edu.tr Orcid: 0000-0001-5623-3856.
- 5 Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye. salihensarsimsek@ogr.erbakan.edu.tr Orcid: 0000-0002-5465-1891.
- 6 **Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Emrehan Yavşan, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Elektronik ve Otomasyon Böl. Mekatronik Prog. Tekirdağ, Türkiye, eyavsan@nku.edu.tr Orcid: 0000-0001-9521-4500.

yerleştirilen derinlik kamerasından alınan verilerle robot işletim sistemi üzerinden eş zamanlı yol haritası oluşturulmaktadır. Tarım arazisindeki zararlı bitkilerin tespit edilebilmesi için evrimsel sinir ağları temelli bir tespit algoritması kullanılmıştır. Zararlı bitkinin tespit edildiği anda ilaçlanması önemlidir. Aksi halde yanlış ya da verimsiz ilaçlama yapılmış olur. Kullanılan tespit algoritmasıyla bu darboğazın üstesinden gelinmiş ve gerçek zamanda en az gecikmeyle otonom ilaçlama sağlanmıştır. Geliştirilen kara aracıyla yapılan saha testlerinde 40 cm yüksekten %90 doğrulukla tarım arazisindeki zararlı bitki tespit edilip anlık olarak başarılı bir şekilde ilaçlanmıştır. İlaçlama süresince aracın konumu, pil tüketimi ve ilaç durumu gibi kritik parametreler harici bir yer istasyonu üzerinden geliştirilen kontrol ve takip arayüzüyle eş zamanlı izlenmektedir. Aracın güç besleme bileşenleri aracın düz bir arazide 1.5 – 2 saat süresince görev yapılabileceği şekilde seçilmiştir. Bunun yanında araca yerleştirilen güneş pilleriyle aracın görev süresinin uzatılması amaçlanmıştır.

1. GİRİŞ

Çeşitli sektörlerdeki insansız araç kullanımındaki artış tarımda da kendini göstermektedir. Özellikle şehirlere göçlerin artması ile çiftçilikle uğraşan insan nüfusu azalmıştır. Bunun yanı sıra işçi maliyetlerindeki artışla tarımda otonom ve insansız araçlara geçilmeye başlanmıştır. Tarımda iş gücü gerektiren ciddi uygulamalardan birisi zararlı bitkilerin ilaçlanmasıdır. Ekinlerin ilaçlanmaması halinde tarım arazilerine ekilen bu ürünlerin gelişim süreci olumsuz etkilenmektedir (Çınar, Halipoğlu, & İnal, 2014; Kara & Ata, 2021; Yazlık et al., 2019). Bunun yaşanmaması ve daha verimli ilaçlamanın yapılabilmesi için insansız kara araçlarıyla ilaçlama yapılabilir. Bu sayede artan ilaç maliyetleri de düşürülür ve fiyat-performans açısından daha dengeli bir süreç yürütülmüş olur (Karadöl, 2017).

Coğrafi koşulların uygun olmadığı bölgelerde insanların tarım arazilerine erişimi sınırlıdır. Hasat ve ekimin zor olduğu bu yerlerde ilaçlama yapmak haliyle zor olacaktır. Bu zorluğun üstesinden gelmek için insansız hava araçları (İHA) sıklıkla kullanılmaktadır (Şin & Kadioğlu, 2019; Türkseven et al., 2016). İHA kullanımıyla birlikte daha rahat ilaçlama ve bitkiye ulaşım sağlanmıştır. Fakat hava araçlarındaki taşıma kapasitesi sınırlıdır ve bu araçların aktif kullanım süreleri azdır (Ay & Ince, 2015). Bunlar artırılabilir fakat bu sefer de maliyet ciddi oranda artacaktır. Kullanım süresi ve taşıma kapasitesinin yanı sıra tarımda kullanılan genel bir İHA'nın bir kara aracına göre fiziksel dayanımı düşüktür (Ay & Ince, 2015). Ayrıca havanın rüzgârlı olduğu günlerde hava aracının kullanımı pek mümkün olmayacaktır ve havadan sıkılan zirai ilaç bitkiye ulaşmadan dağılır. Böylece verimsiz bir ilaçlama yapılmış olur. Burada sayılan olumsuzlukların üzerinden gelmek ya da bu

olumsuzlukları en aza indirmek için insansız kara araçları tercih edilebilir. Çünkü insansız kara araçları bir hava aracına göre hava koşullarından daha az etkilenerek daha kararlı çalışabilir.

Karadan ilaçlama üzerine yapılan çalışmalardan biri Kadir ve Cevat tarafından gerçekleştirilmiştir (Sabancı & Aydın, 2014). Onlar yaptıkları çalışmada sabit bir platform kurmuşlardır. Belirledikleri pancar bitkisi arasındaki yabancı bitkilerin tespitini görüntü işlemeyle gerçekleştirmişlerdir. Görüntü işleme sayesinde platformun altına gelen bitki tanınmış ve ilaçlama yapılmıştır. Fakat platformun ray benzeri bir sistem üzerinde hareket etmesinden dolayı sabit olması sunulan sistemin tarım arazilerindeki kullanımını zorlaştıracaktır. Görüntü işleme tekniğiyle bitkilerin tanınması kullanışlı ve etkili bir yöntem olmasına rağmen sunulan platformun çoğu tarım arazisine uygulanması zordur. Raza ve arkadaşları (Saeed, Tomasi, Carabin, Vidoni, & von Ellenrieder, 2022) insansız kara araçlarının tarıma entegre edilmesi üzerine çalışmışlardır. Onlar bir benzetim (simülasyon) ortamında çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Kapalı alanda sanal bir ortam kurmuşlardır. Kapalı alan olmasından dolayı çıkarılan haritada lidar kullanılmıştır (Zou, Sun, Chen, Nie, & Li, 2022). Lidar ile sınırları belirli bir alan taranmış ve harita çıkarılmıştır. Çıkarılan bu haritayı gerçek sistem üzerinde kullanmışlardır. Sunulan sistem geniş tarım arazilerinde uygulanacak şekilde geliştirilebilir.

Yuanyuan ve arkadaşları (Song, Sun, Li, & Zhang, 2015) zararlı bitkilerin tespiti ve ilaçlanması üzerine çalışmıştır. Yaptıkları çalışmada ilaçlama işlemlerini iki kısımda incelemişlerdir. Bu kısımları bitki tespiti ve ilaçlama olarak ele almışlardır. Bitki tespiti; makine görüşü (machine vision) ile spektral algılama (spectral detection) üzerine yapılmıştır. Bitkileri etkisiz hale getirme işlemi için ise mikro ilaçlama (micro-spray), kesme (cutting), ısı işlem (thermal) ve elektrikle öldürme (electrocution) tekniklerini önermişlerdir (Song et al., 2015). Kendileri mikro ilaçlama üzerine yoğunlaşmışlardır. Kullandıkları bu ilaçlama sistemi ile üç tür ilaçlama üzerinde durmuşlardır; 1) alansal ilaçlama, 2) sütun ilaçlama ve 3) bitkinin doğrudan konumu üzerinden ilaçlama (Slaughter, Giles, & Downey, 2008). Fakat alansal veya sütun ilaçlama diğer bitkilere ve toprağa zarar vereceği için çok tercih edilmemiştir. Bizler de bu uygulamaları göz önünde bulundurarak nozzle sistemi kullandık. Böylece daha rahat ve elverişli bir ilaçlama sağlamış olduk. Ayrıca geliştirilen ilaçlama sistemiyle ilaç tasarrufu sağlamanın yanında ilaçlanmaması gereken diğer bitkileri de korumuş olduk.

Bu çalışmada insansız kara araçlarının tarımda daha efektif kullanılmasına yoğunlaşarak özgün bir insansız kara aracı geliştirilmiştir. Araç geliştirilirken çeşitli tarım arazileri göz önünde bulundurulmuştur. Aracın tarım arazi-

lerine uygunluğuyla kullanım alanı genişletilmiştir. Bu sayede çeşitli bitkilerin daha verimli ilaçlanması ve tespiti için zemin hazırlanmıştır. Geliştirilen ve araç üzerinde gerçek zamanda çalışan tespit sistemiyle bitkiler başarıyla tespit edilmiştir. Tespit edilen bitkiler otonom bir şekilde ilaçlanmıştır. İlaçlama işlemi görüntü işleme ile eş zamanlı çalışmaktadır. Tespit işleminin rahatlıkla yapılabilmesi için aracın üzerine bir kamera yerleştirilmiştir. Ayrıca araç üzerine paneller konulmuş ve bu panellerle güneş enerjisinden faydalanılmıştır. Böylece çalışma süresinin uzatılması hedeflenmiştir. Aracın boyutunun orta düzeyde olması küçük tarım arazileri ve bahçeler için uygunluğu artırmaktadır. Bu sayede aracın kullanım alanının genişletilmesine katkı sağlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Tarımsal İnsansız Kara Aracının Mimarisi

Araç ekipmanları aracın engebeli ve kötü hava koşullarında verimli çalışmasını sağlayacak şekilde seçilmiştir. Bu nedenle araç 4x4 hareket sistemine sahiptir. Aracın tekerleklerine entegre edilen her elektrik motoru yaklaşık 200 W güç üretmektedir. Bu motorlar bir kontrol kartı üzerinden elektronik hız kontrolcülerile (ESC) sürülmektedir. Kontrolcü olarak 168 MHz hız ve 2 MB hafızaya sahip Pixhawk kontrol kartı tercih edilmiştir (ArduPilot, 2021). Kart içinde GPS, IMU, jiroskop, barometre ve pusula sensörleri barındırmaktadır. Aynı zamanda bu özellikleri anlık olarak takip edebilecek arayüze sahiptir. Aracın otonom hareketi için Nvidia Jetson Nano kartı (NVIDIA, 2022) ile motorlar arasında köprü görevi görmektedir. Otonom hareket haricinde uzaktan kumanda kontrolü de Pixhawk kartıyla sağlanmaktadır.

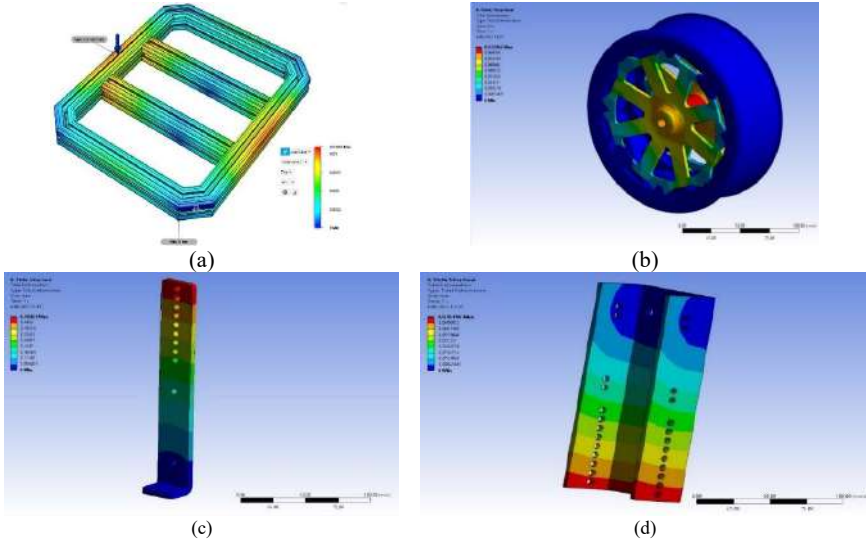
Hareket ve görüntü işleme algoritmaları 2.1 GHz hız ve 4 GB hafızaya sahip 40 giriş pinli Nvidia Jetson Nano kartında gerçekleştirilmektedir. Bu kart ile z ekseninde 28 mm derinlik oluşturabilen ve 30 FPS yayın yapabilen Intel RealSense D435i kamerası kullanılmaktadır (Intel, 2022). Ayrıca görüntü algılama için kullanılan 78 dereceye kadar diyagonal yayın yapabilen 1080p/30 FPS görüntü özelliklerine sahip Logitech G920 Pro kamerası kullanılmaktadır (Logitech, 2019). Aracın bu bileşenlerinin yanında elektronik bileşenlerinin tamamı Şekil 1'deki şemada verilmiştir.

depodan bir su pompasıyla saniyede 0.07 lt'lik ilaç aracın ön kısmındaki 4 yollu ilaçlama sistemine iletilmektedir.

3. TARIMSAL İNSANSIZ KARA ARACININ MODELLENMESİ VE ÜRETİMİ

Aracın mekanizmasının dayanıklı ve daha hafif olması için şasi alüminyum sigma profilden imal edilmiştir. Seçilen malzemelerin dayanımları Şekil 2'deki stres analizleri yapılarak doğrulanmıştır. Bu analizler dayanım testleri olarak adlandırılmaktadır. Dayanım testleriyle aracın dayanıklılığı üretimden önce test edilmiştir. Böylece olası harici harcamaların önüne geçilerek maliyet düşürülmüştür.

Şekil 2. Dayanım testleri adı altında aracın çeşitli mekanik bileşenleri (a) şasi, (b) jant, (c) süspansiyon ayar parçası ve (d) süspansiyon gövde için gerçekleştirilen stres analizleri



Aracın süspansiyon sisteminde üretim ve montajda kolaylık sağlanmasının yanı sıra istenen yumuşaklığı vermesi için çekme yay sisteminden oluşan bir yapı kullanılmıştır. Bu sayede araçtaki bileşenlerin maruz kalacağı titreşim düşük seviyelerde tutularak olası yorulmaların önüne geçilmeye çalışılmıştır.

Aracın jantlarının hafif ve dayanıklı olması için ABS türü filament kullanılarak 3 boyutlu bir yazıcıdan basım yapılmıştır. Jantın iç yapısı içerisine kaçabilmesi muhtemel kumları hareket ettikçe dışarı atacak şekilde tasarlan-

mıştır. Lastik olarak kauçuk lastikler tercih edilmiş ve lastiklerin zemine tutunmasını kolaylaştırmak için balıksırtı desenli plastik zincirler kullanılmıştır.

Aracın toprak zeminde rahat hareket edebilmesi ve toprağa saplanmaması için Tablo 1'deki parametreler üzerinden motor seçimleri yapılmıştır. Böylelikle araç ufak toprak veya taş parçalarıyla karşılaştığında sıkıntısız olarak ilgili engeli aşabilecektir. Bu yüzden motor seçimi esnasında aracın kütlesi, teker çapı, ağırlığı, gidilecek yolun eğim bilgisi ve maksimum ivme belirlenmelidir.

Tablo 1. Motor seçiminde kullanılan parametreler ve bu parametrelerin değerleri

Parametreler	Parametrelerin Değerleri
Aracın Kütlesi	30 kg
Teker Çapı (R)	0.22 m
Aracın Yere Uyguladığı Kuvvet	$30 \times 9.81 = 294.3 \text{ N}$
Güvenlik Katsayısı	3
Motor Verimi	%60
Eğim Açısı	$\%10 \text{ eğim} = \arctan(\%eğim) = \arctan(10/100) = 5.7^\circ \rightarrow \alpha = 5.7^\circ$
Maksimum İvme	0.2 m-s^2
Yuvarlanma Direnç Katsayısı (f)	0.035
Kütle Katsayısı (c)	0.9

Aracın kara yüzeyinde hareket ederken karşılaşacağı engellerden biri de yuvarlanma direnci (R_y)'dir. R_y , Eş. 1 üzerinden hesaplanmıştır. Aracın kalkışı ve düzgün bir şekilde seyri için R_y 'nin hesaplanması kritiktir. Araca gösterilen dış dirençlerden bir tanesi ise meyil direnci (R_m)'dir. R_m , Eş. 2 üzerinden hesaplanmıştır. Aracın motor seçimi için motor gücünün ne kadarlık bir eğime karşı direnç göstereceği önemlidir. Gösterilen dış etkenlerden bir diğeri ivmelenme direnci (R_i)'dir. R_i , Eş. 3 üzerinden hesaplanmıştır. Aracın ivmelenmesi ise aracın belirli ve ideal bir ivme ile gitmesi için önemlidir. Sonuç olarak gösterilen dirençlerin toplamı (R_{toplam}) ile gerekli motor kuvveti hesaplanmıştır. Hesaplanan toplam motor kuvveti üzerinden tekerleklerin üzerine düşen kuvvet Eş. 5 ile hesaplanmıştır. Hesaplanan tek motor kuvveti üzerinden Eş. 6 kullanılarak motor başına düşen tork bulunmuştur. Bulunan tork ile Eş. 7 üzerinden kullanılabilir tork değeri hesaplanmıştır. Son olarak

Eş. 8 ile %60 verimlilikte gerekli olan güç ve toplam tork değerleri hesaplanmıştır.

$$R_y = G \cdot f \quad \text{Eş. 1}$$

$$(294.3) \times (0.035) = 10.3 \text{ N}$$

$$R_m = G \cdot \sin(\alpha) \quad \text{Eş. 2}$$

$$(294.3) \sin(5.7^\circ) = 29.22 \text{ N}$$

$$R_i = c \cdot G \cdot a \cdot g \quad \text{Eş. 3}$$

$$(0.9) \times (294.3) \times (0.2) / (9.81) = 11.2 \text{ N}$$

$$R_{\text{toplam}} = R_y + R_m + R_i \quad \text{Eş. 4}$$

$$(10.3) + (29.22) + (11.2) = 50.72 \text{ N}$$

$$R_{1,2,3,4} = \frac{R_{\text{toplam}}}{4} \quad \text{Eş. 5}$$

$$\frac{(50.72)}{4} = 12.68 \text{ N}$$

$$T = (R_{1,2,3,4}) \times \left(\frac{R}{2}\right) \quad \text{Eş. 6}$$

$$12.68 \times 0.11 = 1.4 \text{ N.m}$$

$$\text{Kullanılabilir Tork Değeri} = T \times \text{Güvenlik Katsayısı} \quad \text{Eş. 7}$$

$$1.4 \times 3 = 4.2 \text{ Nm}$$

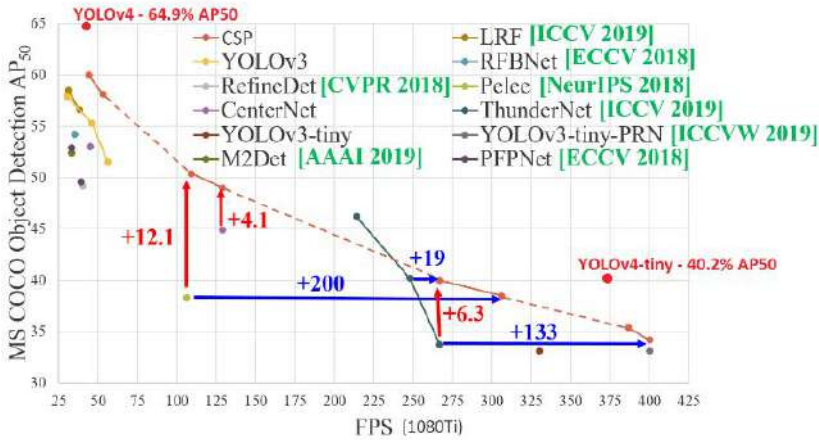
$$P = \frac{T \times n}{9554} \quad \text{Eş. 8}$$

$$\frac{4.2 \times 36}{9554} = 15.82 \text{ W}, P_{\%60 \text{ verim}} = 26.36 \text{ W}, T = \frac{0.2 \times 9554}{36} = 53.07 \text{ Nm}$$

4. GÖRÜNTÜ İŞLEME VE YABANCI BİTKİ TESPİTİ

Çalışmanın görüntü işleme kısmında kameradan veri almak, bu görüntüleri dönüştürüp çeşitli işlemlere sokmak için OpenCV kütüphanesi tercih edilmiştir. Yabancı bitkilerin tespiti için gerçek zamanlı nesne tespitinde kullanılan ve diğer algoritmalara göre daha hızlı ve daha yüksek ortalama kesinlik değerine sahip olan Yolo algoritması tercih edilmiştir. Ayrıca bitkinin tespit edildiği anda ilaçlanması önemlidir. Bu nedenle kullanılan tespit algoritmasının yüksek FPS vermesi gerekmektedir. Yolo algoritması Şekil 3'teki grafiğe göre diğer algoritmalara nazaran daha yüksek FPS sağlamaktadır. Bunun yanında sunulan çalışma için YOLOv3 ve YOLOv4-tiny modellerini karşılaştırmak adına 200 adet resimden oluşan küçük boyutlu bir veri seti hazırlanmıştır. Hazırlanan veri seti eğitim ve test verilerine ayrılarak önerilen Yolo modelleri üzerinden eğitimler yapılmıştır. Modeller karşılaştırıldığında daha hızlı olması sebebiyle bu çalışmada YOLOv4-tiny modelinin kullanılmasına karar verilmiştir.

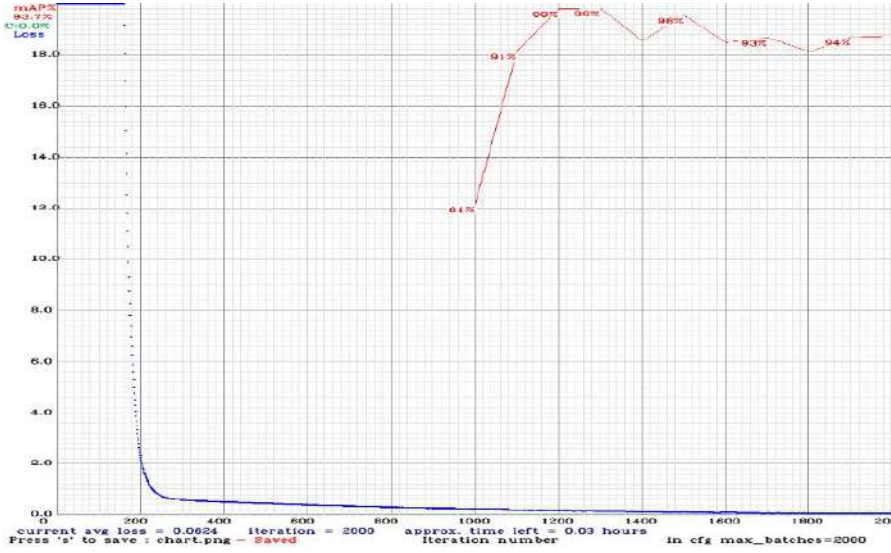
Şekil 3. Nesne tespit algoritmalarının FPS parametresi üzerinden karşılaştırılması (Aleksey Bochkovskiy, 2020)



Yabancı bitkilerin tespiti için veri seti oluşturulurken bitkinin farklı açılardan ve birden fazla zeminde videoları çekilmiştir. Çekilen videolardan gerekli resimler boyutlandırılıp ayrıştırılmıştır. Ardından OpenCV kütüphanesi kullanılarak resme döndürme, tuz-biber gürültüsü ekleme, bulanıklaştırma, parlaklık ayarı değişimi, kaydırma işlemleri uygulanarak veri seti genişletilmiştir. Çalışma süresince 2 farklı veri seti hazırlanmıştır. Toplanan 3720 adet bitki görseli labelImg programı kullanılarak Yolo modeline uygun olarak etiketlenmiştir. Eğitim ve test için kullanılacak veriler; %10'u test, %90'ı eğitim olacak şekilde ayrıştırılmış ve eğitim için hazırlanmıştır. Bu işlem tamamlan-

dıktan sonra C ve CUDA ile yazılmış açık kaynaklı bir sinir ağı çerçevesi olan Darknet kurulmuş ve kendi veri setimizin eğitimi için YoloV4-tiny'e göre düzenlenmiştir. Düzenlenen Darknet Google Drive kullanılarak Google Colab programlama ortamına dahil edilmiştir. Google Colab üzerinden eğitim işlemi gerçekleştirilmiştir. Eğitim sırasında doğruluk ve kayıp değerlerinin değişimini gösteren grafik Şekil 4'te verilmiştir.

Şekil 4. Doğruluk ve kayıp grafiği



Şekil 4'teki grafiğin y ekseninde kırmızı renkle doğruluk değeri, yine aynı eksende mavi renk ile kayıplar gösterilmektedir. Doğruluk değeri mAP ile sembolize edilmiştir. Grafiğin x eksenini iterasyon sayısını göstermektedir. Toplamda 2000 adet iterasyon yapılmıştır. En yüksek doğruluk değerinin elde edildiği iterasyondaki ağırlıklar alınarak eğitim tamamlanmıştır. Eğitimden elde edilen ağırlık dosyaları kullanılarak Python dilinde, OpenCV'nin DNN modülü kullanılarak bir tespit algoritması hazırlanmıştır. Bu algoritma test için çekilen resimler, videolar ve gerçek zamanlı alınan görüntüler kullanılarak test edilmiştir. Test aşamasından elde edilen sonuçlardan bazıları Şekil 5'te verilmiştir.

Şekil 5. Eğitilen modelle yüksek doğrulukla tespit edilen bitki



Çalışma süresince karşılaşılan problemlerden biri algoritmanın yabancı bitkiyi tanımasında harcadığı süredir. Araç hareket ederken tanıma işlemi gerçekleştireceğinden 2-3 saniyelik tanıma için harcanan süre bitkinin tanınmasına imkân tanınmadan aracın üzerinden geçip gitmesine sebep olmaktadır. Bu ciddi bir sorundur. Bu aşamada veri setinin kalitesi ve algoritmanın verimli bir şekilde hazırlanması önemlidir. Seçilen YOLO v4-tiny algoritma modeli ile benzer içeriklerin yer aldığı veri setinde temizleme yaparak veri boyutunun azaltılmıştır. Verinin daha hızlı şekilde tanımlanması için veri setinin her bölgesinin incelenmesi yerine tanımlanacak cismin olabilecek pixel aralığında incelenmesi sağlanmıştır. Böylece tanımlama işlemi daha kısa süreye indirilmiştir. Bu konuda yaptığımız iyileştirmeler sayesinde araç hareket ederken durmaksızın bitkiyi tanıma ve imha etme işlemini hatasız bir şekilde gerçekleştirebilmektedir.

Şekil 6. Geliştirilen tarımsal insansız kara aracının farklı açılardan görünümü



5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Çalışmanın sonunda aracın anlık durumunu görebilmek ve kontrol edilebilmek için Şekil 7'deki arayüz geliştirilmiştir. Geliştirilen arayüz sayesinde bir yer istasyonu üzerinden aracın uzaktan kablosuz kontrolü sağlanmaktadır. Arayüz üzerinde aracın anlık konumu, tespit edilen yabancı bitkinin görüntüsü, aracın hareket kontrol paneli, aracın hız-durum göstergeleri ve sürüş için otonom ve manuel mod seçenekleri bulunmaktadır. Buradaki arayüzden yapılan saha testleri sonucunda elde edilen veriler görülebilir.

Geliştirilen araçla yapılan saha testlerinden sonra aracın gövdesi ile tekerlekleri arasındaki bağlantının tek taraflı yataklı olmasından kaynaklı aracın yürür sisteminde sıkıntılar tespit edilmiştir. Tekerlekler tek taraflı yataklanmadığından zamanla lastikler yere açılı basmaktadır. Bunun önüne geçmek için ilerleyen çalışmalarda tekerleklerin çift taraflı yataklanması düşünülmektedir. Ayrıca araç daha iyi bir GPS modülüyle desteklenecektir. Bu sayede daha kesin konum bilgilerinin elde edilmesi amaçlanmıştır.

Şekil 7. Aracın uzaktan kontrolü ve izlenmesi için geliştirilen arayüz



6. SONUÇ

Bu çalışmada tarımdaki fazla ilaç kullanımının önüne geçmek ve lokal olarak daha verimli bir ilaçlama yapabilmek için özgün tasarıma sahip insansız bir kara aracı geliştirilmiştir. Araç üzerinde tarım alanlarındaki istenmeyen yabancı bitkilerin algılanması için bir tespit sistemi bulunmaktadır. Bu tespit sistemiyle istenmeyen yabancı bitkiler yüksek doğrulukla tespit edilmiştir. Bitkilerin tespiti gerçek zamanda ve hızlı bir şekilde yapıldığından ilaçlama esnasındaki gecikmeler en aza indirilmiştir. Bitkiler, tespit edildikleri anda yine araç üzerindeki ilaçlama sistemiyle anlık ve lokal olarak ilaçlanabilmiştir. İlaçlama işlemi otonom yapılmıştır. Araç gerçek saha şartlarında test edilmiştir. Geliştirilen kara aracıyla yapılan saha testlerinde 40 cm yüksekten %90-95 doğrulukla tarım arazisindeki zararlı bitki tespit edilip anlık olarak başarılı bir şekilde ilaçlanmıştır. Bu testler sırasında yabancı bitkiler başarıyla tanınmış ve aracın lineer-açıl hız verileri, araçta depolanan ilaç miktarı, bataryaların doluluk oranları ve tespit edilip ilaçlanan bitki sayıları gibi kritik parametreler harici bir yer istasyonu olarak geliştirilen arayüz üzerinden gerçek zamanda izlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Aleksey Bochkovskiy. (2020). YOLO v4 tiny Algorithm Model to Compare. Retrieved 21 March 2022, from pythonrepo.com
- ArduPilot. (2021). Pixhawk Overview. Retrieved 4 March 2022, from <https://ardupilot.org/copter/docs/common-pixhawk-overview.html>
- Ay, F., & Ince, G. (2015). Application of pesticide using unmanned aerial vehicle. *2015 23rd Signal Processing and Communications Applications Conference, SIU 2015 - Proceedings*, (June), 1268–1271. Retrieved from <https://doi.org/10.1109/SIU.2015.7130069>
- Çınar, S., Halipoğlu, R., & İnal, İ. (2014). Effects of Some Weed Control Methods on Yield, Botanical Composition and Forage Quality in Subirrigated Grasslands of Cukurova. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 1.
- Intel. (2022). Intel RealSense D435 Camera. Retrieved 20 May 2022, from <https://dev.intelrealsense.com/docs/stereo-depth-camera-d400>
- Kara, A., & Ata, E. (2021). Determination of Weed Species, Density and Frequency of Occurrence in the Vineyards of Tekirdağ Province. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 18(May), 333–343. Retrieved from <https://doi.org/10.33462/jotaf.799731>
- Karadöl, H. (2017). Mısır Arazisinde Yabancı Otların Belirlenmesine Yönelik Matlab ve PLC Arası OPC Haberleşme Kullanılarak Geliştirilen Bir Kontrol Sistemi A Developed Control System by Using OPC Communication Between Matlab and PLC for Determination of Weeds in Corn Field. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 14(02).
- Logitech. (2019). Logitech C920 Pro. Retrieved 25 February 2022, from <https://www.logitech.com/tr-tr/products/webcams/c920-pro-hd-webcam.960-001055.html>
- NVIDIA. (2022). NVIDIA Jetson Nano. Retrieved 1 January 2022, from <https://developer.nvidia.com/embedded/downloads#?search=Jetson+Nano>
- Sabancı, K. & Aydın, C. (2014). Görüntü İşleme Tabanlı Hassas İlaçlama Robotu. *Journal of Agricultural Sciences Journal*, 406–414. Retrieved from <https://doi.org/10.1501/Tarimbil>
- Saeed, R. A., Tomasi, G., Carabin, G., Vidoni, R., & von Ellenrieder, K. D. (2022). Conceptualization and Implementation of a Reconfigurable Unmanned Ground Vehicle for Emulated Agricultural Tasks. *Machines*, 10(9), 1–20. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/machines10090817>
- Şin, B., & Kadioğlu, İ. (2019). İnsansız Hava Aracı (İHA) ve Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Yabancı Ot Tespitinin Yapılması. *Turkish Journal of Weed Science*, 20(2), 211–217. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tjws>

- Slaughter, D. C., Giles, D. K., & Downey, D. (2008). Autonomous robotic weed control systems: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 61(1), 63–78. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.compag.2007.05.008>
- Song, Y., Sun, H., Li, M., & Zhang, Q. (2015). Technology Application of Smart Spray in Agriculture: A Review. *Intelligent Automation and Soft Computing*, 21(3), 319–333. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/10798587.2015.1015781>
- Türkseven, S., Zeki KIZMAZ, M., Behiç TEKİN, A., Urkan, E., Tansel SERİM, A., Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, E., ... Tarihi, G. (2016). Tarımda Dijital Dönüşüm; İnsansız Hava Araçları Kullanımı. *Journal of Agricultural Machinery Science*, 12(4), 267–271.
- Yazlık, A., Çöpöğlü, E., Özçelik, A., Tembelo, B., Yiğit, M., Albayrak, B., Aydınli, V. (2019). Weed species and their impacts: Fruit nursery area sample in düzce. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 16(3), 389–401. Retrieved from <https://doi.org/10.33462/jotaf.578999>
- Zou, Q., Sun, Q., Chen, L., Nie, B., & Li, Q. (2022). A Comparative Analysis of LiDAR SLAM-Based Indoor Navigation for Autonomous Vehicles. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23(7), 6907–6921. Retrieved from <https://doi.org/10.1109/TITS.2021.3063477>