

1. Proje Özeti

Bu proje, sıra arası yabancı ot mücadelesinde kimyasal kullanımını azaltmayı hedefleyen otonom bir tarla robotunu konu almaktadır. Sistem, tek kameradan alınan görüntü üzerinde çalışan hafif bir segmentasyon modeli ile bitki ve yabancı otu ayırt etmektedir [1].

Ceylanpınar'da iki dekarlık pamuk parselinde yapılan denemelerde tespit doğruluğu %89 ölçülmüştür. Prototip 38 saat saha çalışmasında hiç ürün zararı vermemiştir.

2. Problem Durumunun Tanımlanması

Pamuk üretiminde yabancı ot mücadelesi ağırlıklı olarak herbisitlerle yapılmaktadır. Bu yöntem hem maliyetli hem de toprak sağlığı açısından sürdürülebilir değildir [2].

Mekanik çapalama alternatif olmakla birlikte, dar sıra aralıklarında operatör hatası nedeniyle ürün zararı riski taşımaktadır. Ticari otonom çözümlerin maliyeti küçük işletmeler için erişilebilir değildir [3].

3. Çözüm

Geliştirdiğimiz sistem, traktör arkasına bağlanan bir aparat üzerinde çalışır. Kamera görüntüsü gömülü kart üzerinde işlenir ve segmentasyon çıktısına göre çapalama bıçakları servo motorlarla konumlandırılır.

Şekil 3.1: Sistem mimarisi ve veri akışı



Çapalama ünitesinin konumlandırılmasında iki eksenli bir mekanizma kullanılmış olup, konum hatası artı eksi dört milimetre mertebesinde ölçülmüştür. Bu değer dar sıra aralıklarında kabul edilebilir sınırdadır.

4. Yöntem

Veri seti, 2025 vejetasyon döneminde farklı gün saatlerinde çekilen 4.200 görüntüden oluşmaktadır. Görüntüler piksel düzeyinde üç sınıfa etiketlenmiştir: pamuk, yabancı ot, toprak.

Model olarak hafif omurgalı bir kodlayıcı-kod çözücü ağ tercih edilmiştir. Tercihin gerekçesi, gömülü donanımda çıkarım süresini elli milisaniye altında tutma gerekliliğidir [4]. Doğrulama kümesinde mIoU 0,74 elde edilmiştir.

Etiketleme sürecinde iki bağımsız etiketleyici çalışmış, anlaşmazlıkta üçüncü uzmana başvurulmuştur. Etiketleyiciler arası uyum 0,86 olarak ölçülmüştür.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Literatürdeki benzer çalışmaların çoğu sıra tespiti için ayrı bir lazer tarayıcı kullanmaktadır [5]. Bizim

yaklaşımımızda sıra bilgisi doğrudan kamera görüntüsünden çıkarılmakta, donanım maliyeti yaklaşık %40 azalmaktadır.

Bu tercihin sınırlılığı vardır: yoğun toz koşullarında doğruluk %72'ye düşmektedir. Sınırlılık risk bölümünde ele alınmıştır.

6. Uygulanabilirlik

Prototip maliyeti otuz sekiz bin dört yüz lira olarak gerçekleşmiştir. Seri üretimde bu rakamın önemli ölçüde düşeceği öngörülmektedir. Bölgedeki bir tarım işletmesiyle pilot uygulama görüşmesi yapılmıştır.

7. Riskler

Toz koşullarında doğruluk kaybı en önemli teknik risktir. Karşı önlem olarak kameraya basınçlı hava temizleme ünitesi eklenmesi planlanmaktadır [6].

İkinci risk gömülü donanım tedarik süresidir; alternatif kart konfigürasyonu değerlendirilmiştir.

8. Kaynakça

[1] Yılmaz, A., Demir, K. (2024). Otonom tarla robotlarında görüntü tabanlı yabancı ot tespiti. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 20(2), 45-58.

[2] Kaya, M. (2023). Herbisit kullanımının toprak mikrobiyotasına etkileri. Toprak Bilimi Dergisi, 11(1), 12-24.

[3] Öztürk, S. (2022). Precision weeding systems: a cost-benefit analysis. Computers and Electronics in Agriculture, 195, 106-118.

[4] Howard, A. et al. (2019). Searching for efficient architectures. ICCV, 1314-1324.

[5] Şahin, E. (2023). Lazer tabanlı sıra takip sistemleri. Otomasyon, 8(3), 77-90.

[6] Doğan, H. (2024). Tarım makinalarında sensör koruma. Ankara: Ziraat Yayınları.