



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

Nesne Tespit Algoritması (YOLOv4) Kullanarak Patates Böceğinin (*Leptinotarsa decemlineata*) (Say)) (Coleoptera: Chrysomelidae) Patates Bitkisi Üzerinde Tespiti ve Populasyon İzleme Olanakları

Mustafa BİÇGİ^{1*}, İsmail KARACA¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü – Isparta-Türkiye

*Sorumlu yazar: mustafabcg@gmail.com

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi:28/11/2022

Kabul tarihi:13/12/2022

Anahtar Kelimeler: *Leptinotarsa decemlineata*, *Nesne tespiti*, *Patates böceği*, *Yapay zeka*, *YOLOv4*

DOI: 10.55979/tjse.1210904

ÖZET

Bu çalışmada, YOLOv4 nesne tespit algoritmasıyla patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata*)'nin ergin ve son dönem (3. ve 4. dönem) larvalarının patates bitkisi üzerinde tespitinin yapılması araştırılmıştır. Eğitim sonucunda "cfg yapılandırma" dosyasında ağırlık girişi görüntü çözünürlüğü "416×416", "608×608", "832×832", "1024×1024" ve "1440×1440" olarak değiştirilerek en uygun model tespit edilmeye çalışılmıştır. Eğitim sonucunda "cfg yapılandırma" dosyasında giriş görüntü boyutunun "1024×1024" değiştirilmesiyle 3000. iterasyonda en uygun nesne algılayıcısı modeli elde edilmiştir. Önerilen modele ait başarı ölçütü olarak Duyarlılık 0.78, kesinlik 0.85, F-ölçütü 0.81, ortalama kesinlik değerlerinin ortalaması (mAP) 87.53 ve keşif edilmiş bölge (IoU) 57.99 değerlerine ulaşılmıştır. Ayrıca sarı yapışkan tuzaklar, çukur tuzaklar ve gözle kontrol yöntemi kullanılarak kışlamadan çıkan ergin patates böceklerinin çıkış zamanının saptanması ele alınmıştır. Kışlamadan çıkan ergin patates böceklerinin sarı yapışkan tuzaklar ve çukur tuzaklarla yakalanma durumu incelenmiştir. YOLOv4 nesne tespit algoritması kullanılarak tuzakların erken uyarı sistemlerinde kullanılabilirliği ve populasyon izleme olanakları araştırılmıştır.

Detection and Population Monitoring of Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) (Say)) (Coleoptera: Chrysomelidae) on Potato Plant Using Object Detection Algorithm (YOLOv4)

ARTICLE INFO

Received: 28/11/2022

Accepted: 13/12/2022

Keywords: *Leptinotarsa decemlineata*, *Object detection*, *Colorado potato beetle*, *Artificial intelligence*, *YOLOv4*

DOI: 10.55979/tjse.1210904

ABSTRACT

In this study, the detection of adult and late stage (3rd and 4th stages) larvae of Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) on potato plant was investigated with the YOLOv4 object detection algorithm. At the end of the training, the most suitable model was tried to be determined by changing the input image resolution of the network to "416×416", "608×608", "832×832", "1024×1024" and "1440×1440" in the "cfg configuration" file. As a result of the training, the most suitable object detector model was obtained in the 3000th iteration by changing the input image resolution to "1024×1024" in the "cfg configuration" file. Recall 0.78, precision 0.85, F1-score 0.81, mAP 87.53 and IoU 57.99 was obtained as the evaluation metric of the suggested model. In addition, determining the emergence time of overwintered adult potato beetle by using yellow sticky traps, pitfall traps and visual inspection method were discussed. The catching status of overwintered adult potato beetles emerging with yellow sticky traps and pitfall traps was investigated. The usability of traps in early warning systems and the population monitoring were investigated by using the YOLOv4 object detection algorithm.

1. Giriş

Patates; birim alandan alınan verimin fazlalığı, içeriğinde bulunan besin değerinin ve farklı iklim bölgelerinde adaptasyonunun yüksek oluşu gibi özellikleriyle, dünyanın birçok bölgesinde kolaylıkla yetişebilen ve önemli bir besin kaynağı olarak kullanılan tek yıllık bir kültür bitkisidir. Patates çok değerli bir besin kaynağı olup tüketimi her geçen gün artmaktadır. Besin değeri yüksek ve kullanım alanları geniş olmasıyla, giderek büyüyen açlık sorununa çözüm olabilecek en önemli gıdaların başında gelmektedir (Arioğlu & Onaran, 2002).

Patates tarımı dünya ülkelerinin %79'unda yapılmakta ve üretim miktarı olarak buğday, mısır ve pirinçten sonra 4. sırada yer almaktadır (Onaran vd., 2000).

Ülkemizdeki patates üretim verilerine bakıldığında 2021 yılında 1.389.175 dekar alanda ekim yapılmış olup 5

milyon 100 bin ton üretim yapılmıştır. Dekara ortalama 3 bin 682 kg ürün elde edilmiştir. Ülkemizde 2021 yılında patates üretimi bakımından en fazla üretim Konya ilinde yapılmıştır. Üretim olarak Konya ilini sırasıyla Niğde ve Afyonkarahisar illeri takip etmektedir. Üretim açısından ülkemizde üçüncü sırada bulunan Afyonkarahisar ilinde 2021 yılı itibarıyla 151 bin 38 dekar alanda 562 bin 927 ton patates üretimi yapılmıştır (TUİK, 2022).

Patates bitkisinde verim kaybına neden olan birçok hastalık ve zararlı bulunmasına karşın patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata*) (Say)) (Coleoptera: Chrysomelidae) bunlar arasında en kritik öneme sahiptir. Geniş sıcaklık toleransı nedeniyle patates yetiştiriciliğinin yapıldığı tüm bölgelerde görülebilmektedir (Worner, 1988).

Patates böceği larvaları, özellikle bitkinin erken dönemlerinde yüksek populasyon yoğunluğunda büyük oranda zarar meydana getirmektedir. Mücadele

yapılmaması durumunda oluşabilecek zararın oranı bitkinin tolere edemeyeceği seviyelere kadar çıkabilmektedir (Christie vd., 1991). Şekil 1’de patates böceği mücadelesine geç kalınmış bir patates parseli görülmektedir.



Şekil 1. Patates böceğinin patates bitkisinde meydana getirdiği zarar (Orijinal)

Figure 1. The damage caused by the Colorado potato beetle to the potato plant

Bitki sağlığının izlenmesi ile hastalık ve zararlıların erken tespiti ve gerekli tedbirlerin zamanında alınması bitkisel üretimdeki kayıpları en aza indirmek, birim alandan alınan ürün miktarını artırmak ve ürün kalitesini yükseltmek için büyük önem arz etmektedir (Altaş vd., 2019). Makine öğrenmesi algoritmaları, bilgisayarlı görü ve donanımsal gelişmeler tarımdaki sorunlara yönelik çözüm bulmada gelecek vaat etmektedir (Patrício & Rieder, 2018). Modern bilgisayar biliminin gelişmesiyle birlikte, bilgisayarlı görü, zararlıları kategorize etmek için giderek daha yaygın olarak kullanılan bir yaklaşım haline gelmiştir. Çünkü geleneksel zararlı sınıflandırma yöntemlerinde yüksek zaman gereksinimi ve yoğun emek bulunmaktadır (Liu vd., 2019). Bilgisayarlı görü uygulamalarının yaygınlaşması, görüntü işleme alet ve ekipmanlarının hesaplama kapasitelerinin artması ve üretim maliyetlerinin düşmesi tarım alanında yapay zeka teknolojilerine olan ilginin artmasını sağlamaktadır (Mahajan vd., 2015).

Tek aşamalı nesne tespit modellerinden olan YOLO algoritması ilk olarak 2016 yılında Joseph Redmon vd. tarafından “You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection” adlı makale ile tanıtılmıştır. YOLO sözcüğü “Sadece Bir Kez Bak” kelimesinin kısaltılmasıdır. YOLO (You Only Look Once) algoritması nesne tespiti yapmak için yeni bir yaklaşım sunmuş, geleneksel nesne tespit yöntemlerinin aksine nesne algılama işleminde uzamsal olarak ayrılmış çevreyeici kutuları ve ilişkili sınıf olasılıklarını regresyon problemi olarak ele almıştır. Tek bir sinir ağı, tek bir değerlendirme yaparak çevreyeici kutuları ve sınıf olasılıklarını tüm görüntüden doğrudan tahminde bulunmaktadır (Redmon vd., 2016).

Bochkovskiy vd. tarafından 2020 yılında YOLO (You Only Look Once) algoritmasının dördüncü sürümü

tanıtılmıştır. YOLOv4 sürümünde, genellikle veri artırma için kullanılan ekler çantası (bag of freebies - BoF) ve tespit maliyetini az miktarda artırırken tespit başarısını önemli ölçüde artırabilen ayrıcalıklar çantası (bag of specials - BoS) olarak adlandırılan yöntemlerden en iyileri seçilmiştir. YOLOv4 ağında tek GPU üzerinde eğitimi daha uygun hale getirmek için ek tasarım ve iyileştirmeler yapılmıştır. Yapılan yeniliklerle eğitim ve test işlemleri için geleneksel GPU kullanan herkesin gerçek zamanlı, yüksek kaliteli ve ikna edici nesne algılama sonucu elde etmesi amaçlanmıştır (Bochkovskiy vd., 2020).

Derin öğrenme yöntemiyle nesne tespiti algoritmaları kullanarak bitki sağlığının izlenmesi ile hastalık ve zararlıların erken tespitinin yapılması mümkündür. Bu tür çalışmaların artması, zararlıların mücadele zamanına ve yöntemlerine karar verilmesine, gereksiz kimyasal ilaç kullanımının azaltılmasıyla kalıntı ve çevre problemlerinin önüne geçilmesine ve oluşacak ekonomik kaybın engellenmesine olanak sağlayacaktır.

2. Materyal ve Metot

Çalışmanın ana materyalini, patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* (Say)) (Coleoptera: Chrysomelidae) ergin ve son dönem larvaları, 25×10 cm ölçülerinde sarı yapışkan tuzaklar, sarı yapışkan tuzakları asmak için 2×2×100 cm ölçülerinde çitalar, raptiyeler ve 18 cm derinliğinde 11 cm çapında plastik çukur tuzaklar oluşturmaktadır. Veri seti oluşturmak için fotoğraflar Xiaomi Redmi Note 8 cep telefonu ile çekilmiştir. Nesne tespiti yapmak için YOLOv4 derin öğrenme algoritması kullanılmış olup, YOLOv4 ağına eğitim işlemi için ücretsiz GPU sağlaması nedeniyle Google Colaboratory ortamından yararlanılmıştır. Eğitim işlemi için gerekli dosyalar ve komutlar YOLOv4 resmi github adresinden edinilmiştir (Anonymous, 2022a). Çalışma, 2021 yılında Afyonkarahisar ili Kızılören ilçesi Ekinova köyünde tek bir üreticiye ait 3 (üç) adet patates tarlasında yürütülmüştür.

2.1. Denemelerin kurulması

Patates böceğinin patates parsellerine gelme zamanının tespitini yapmak için sarı yapışkan tuzaklar, çukur tuzaklar ve gözle kontrol yöntemleri bir arada kullanılmıştır. Sarı yapışkan tuzaklar ve çukur tuzaklarla patates böceğinin yakalanma ve populasyon izlemede kullanım olanakları incelenmiştir. Kışlanmış patates böceğinin patates parsellerine gelme zamanının tespitini yapmak için patates parsellerinin ekiminin tamamlandığı 13.04.2021 tarihinden itibaren haftada bir kez olmak üzere patates parselleri gezilerek gözle kontroller gerçekleştirilmiştir. Sarı yapışkan tuzak örnekleme için, her bir üretim alanını temsil edecek şekilde parsellerin dört ayrı kenarına, alttan ve üstten raptiyelerle tutturulmuş 25×10 cm ebatlarındaki sarı yapışkan tuzak asılı olan çitalar konumlandırılmıştır. Patates bitkisini ekimi ile topraktan çıkması arasındaki sürede sarı yapışkan tuzakların alt kısmı yerden 25 cm yüksekte olacak şekilde yerleştirilmiştir. Daha sonrasında ise sarı yapışkan tuzakların alt kısmı bitkilerin tepe noktasına gelecek şekilde ayarlanmıştır (De Gooyer vd., 1998). Çalışmada kullanılan sarı yapışkan tuzaklar haftalık kontrolleri yapılarak değiştirilmiştir. Çukur tuzak

yöntemiyle örneklerin toplanması için, patates parsellerini temsil edecek şekilde parsellerin kenarlarına ağız kısımları toprak üstü seviyesiyle aynı olacak hizada her bir parselde 2'şer adet olmak üzere 18 cm derinliğinde 11 cm çapında plastik çukur tuzaklar yerleştirilmiştir. Tuzakların alt kısımları içinde su bulundurmaması için delinmiştir. Tuzakların kontrolleri haftalık olarak yapılmış ve kontrollerden sonra içerisindeki böcek ve diğer materyaller temizlenmiştir. Tuzaklardan elde edilen veriler not edilerek oluşturulan tabloya işlenmiştir. Tuzaklara ait görseller Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Denemelerde kullanılan tuzaklar
Figure 2. Traps in trials

2.2. YOLOv4 modelinin eğitilmesi

Çalışmada, birçok farklı koşullarda ve zamanlarda, çoğunlukla patates bitkisi üzerinde doğal haliyle farklı uzaklıklardan çekilmiş patates böceği erginleri ve son dönem larvalarını içeren 1180 adet fotoğraf veri setine eklenmiştir. Veri setinin içerisine patates böceği ergin ve son dönem larvası bulunmayan fotoğraflar da eklenerek veri setinin çeşitliliği sağlanmış ve her türlü koşullar altında oluşturulacak modelin en yüksek saptama oranıyla çalışması amaçlanmıştır. Veri seti oluşturulduktan sonra elde edilen görüntülerin YOLO formatına uygun şekilde etiketlenmesi gerektiğinden, ücretsiz ve kolay bir çevrimiçi yazılım olan "MakeSenseAI" yazılımından yararlanılmıştır. Görüntülerin yüzde 80'i eğitim, yüzde 20'si ise test için kullanılmıştır. 1180 adet görüntü ve görüntülere ait etiketler bulunan "obj" isimli dosyadan 236 adet görüntü ve etiketleri "test" isimli dosyaya aktarılmıştır. YOLOv4 modelinin eğitim işlemi (Anonymous, 2022b)'da bulunan tarayıcı tabanlı not defterindeki adımlar takip edilerek gerçekleştirilmiştir.

2.3. Kullanılan başarı değerlendirme ölçütleri

Hata matrisi, sınıflandırma modelinin gerçek değerlerin bilindiği bir dizi test verisi üzerindeki başarısını değerlendirmek için kullanılan bir tablodur. Hata

matrisinin yapılan çalışmaya uyarlanmış hali Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Hata matrisinin çalışmaya uyarlanması
Table 1. Adaptation of the confusion matrix to the study

Terimler	Çalışmaya Uyarlanması
Doğru Pozitif (True Positive-TP)	Modelin gerçekte bulunan patates böceğinin ergin ya da son dönem larva sınıflarını doğru bir şekilde var olarak tahmin ettiği sonuçtur.
Yanlış Pozitif (False Positive-FP)	Modelin gerçekte bulunmayan patates böceğinin ergin ya da son dönem larva sınıflarını yanlış bir şekilde var olarak tahmin ettiği sonuçtur.
Yanlış Negatif (False Negative-FN)	Modelin gerçekte bulunan patates böceğinin ergin ya da son dönem larva sınıflarını yanlış bir şekilde yok olarak tahmin ettiği sonuçtur.
Doğru Negatif (True Negative-TN)	Modelin gerçekte bulunmayan patates böceğinin ergin ya da son dönem larva sınıflarını doğru bir şekilde yok olarak tahmin ettiği sonuçtur.

Önerilen YOLOv4 modelinin başarısını değerlendirmek için duyarlılık (recall), kesinlik (precision), F-Ölçütü (F1-Score), ortalama kesinlik değerlerinin ortalaması (mean Average Precision; mAP) ve kesiştirilmiş bölge (Intersection over Union; IoU) değerleri kullanılmıştır. Kesinlik, tüm sınıflardan doğru olarak ne kadar tahmin edildiğinin bir ölçüsüdür. Duyarlılık, modelin ne kadar gerçek pozitif değeri doğru tahmin ettiğinin bir ölçüsüdür. F-Ölçütü, kesinlik ve duyarlılık başarı değerlendirme ölçütlerinin birlikte değerlendirilmesi olup, kesinlik ve duyarlılık değerlerinin harmonik ortalamasıdır. Modelin başarısının ölçülmesi için kullanılan denklemler aşağıda verilmiştir.

$$\text{Kesinlik} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (1)$$

$$\text{Duyarlılık} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2)$$

$$F - \text{ölçütü} = 2 \times \frac{\text{Duyarlılık} \times \text{Kesinlik}}{\text{Duyarlılık} + \text{Kesinlik}} \quad (3)$$

Ortalama kesinlik (Average Precision; AP), her bir sınıf için kesinlik - duyarlılık eğrisi üzerinde farklı duyarlılık değerlerine karşılık gelen kesinlik değerlerinin ortalaması olarak hesaplanmakta, ortalama kesinlik değerlerinin ortalaması (mean Average Precision; mAP) ise, bütün sınıflara ait ortalama kesinlik değerlerinin ortalaması olarak ifade edilmektedir (Anonymous, 2022c). Kesiştirilmiş bölge (Intersection over Union; IoU) değeri, kesin referans çevreleyici kutusu ile tahmin edilen çevreleyici kutu kesişimlerinin birleşimlerine oranı şeklinde hesaplanmaktadır. Kesiştirilmiş bölge değerinin standart olarak 0,5 seçilmesi durumunda bu değer üzerinde yapılan tahminin doğru olduğu kabul edilir (Başaran & Çağır, 2021). Çalışmada kesiştirilmiş bölge (IoU) eşiği 0,5 olarak alınmıştır.

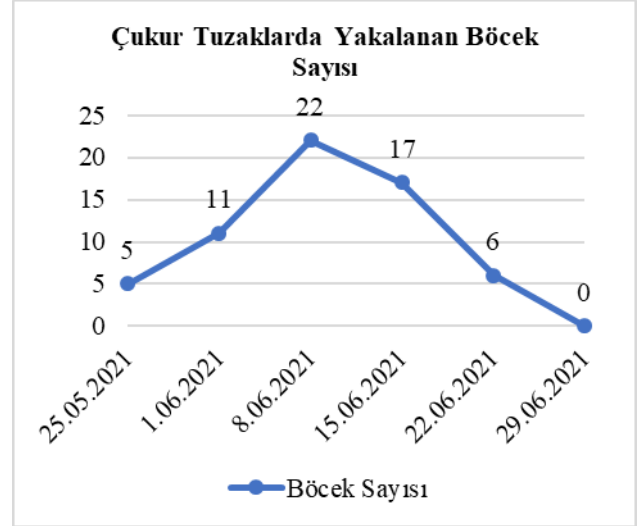
Eğitilen modelde her 1000 iterasyon ağırlığı kullanılarak ergin ve larva sınıflarına ait ortalama kesinlik (AP) değerleri incelenmiştir. YOLOv4 darknet resmi github sayfasında eğitim işleminden sonra küçük nesnelerin algılama başarısını artırmak için “cfg yapılandırma” dosyasındaki ağırlık giriş görüntü boyutunun 32’nin katı olacak şekilde yükseltilmesi önerilmektedir (Anonymous, 2022a). Bu amaçla YOLOv4 ağ giriş görüntü boyutu eğitim sonunda test aşamasında kullanılan “cfg yapılandırma” dosyasında “width” ve “height” değerleri sırasıyla “608×608”, “832×832”, “1024×1024” ve “1440×1440” olarak yükseltilmiş ve başarı değerlendirme ölçütlerine bakılarak en iyi model bulunmaya çalışılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Patates böceğinin çıkış zamanını tespiti ve tuzaklarda yakalanma durumu

Patates böceğinin çıkış zamanının tespiti için sarı yapışkan tuzaklar, çukur tuzaklar ve gözle kontrol yöntemleri kullanılmıştır. 25.05.2021 tarihinde ilk olarak çukur tuzaklarda patates böceği ergini tespit edilmiştir. Gözle kontrol yönteminde ise ilk ergin bireyler 01.06.2021 tarihinde gözlenmiştir. Kekillioğlu & Yılmaz (2018), patates böceği ile ilgili yapılan bir ön çalışmada; patates böceğinin doğal arazi koşullarında, hava sıcaklığının 15 °C olduğu Mayıs ayının ilk haftasında kışlamadan çıktığını gözlemlemişlerdir. Doğan & Karaca (2020), Afyonkarahisar ili Bolvadin ilçesinde Nisan ve Mayıs aylarında ekilişi yapılan patates bitkisinde Haziran ayının ikinci haftasından itibaren patates böceği çıkışlarının başladığını belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada patates böceğinin çıkış zamanı önceki çalışmalar ile uyumludur.

Çukur tuzak yöntemi kullanılarak patates böceğinin çıkışı gözle kontrol yöntemine kıyasla daha erken olmuştur. Çalışmada yapılan gözlemlerde patates böceği erginlerinin patates parsellerine gelişlerinin çoğunlukla yürüyerek gerçekleştiği gözlenmiştir. Bunun sebebinin patates üretimin yoğun olması nedeniyle patates böceğinin patates parsellerine yakın alanlarda kışlama yaptığı olabilir. Gözle sayım yapılarak tarihlere göre çukur tuzaklarla yakalanan patates böceği ergin birey sayısı Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Tarihlere göre çukur tuzak kullanarak yakalanan böcek sayısı

Figure 3. Number of insects caught using pitfall traps by date

Şekil incelendiğinde 8 Haziran 2021 tarihinde yakalanan böcek sayısının en yüksek seviyede olduğu görülmektedir. 29 Haziran 2021 tarihi itibarıyla çukur tuzaklar kullanarak patates böceği yakalanmamıştır. Bunun sebebinin patates bitkisinin yapraklarının birbirlerine değerek tarlayı tamamen örtmesiyle böceğin bitkiye doğrudan ulaşabilmesi olduğu düşünülmektedir. Noronha & Cloutier (1999), patates parsellerinde patates böceğinin hareketinin yönünü tespit etmek için perde tuzaklar ve 3.3 m uzunluk, 6 cm genişlik ve 8 cm derinlik olacak şekilde PVC yağmur oluklarından yapılmış çukur tuzaklar kullanmışlardır. Boiteau vd. (1994), laboratuvar ve saha çalışmalarında, plastik kaplı hendeklerin, yürüyen ergin patates böceklerinin patates tarlalarına giriş çıkışlarına karşı bariyer görevi görebileceğini tespit etmişlerdir. Plastik kaplı hendeklerle çevrili bir patates tarlasında, hendeksiz tarlalara kıyasla kışlamış ergin böcek popülasyonunun %47-49 oranında azaldığı saptamışlardır. Patates böceğinin yürüyüş yoluyla parsellere gelişinde çukur tuzakların büyüklüğü ile yakalanan ergin birey sayısı doğru orantılıdır. Çukur tuzakların ölçülerinin büyütülmesiyle tuzakların daha etkin olması beklenmektedir. Böylelikle böceğin çıkış zamanı daha hassas ve erken tespit edilebilecektir. Bu tip tuzaklar sayesinde kışlamış böceğin bir kısmının patates parsellerine gelişini engellenerek kısmi mücadele yapılmış olacaktır.

Capinera (2020), patates böceği örnekleme için tüm bitkilerin toprak üstü yaşam dönemleri için incelenmesi gerektiğini belirtmiş, ergin patates böceğinin sarı renge çekilip ve tuzaklarla yakalanabileceğini ifade etmiştir. Bu öneriye uyularak yapılan çalışmada sarı yapışkan tuzaklar kullanılarak herhangi bir patates böceği yakalanmamıştır. Şekil 4’de patates böceğinin sarı yapışkan tuzaklara ilgisiz olduğu görülmektedir. Uçuş yoluyla patates böceğinin parsellere gelişinin takip edilmesi için diğer tuzak yöntemlerinin denenerek, kıyaslanması gerekmektedir. Bunun sonucunda daha kesin yargılara ulaşılabilir.



Şekil 4. Sarı yapışkan tuzak ve patates böceği ergini
Figure 4. Yellow sticky trap and adult Colorado potato beetle

3.2. Eğitilen modelin başarısının ölçülmesi

Model eğitimi tamamlandıktan sonra elde edilen ergin ve larva sınıflarına ait bulgular ile eğitim işlemi bitiminden sonra “cfg yapılandırma” dosyasında ağ giriş görüntü boyutlarındaki değişime bağlı olarak modele ait ortalama kesinlik (AP) değerleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Yapılandırma dosyasında ağın giriş görüntü boyutunun yükseltilmesi ile sınıflara ait ortalama kesinlik (AP) değerlerinin değişimi

Table 2. Changing the AP (Average Precision) values of classes by increasing the input image size of the network in the “configuration file”

Çözünürlük	Ortalama Kesinlik değerleri (%)	İterasyon Sayısı					
		1000	2000	3000	4000	5000	6000
416×416	Ergin	77.90	83.05	83.17	81.88	81.23	81.57
	Larva	66.40	77.76	77.02	73.98	72.99	72.93
608×608	Ergin	83.47	87.75	89.54	87.73	87.07	87.10
	Larva	77.38	81.05	83.45	80.15	76.89	79.03
832×832	Ergin	71.73	85.79	90.04	90.69	90.50	90.37
	Larva	76.75	80.81	81.86	79.73	75.81	79.65
1024×1024	Ergin	70.14	87.79	91.99	90.01	91.40	91.21
	Larva	75.57	82.12	83.03	80.72	77.92	80.52
1440×1440	Ergin	52.56	81.42	87.63	87.79	87.45	89.39
	Larva	60.62	79.93	78.67	77.91	73.90	77.44

Çizelge 2 incelendiğinde en yüksek ortalama kesinlik değeri, ergin sınıfı için “1024×1024” giriş görüntüsü çözünürlüğünde 3000. iterasyonda 91.99 olarak, larva sınıfı için “608×608” giriş görüntüsü çözünürlüğünde 3000. iterasyonda 83.45 olarak ölçülmüştür. En yüksek ortalama kesinlik değerlerinin ortalaması (mAP) değerlerinin “cfg yapılandırma” dosyasında giriş görüntüsünün “1024×1024” boyutunda ve 3000. iterasyonda 87.51 olarak elde edildiği görülmektedir. Önerilen modele ait başarı ölçütleri Çizelge 3’de gösterilmektedir.

Çizelge 3. Yapılandırma dosyasında ağ giriş görüntü boyutu “1024×1024” olarak değiştirilmiş modele ait başarı ölçütleri

Table 3. Evaluation metric for the model whose network input image size has been changed to “1024×1024” in the configuration file

Model	İterasyon	Kesinlik	Duyarlılık	F-Ölçütü	mAP(%)	Ortalama IoU(%)
YOLOv4 (1024×1024)	1000	0.54	0.85	0.66	72.86	37.69
	2000	0.65	0.89	0.75	84.96	47.58
	3000	0.78	0.85	0.81	87.53	57.99
	4000	0.77	0.83	0.80	85.36	57.89
	5000	0.77	0.81	0.79	84.66	58.32
	6000	0.78	0.83	0.81	85.86	59.22

Çizelge 3 incelendiğinde en yüksek duyarlılık değeri 2000. iterasyonda 0.89 olarak, ölçülmüştür. Kesiştirilmiş bölge (IoU) değeri her iterasyonda yükselerek 6000. iterasyonda 59.22 değerine ulaşmıştır. İterasyon sayısının artırılmasıyla kesiştirilmiş bölge (IoU) değerinin artacağını düşünülmektedir. En yüksek kesinlik değeri, F-ölçütü ve ortalama kesinlik değerlerinin ortalaması (mAP) değerinin 3000. iterasyonda görülmüştür. Bu bağlamda “1024×1024” ağ giriş görüntü boyutunda 3000. iterasyona ait ağırlığın (yolov4-obj_3000.weights) patates böceğinin ergin ve son dönem larvalarının algılanmasında kullanılmaya uygun olduğu düşünülmektedir.

3.3. Test Görüntüleri ve Populasyon İzleme Olanakları

Populasyon yoğunluğu, ekonomik kayba neden olabilecek en düşük populasyon yoğunluğu olarak ifade edilen ekonomik zarar seviyesi çalışmalarında kullanılmaktadır (Stern vd., 1959). Pedigo vd. (1986), ekonomik zarar eşiğini, ürünün piyasa fiyatına, kontrol maliyetlerine ve potansiyel getiriye bağlı olarak değişen dinamik bir parametre olarak tanımlamıştır. Nouri Ganbalani vd. (2010), patates böceği için ekonomik zarar eşiğini bitki başına 5-6 son dönem larva olarak hesaplanmışlardır. Literatür incelendiğinde patates böceği için ekonomik zarar eşiğinin bitki sap başına geniş aralık değerlerinde değişen larva sayısı olarak hesaplandığı görülmektedir. Bu farklılıklar ekonomik zarar eşiğinin ürünün piyasa fiyatına, kontrol maliyetlerine ve potansiyel getiriye bağlı olarak değişkenlik gösterdiğinden kaynaklanmaktadır. Populasyon yoğunluğunun test görüntüleri üzerinden yeni

- De Gooyer, T. A., Pedigo, L. P., & Rice, M. E. (1998). Development of sticky trap sampling technique for potato leafhopper adults. *Journal of Agricultural Entomology*, 15(1), 33-37.
- Doğan, E., & Karaca, İ. (2020). Afyonkarahisar ili patates alanlarında patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata*) (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae)'nin yayılışı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(1), 90-95. <https://doi.org/10.19113/sdufenbed.573496>.
- Kekillioğlu, A., & Yılmaz, M. (2018). Patates böceği [*Leptinotarsa decemlineata* Say.(Coleoptera: Chrysomelidae)]'nin Nevşehir ilinde yaşamsal etkileşim ve çeşitliliği üzerine bir ön çalışma. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 28(1), 100-107.
- Liu, L., Wang, R., Xie, C., Yang, P., Wang, F., Sudirman, S., & Liu, W. (2019). PestNet: An End-to-End Deep Learning Approach for Large-Scale Multi-Class Pest Detection and Classification. *IEEE Access*, 7, 45301-45312. <https://doi.org/10.1109/access.2019.2909522>.
- Mahajan, S., Das, A., & Sardana, H. K. (2015). Image Acquisition Techniques for Assessment of Legume Quality. *Trends in Food Science & Technology*, 42(2), 116-133. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.01.001>.
- Noronha, C., & Cloutier, C. (1999). Ground and aerial movement of adult colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in a univoltine population. *The Canadian Entomologist*, 131(04), 521-538. <https://doi.org/10.4039/ent131521-4>.
- Nouri-Ganbalani, G., Fathi, A., & Nouri-Ganbalani, A. (2010). Economic injury level for Colorado Potato Beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) on 'Agria' potatoes in Ardabil, Iran. *Munis Entomology and Zoology*, 5(2), 764-771.
- Onaran, H., Ünlenen, A., & Doğan, A. (2000). *Patates Tarımı Sorunları ve Çözüm Yolları*. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Niğde Patates Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, 93s.
- Patrício, D. I., & Rieder, R. (2018). Computer vision and artificial intelligence in precision agriculture for grain crops: A systematic review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 153, 69-81. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.08.001>.
- Pedigo, L. P., Hutchins, S. H., & Higley, L. G. (1986). Economic injury levels in theory and practice. *Annual Review of Entomology*, 31(1), 341-368. <https://doi.org/10.1093/ae/38.1.12>
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 779-788). <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.91>.
- Stern, V. M., Smith, R. R., Van den Bosch, R., & Hagen, K. S. (1959). The integrated control concept. *Hilgardia*, 29, 81-101.
- TÜİK (2022). Tarımsal Ürünler İstatistiği, İstatistiklerle Türkiye. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Worner, S. P. (1988). Ecoclimatic assessment of potential establishment of exotic pests. *Journal of Economic Entomology*, 81(4), 973-983. <https://doi.org/10.1093/jee/81.4.973>.