

**Atf İçin:** Alemdar, K.D. (2024). Çift Sıra Parklanma Durumunun Nesne Tespit YOLOv8 ile Tespit Edilmesi. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(3), 1164-1176.

**To Cite:** Alemdar, K.D. (2024). Detection of Double Parking Situation with Object Detection Algorithm YOLOv8. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 14(3), 1164-1176.

## Çift Sıra Parklanma Durumunun Nesne Tespit Algoritması YOLOv8 ile Tespit Edilmesi

Kadir Diler ALEMDAR<sup>1\*</sup>

### **Öne Çıkanlar:**

- YOLOv8
- Derin öğrenme
- Nesne tespiti

### **Anahtar Kelimeler:**

- Çift sıra parklanma
- YOLOv8
- Trafik güvenliği
- Akıllı ulaşım sistemleri
- Trafik sıkışıklığı

### **ÖZET:**

Çift sıra parklanma durumunun trafik sıkışıklığı, trafik akış koşulları, trafik güvenliği gibi trafik göstergeleri üzerinde birçok olumsuz etkisi vardır. Çift sıra parklanma sürücülerin davranışsal ve trafik alışkanlıklarını etkileyen parametreleri içermektedir. Park ihlalinin önüne geçmek için çeşitli denetim faaliyetleri ve cezai yaptırımlar uygulanmaktadır. Bu çalışma kapsamında çift sıra parklanmanın derin öğrenme algoritmalarından olan YOLOv8 modeliyle tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, İzmit ve Erzurum'da bulunan ve trafik yoğunluğu yüksek caddeler dikkate alınarak toplam 891 görüntüden oluşan bir veri seti oluşturulmuştur. YOLO modeli sonucunda ölçüm parametresi F1 skor değeri 0.83 olarak elde edilmiştir. Modelin çift sıra parklanma, normal parklanma ve tüm veri setine ait mAP@0.5 değerleri sırasıyla 0.851, 0.922 ve 0.886 olarak elde edilmiştir. Diğer performans parametreleri de incelendiğinde modelin çift sıra parklanma durumunu başarılı bir şekilde tespit ettiği sonucuna varılmıştır. Model performans sonuçlarına göre çift sıra ve normal parklanma durumlarının %89'u doğru bir şekilde tespit edilmiştir. Çift sıra parklanma tespitine yönelik yapılacak çalışmalar için bir veri seti altyapısı oluşturulmuştur. Çalışma ile park ihlallerinin otomatik tespit edilmesi ve sürücülerin anlık uyarılması sistemlerinin ilk etap çalışması gerçekleştirilmiştir.

## Detection of Double Parking Situation with Object Detection Algorithm YOLOv8

### **Highlights:**

- YOLOv8
- Deep learning
- Object detection

### **Keywords:**

- Double parking
- YOLOv8
- Traffic safety
- Intelligent transportation systems
- Traffic congestion

### **ABSTRACT:**

Double parking has many negative effects on traffic indicators such as traffic congestion, traffic flow conditions, and traffic safety. Double parking includes parameters that affect drivers' behavioral and traffic habits. Various inspection activities and penal sanctions are implemented to prevent parking violations. Within the scope of this study, it is aimed to detect double parking with the YOLOv8 model, one of the deep learning algorithms. In this direction, a data set consisting of a total of 891 images was created, taking into account the streets with high traffic density in İzmit and Erzurum. As a result of the YOLO model, the measurement parameter F1 score value was obtained as 0.83. The mAP@0.5 values of the model for double parking, normal parking and the entire data set were obtained as 0.851, 0.922 and 0.886, respectively. When other performance parameters were examined, it was concluded that the model successfully detected the double parking situation. According to the model performance results, 89% of double and normal parking situations were detected correctly. A data set infrastructure has been created for studies on the detection of double parking. With this study, the initial work of the systems for automatic detection of parking violations and instant warning of drivers was carried out.

<sup>1</sup> Kadir Diler ALEMDAR ([Orcid ID: 0000-0002-8837-7640](https://orcid.org/0000-0002-8837-7640)), Erzurum Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Kadir Diler ALEMDAR, e-mail: kadir.alemdar@erzurum.edu.tr

## GİRİŞ

Trafik sıklığı dünya çapında genel ve kalıcı bir sorun olarak ön plana çıkmaktadır ve çeşitli ekonomik, sosyal ve çevresel problemlere yol açmaktadır (Alho ve ark., 2018). Araç sürücülerinin yolculuklarının sonlanması ile park etme ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Trafik talebinin yüksek olduğu bölgelerde yetersiz otopark kapasitesi bulunması sürücülerinin zamanlarının büyük bir bölümünü park yeri aramak için harcadığını göstermektedir. Sürücülerin uygun park yeri aramak için kaybettikleri zamana ek olarak “park yeri arama trafiği” özellikle kent merkezlerinde mevcut trafik problemlerine eklenerek trafik hareketliliğinin azalmasına ve trafik sıklığına neden olmaktadır (Dezi ve ark., 2010; Cherrett ve ark., 2012; Alho ve ark., 2018). Otopark yeri ve kapasitesi ile ilgili problemler kentsel ulaşım için bir döngü problemi olarak ele alınmaktadır. Bu nedenle, özellikle şehir merkezlerinde yeterli park alanlarının sağlanması bir zorunluluktur (Simićević ve ark., 2012; Arnott ve ark., 2015).

Cadde üzeri veya yol kenarı parklanmalar genel olarak kent merkezlerinde yoğun saatlerde meydana gelmektedir (Mannini ve ark., 2017). Yol kenarı park yerlerinin sayısı sınırlı olduğundan dolayı park etme isteği artabilir ve bu da trafik sıklığına daha da önemlisi trafik kazalarına sebebiyet verebilir (Hasnine ve Habib, 2020). Cadde üzerinde yeterli otopark kapasitesinin bulunmaması, otopark ücretlerinin yüksek olması ve otopark alanlarına ulaşım için seyir yapma zorunluluğu gibi bazı faktörler yol kenarlarında kural dışı parklanmanın yapılmasına neden olmaktadır (Simićević ve ark., 2012). Kural dışı parklanma genel olarak çift sıra park etme olarak meydana gelmektedir (Tzouras ve Lázaro, 2020). Çift sıra parklanma herhangi bir fiziksel alan olmamasına rağmen yol kenarı park alanlarının yanına ikinci bir aracın park etmesi anlamına gelmektedir. Çift sıra parklanma yol ağında dar boğaz oluşturduğundan dolayı trafik sıklığını ve gecikme sürelerini artırırken yol kapasitesini, trafik akışını ve trafik güvenliğini olumsuz etkilemektedir (Estepa ve ark., 2017; Gao ve ark., 2018; Chiara ve Goodchild, 2020). Bu nedenlerden dolayı kent merkezi bölgelerinde trafik koşullarının iyileştirilmesi için yol kenarı parklanmanın ve çift sıra park ihlallerinin mümkün olduğu kadar önlenmesi gerekmektedir (Kadkhodaei ve ark., 2022). Ancak, çift sıra parklanma önemli bir sorun olmasına rağmen bunun tespit edilmesi için uygun ve etkili bir çözüm bulunmamaktadır (Spiliopoulou ve Antoniou, 2012; Kadkhodaei ve ark., 2022). Genel olarak yol kenarı parklanmasının önlenmesi amacıyla etkili faktörlerin belirlenmesi ile ilgili çalışmalar yapılmıştır (Dezi ve ark., 2010; Simićević ve ark., 2012; Spiliopoulou ve Antoniou, 2012).

Bu çalışma kapsamında çift sıra parklanmanın tespit edilmesi amacıyla derin öğrenme tabanlı görüntü işleme tekniklerinden faydalanılmıştır. Çift sıra parklanmanın görüntü üzerinden tespit edilmesi ile birlikte kural dışı parklanmanın kısmen önüne geçileceği öngörülmektedir. Yaptırım yetkisine sahip otoritelerin bu problemle mücadele etmesine katkı sunmak amacıyla YOLOv8 algoritması kullanılarak çift sıra parklanma tespit modeli kurulmuştur. Çalışma alanı içerisinde çift sıra parklanmanın sıklıkla yaşandığı yol ağlarından veri setleri alınarak kurulan model sonuçlarının gerçeğe uygun olması hedeflenmiştir. Böylece, kent genelinde özellikle trafik yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerde dar boğaza neden olan çift sıra parklanmanın önlenmesine katkı sunan bu çalışma ile trafik sıklığının ve etkilerinin azaltılması amaçlanmaktadır.

Çalışma giriş bölümünün ardından altı bölüm halinde düzenlenmiştir. İkinci bölümde çift sıra parklanma ile ilgili literatürdeki çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde çalışmanın akışı çalışma alanı ve verilerin toplanması hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde görüntü işleme tekniklerinden olan YOLO algoritması hakkında kısa bir bilgilendirme sunulmaktadır. Beşinci bölümde YOLO algoritması sonucu elde edilen model eğitim sonuçları ve çalışmaya ilişkin tartışma bölümü yer

almaktadır. Son olarak çalışmanın sonucu ve gelecekte yapılabilecek potansiyel çalışma alanlarından bahsedilmiştir.

### Literatür Taraması

Kent merkezlerinde çift sıra parklanmanın YOLO algoritması ile tespit edilmesini içeren herhangi bir çalışma erişilebilir literatürde bulunmamaktadır. Çalışmalar genel olarak çift sıra parklanma nedeniyle trafik kurallarının ihlal edilmesinin trafik akışı üzerindeki etkisi ve çift sıra parklanma için etkili olan faktörler üzerine gerçekleştirilmiştir (Kladeftiras ve Antoniou, 2013; Khaliq ve ark., 2019; Nourinejad ve ark., 2020)

Kladeftiras ve Antoniou (2013) mikrosimülasyon kullanılarak çift sıra parklanmanın ortalama hız, gecikme ve durma süresi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çift sıra parklanmanın kısmen azaltılması ile ortalama hız parametresinde %10 – 15, gecikme ve durma sürelerinde sırasıyla %15 ve %20 iyileştirme gözlemlendiği belirlenmiştir. Çift sıra parklanmanın tamamen ortadan kaldırılması durumunda ortalama hız için %44, gecikme ve durma sürelerinde sırasıyla %33 ve %47 iyileştirme tespit edilmiştir.

Kobus ve ark. (2013) yol kenarı ve kapalı otoparkları seçme davranışlarında park ücretlerinin etkisi araştırılmıştır. Park ücretlerindeki düşüş eğiliminin yol kenarı park etme isteğini artırarak yol kenarı park alanlarındaki talebi artırdığı tespit edilmiştir. Sonuçlar, daha uzun süreli park durumlarında, araba sürücülerinin küçük (sokak ve garaj) fiyat farklarına oldukça duyarlı olduğunu, ancak kısa süreli park durumlarında bunun geçerli olmadığını göstermektedir.

Chrysostomou ve ark. (2019) mikrosimülasyon modellemesi kullanılarak kentiçi trafik ağı boyunca çift sıra park etme olayının etkilerini incelemişlerdir. Simülasyonda iki senaryo: çift sıra ve kural dışı parklanmanın olmadığı ve gerçek hayat koşullarına uygun bir şekilde çift sıra parklanmanın ve kural dışı parklanmanın mevcut olduğu modellemeler oluşturulmuştur. Çift sıra parklanmanın araç hızı, ortalama seyahat süresi, gecikme ve durma sürelerine ilişkin parametreleri etkilediği tespit edilmiştir. Ayrıca, yakıt tüketimini ve kirletici emisyonları artırdığı da belirlenmiştir.

Ho ve ark. (2019) görme tabanlı bir ağ aracılığıyla, yükleme veya boşaltma etkinliklerinin görüntüleri gibi gerçek zamanlı yol kenarı trafik verileri toplanmıştır. Verilerden yararlanılarak yol kenarı doluluk ve boşluklarına ilişkin karar desteği bulanık mantıkla değerlendirilip kullanıcılar için görselleştirilmiştir. CVROSS algoritması ile trafik ve filo yönetiminin kolaylaştırılmasını amaçlayan yol kenarı park alanlarının boşluklarının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Khaliq ve ark. (2019) sürücülerin yol kenarı parklanma seçim davranışlarını incelemişlerdir. Yol kenarı park ücreti, parklanma için kaybedilen zaman, bölgesel hız sınırı ve park alanlarının yeterli fiziksel özelliklere sahip olması yol kenarı parklanma seçim davranışını etkilediği tespit edilmiştir. Parametre tahminlerine göre, hız sınırı 40 km/s, beklenen park süresi 120 dakikadan fazla ve sokak dışı park tarifi düşük (0.50 euro/saat) ise, bir araba sürücüsünün arabasını sokak dışı bir park yerine park etme olasılığı artmaktadır.

Kadkhodaei ve ark. (2022) çift sıra parklanma olasılığını tahmin etmek için NPC endeksi adı verilen bir endeks tanımlamışlardır. Çift sıra park ihlali yapan 275 sürücüden oluşan veri seti oluşturulmuştur. NPC parametresini etkileyen faktörler Mann-Whitney U ve Kruskal-Wallis istatistiksel testleri kullanılarak belirlenmiştir. Sonuçlara göre, eğitim durumu, yolculuk amacı, sürücünün bulunup bulunmaması ve park süresi değişkenleri cadde üzerinde uygun park yeri bulmak için görsel arama mesafesini etkileyen faktörler olarak tespit edilmiştir. Sonuçlara göre, park süresi 15 dakikadan az ve özellikle 5 dakikadan az olduğunda, NPC indeks değeri önemli ölçüde azalmakta ve sürücünün çift sıra park ihlali yapma olasılığı önemli ölçüde artmaktadır.

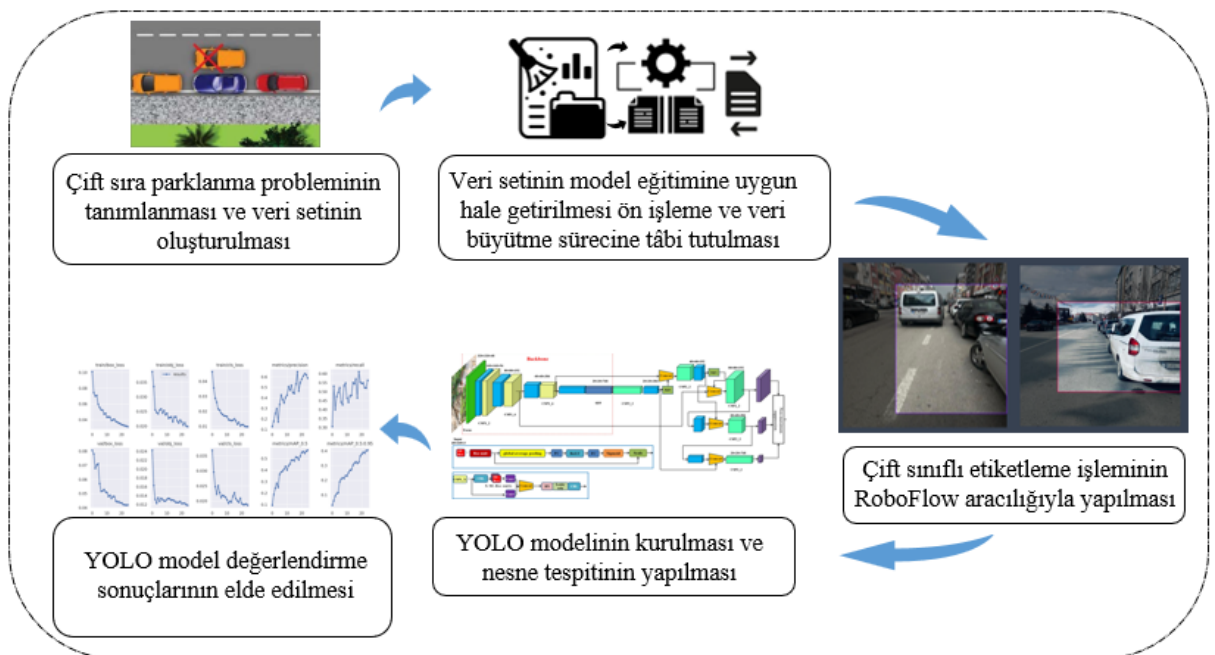
Uysal ve Alver (2022) İzmir ilinde merkez bölgelerinden biri olan Alsancak'ta iki yol kenarı otoparkı ve iki kapalı otopark kullanımı için sürücülerin davranışları araştırılmıştır. Davranış eğilimlerinin tespit edilebilmesi amacıyla sürücülerin sosyoekonomik özellikleri, otopark tercih etme sebepleri ve yolculuk bilgilerini içeren bir anket uygulaması yapılmıştır. Analiz süreçlerinde logit model kullanılmaktadır. Otoparkların konumları, yolculuk yapına gün, yolculuk amaçları ve trafik yoğunluğunun otopark seçimini etkileyen faktörler olarak tespit etmişlerdir.

Çift sıra parklanma ile ilgili yapılan çalışmalarda genellikle sürücü davranışları ve trafiğe etkisi incelenmiştir. Çift sıra parklanmanın önlenmesi için yapılan herhangi bir çalışmaya erişilebilir literatürde rastlanılmamıştır. Çalışmanın yenilik ve katkıları aşağıda sunulmaktadır.

- Çalışma kapsamında hem trafik hem de çevre parametrelerini derinden etkileyen çift sıra parklanmanın görüntü üzerinden tespit edilmesi için YOLO algoritması kullanılarak bir model tasarımı geliştirilmiştir.
- Erzurum ili, Yakutiye ve İzmit İli, Gebze ilçesinde trafik yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerden veriler toplanarak gerçek trafik koşullarına uygunluk ilkesinin sağlanması benimsenmiştir.
- Bu çalışma ile literatüre çift sıra parklanma konusunda yeni bir bakış açısı sunulmaktadır. Model tarafından kural dışı parklanmanın tespit edilmesi ile yaptırım yetkisine sahip yöneticilerin veya kişilerin iş yüklerinin azaltılması ve trafik akışının iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE METOT

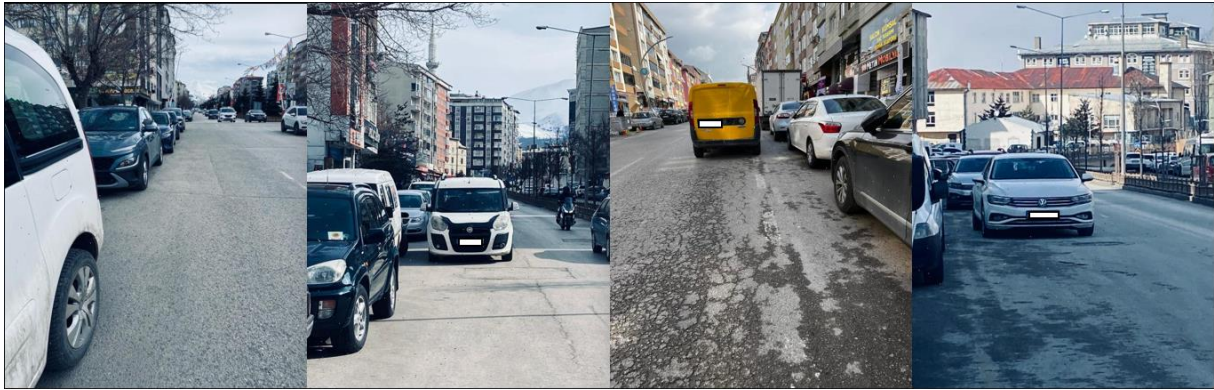
Çift sıra parklanma durumunun YOLO algoritması kullanılarak tespit edilebilmesi amacıyla bir veri seti oluşturulmuştur. Veri setinde yer alan görüntüler trafik yoğunluğu yüksek olan farklı caddelerinde parklanma durumlarını göstermektedir. Halka açık olarak yayınlanan vektör verileri bulunmasına rağmen gerçek hayat koşullarını yansıtmaması açısından yeni bir veri seti oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında farklı il ve caddelerin kullanılması ile trafik koşullarına ve parklanma alışkanlıklarına duyarlı zengin bir veri seti oluşturulmuştur. Çift sıra parklanmanın tespit edilmesi amacıyla yürütülen bu çalışmanın akış şeması Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışmanın iş akış şeması

Çalışma kapsamında, daha önce herhangi bir model eğitiminde veri seti olarak kullanılmayan ve çift sınıflı eğitim ve test veri seti kullanılmıştır. Eğitim ve test veri seti sırasıyla 741 ve 150 adet görüntü içermektedir. Eğitim ve test verisi çalışmada 80/20 oranından ayrılmıştır. Bunun birkaç nedeni bulunmaktadır. İlk olarak makine öğrenimi üzerine yapılan çalışmalarda oldukça kabul görmüş ve yaygın olarak kullanılan bir standart olmasından kaynaklanmaktadır (Choo ve ark., 2020; Kim ve ark., 2021; Yang ve ark., 2021; Huang ve ark., 2022; Padalko ve ark., 2024). Bu oran, model eğitiminin geniş bir veri seti (%80) üzerinde öğrenmesini sağlarken, modelin genelleme yeteneğinin artırmak için yeterli büyüklükte (%20) bir veri seti üzerinde test edilmesini sağlamaktadır. Çalışmalarda 80/20 oranının model performansındaki etkinliğin ve dengesinin oldukça güçlü olduğu vurgulanmıştır (Goodfellow ve ark., 2016).

Şekil 2’de veri setine ilişkin temsili görüntüler yer almaktadır. Çalışma kapsamında dikkate alınan çalışma alanları Tablo 1’de sunulmaktadır. Veri setinde yer alan görüntülerin YOLO modeline uygunluğunun sağlanması amacıyla çeşitli ön işleme süreçleri gerçekleştirilmiştir. Veri setinin modele dahil edilebilmesi amacıyla etiketleme işlemi RoboFlow aracılığıyla yürütülmüştür.



Şekil 2. Veri setine ilişkin temsili görseller

Tablo 1. Çift sıra parklanma verilerinin toplandığı çalışma alanları

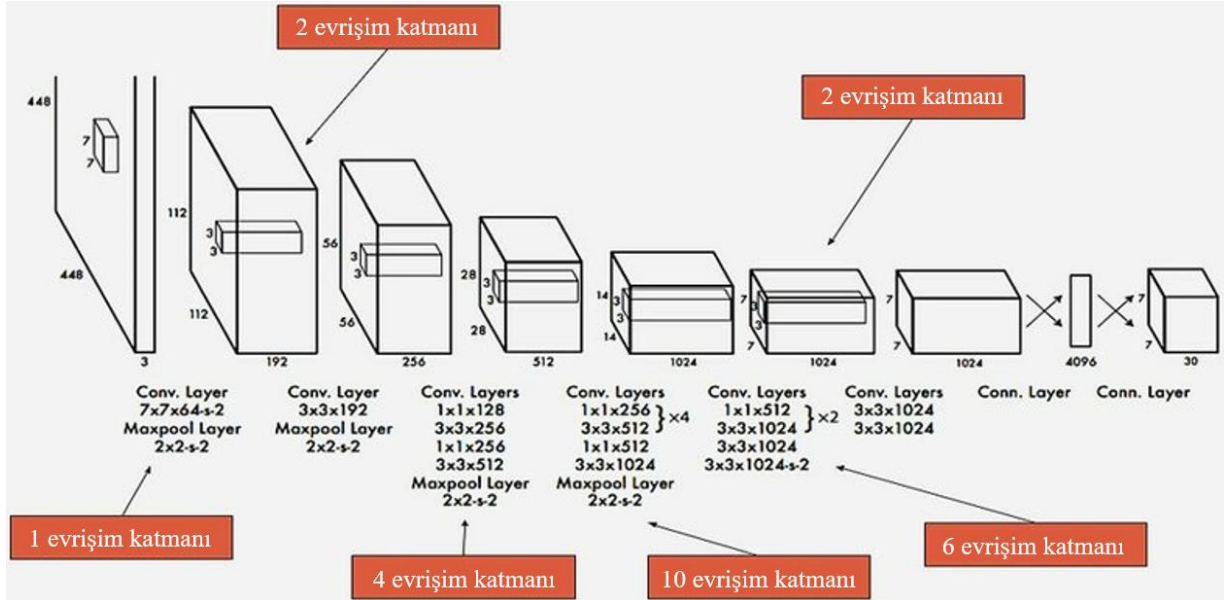
İl	İlçe	Cadde/Sokak
Erzurum	Yakutiye	Terminal
Erzurum	Yakutiye	Saray Bosna
İzmit	Gebze	Körfez
İzmit	Gebze	Adliye

Model eğitimi sürecinde veri seti büyüklüğünün ve uygun verilerin kullanılmasının önemi büyüktür. Bu bağlamda, çalışma kapsamında veri setinin genişletilmesi amacıyla veri büyütme işlemi gerçekleştirilmiştir. Büyütme işleminde kullanılan teknikler döndürme, kırpma, bulanıklaştırma, gürültü ve parlaklık’dır. Veri setinin gerçek hayat koşullarına uygun olarak hazırlanması model eğitimin daha etkili bir şekilde yapılmasına olanak sağlar. Veri büyütme yöntemleri olan döndürme, kırpma, bulanıklaştırma, gürültü ekleme ve parlaklık ayarlamaları, makine öğrenimi modellerinin genelleme yeteneğini artırmak için kullanılır. Döndürme ve kırpma, verinin uzaysal çeşitliliğini artırarak modelin farklı perspektiflerden öğrenmesini sağlar. Bulanıklaştırma, modelin daha robust (sağlam) hale gelmesine ve gürültüye karşı direnç kazanmasına yardımcı olur. Gürültü ekleme, verinin doğal varyasyonlarını taklit ederek modelin aşırı öğrenme (overfitting) riskini azaltır. Parlaklık ayarlamaları ise modelin farklı aydınlatma koşullarında performansını artırır. Bu teknikler, eğitim verisini çeşitlendirerek daha dengeli ve genellenebilir bir model elde edilmesine katkıda bulunur.

### You Only Look Once (YOLO)

Evrişimsel sinir ağlarını kullanarak nesnelere tespit edebilen YOLO algoritması ilk olarak 2015 yılında tasarlanmıştır (Redmon ve ark., 2016). YOLO algoritması sürekli geliştirilen ve yeni

versiyonlarının kullanıma açıldığı bir nesne tespit modelidir. YOLOv8 modeli 2023 yılında geliştirilmiştir (Ultralytics, 2023). YOLO algoritması ile tek bir tarama yapılarak sınıf olasılıkları ve sınırlayıcı kutular içerisinde yer alan nesnelere ve sınırlayıcı kutuların konumları tahmin edilebilmektedir (Redmon ve Farhadi, 2017). Bölgesel öneriler sunulan evrişimsel sinir ağları mimarilerinden farklı olarak YOLO algoritması, girdi görüntüsünü evrişimli sinir ağından tek seferde ve bütün olarak geçirmektedir. Böylece, YOLO algoritması diğer nesne tespit algoritmalarına göre daha hızlıdır ve gerekli modifikasyonlar ile gerçek zamanlı olarak çalışabilmektedir (Ouyang ve Wang, 2019). YOLO algoritması temel olarak 24 evrişim katmanı, iki tamamen bağlantılı katman ve bir algılama (tespit) katmanından oluşmaktadır (Redmon ve ark., 2016). YOLO algoritmasına ilişkin ağ yapısı Şekil 3'de sunulmaktadır (Alemdar, 2023). YOLO algoritmasında yer alan bağlantılı katman kullanılarak model içerisinde doğrusal regresyon süreci yürütülmektedir. Algılama katmanı sınırlayıcı kutuların güven puanlarının yüksek olmasını sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Algoritmaya sunulan girdi görüntüsü  $N * N$  ızgara hücrelerine bölünerek ızgaralarda yer alan her bir görüntü katmanının tespiti amaçlanmaktadır. Sınırlayıcı kutunun konumlarının belirlenebilmesi için tespit edilen görüntünün merkez noktası dikkate alınmaktadır (Hendry ve Chen, 2019).



Şekil 3. YOLO model mimarisini

Nesne tespit süreçlerinin performansının analiz edilebilmesi için birçok parametrenin incelenmesi gerekmektedir. Ancak, bir modelin genel olarak başarılı olduğunun kabul edilmesi için birleşim üzerindeki kesişim (IoU) parametresinin 0.5'den büyük olması gerekmektedir. IoU, kesişim sınırlayıcı kutusunun birleşim sınırlayıcı kutusuna oranı olarak ifade edilmektedir. IoU iki küme veya alan arasındaki örtüşmenin ve ayrışmanın ölçülebilmesi için kullanılan bir metriktir. IoU hesaplanırken, iki alanın kesişim bölgesinin toplam alana oranı dikkate alınır. Nesne tespit modellerinde yerleştirme doğruluğunu ölçmek ve yerleştirme hatalarını hesaplamak için kullanılmaktadır. IoU ifadesi matematiksel olarak Eşitlik 1'deki gibi sunulmaktadır. İkili sınıflandırma ifadeleri dikkate alınırsa Eşitlik 2'deki gibi verilmektedir (Mu ve ark., 2023).

$$IoU = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} \quad (1)$$

$$IoU = \frac{DP}{DP + YN + YP} \quad (2)$$

Burada; DP: Model tarafından doğru bir şekilde tespit edilen çift sıra parklanma görüntü sayısı, YN: Model tarafından normal parklanma olarak tespit edilmesine rağmen çift sıra parklanma olan görüntü sayısı, YP: Model tarafından çift sıra parklanma olarak tespit edilmesine rağmen yanlış tespit edilen görüntü sayısı, DN: Model tarafından normal parklanma olarak tespit edilen normal parklanma görüntü sayısı olarak ifade edilmektedir.

Model genel olarak değerlendirildiğinde IoU değerinin 0.5'den büyük olması gerekmektedir. Ancak, ek olarak kullanılan performans parametreleri bulunmaktadır. Doğruluk (Accuracy), modelin tespit doğruluğunu ifade etmektedir. Kesinlik (Precision), model tarafından pozitif olarak tahmin edilen girdi görüntülerinin gerçek veri setinin ne kadarının pozitif olduğunu göstermektedir. Duyarlılık (Recall), model tarafından pozitif olarak tahmin edilmesi gereken girdi görüntülerinin ne kadarının doğru tahmin edildiği ile bilgi sunmaktadır (Chen ve ark., 2023; Xiong ve ark., 2024). Kesinlik ve Duyarlılık değerlerinin harmonik ortalaması hesaplanarak F1 skor değeri elde edilmektedir. Performans parametrelerine ilişkin matematiksel ifadeler Eşitlik 3, 4, 5 ve 6'da verilmiştir (Chen ve ark., 2023; Chen ve ark., 2024; Xiong ve ark., 2024). Ek olarak Doğruluk değeri hesaplanarak genel olarak ortalama hassasiyet (mAP) parametresi performans ölçümü için kullanılmaktadır. Bir modelin doğruluğunun ve hassasiyetinin ölçülmesinde kullanılan kapsamlı bir performans ölçütüdür. Ölçüt, tüm sınıflar için ortalama doğruluk değerlerinin ortalamasını alarak modelin genel özeti ortaya koymaktadır. Modelin çeşitli öğeleri ne kadar doğru ve hassas bir şekilde tespit edildiğine bu metriktan bakarak fikir sahibi olunabilir.

$$\text{Doğruluk} = \frac{DP+DN}{DP+DN+YP+YN} \quad (3)$$

$$\text{Kesinlik} = \frac{DP}{DP+YP} \quad (4)$$

$$\text{Duyarlılık} = \frac{DP}{DP+YN} \quad (5)$$

$$\text{F1 skor} = 2 * \frac{(\text{Kesinlik} * \text{Duyarlılık})}{(\text{Kesinlik} + \text{Duyarlılık})} \quad (6)$$

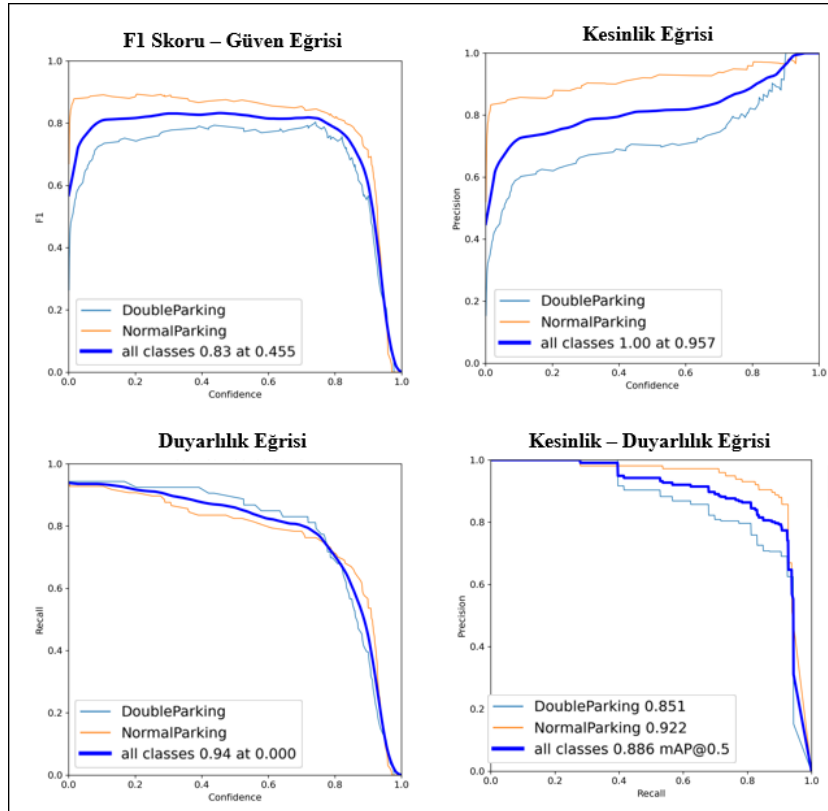
## BULGULAR VE TARTIŞMA

Çift sıra parklanmanın nesne tespiti yöntemi olan YOLO algoritması ortamında tespit edilebilmesi için model Google Colab altyapısı kullanılarak eğitilmiştir. Google Colab altyapısı TensorFlow, PyTorch, OpenCV, Keras vb. kütüphaneleri içerisinde barındırmaktadır (Çavdar ve Faryad, 2019). Modelim Google Colab ortamında eğitilmesinin temel nedeni Colab'ın ücretsiz GPU (Grafik İşlemci Birimi) desteği sağlamasıdır. Böylece, model eğitiminin ve çift sıra parklanmanın tespitinin daha hızlı yapılmasına olanak tanınmıştır. Model eğitimi sürecinde çalışma zamanı olarak Python 3 altlığı kullanılırken Tesla GPU hizmetine hızlandırıcı desteği sunan T4 GPU hizmeti kullanılmıştır. Eğitim sırasında tüm eğitim verilerinin oluşturulan ağa gösterilme sayısı "epoch (döngü)" olarak ifade edilmektedir. Model eğitimi sürecinde epoch değeri 200 olarak alınmıştır. Epoch değeri, modelin aşırı öğrenme veya yetersiz uyum durumları açısından modelin performansını etkileyen en önemli model parametrelerinden biridir. Çalışma kapsamında modele en uygun epoch değerinin belirlenmesi için model eğitimi defalarca tekrarlanmıştır.

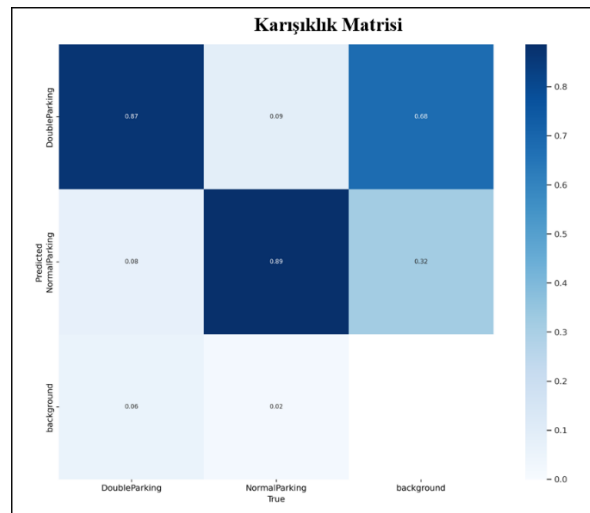
Model eğitimi her bir tekrar için yaklaşık 1 saat içerisinde gerçekleşmiştir. Model sonucu IoU değeri 0,5 olan görüntülerin doğruluk değerleri incelenmiştir. Buna göre çift sıra parklanma, normal parklanma ve tüm veri setine ait mAP değerleri sırasıyla 0.851, 0.922 ve 0.886 olarak elde edilmiştir.

Nesne tespit işleminin sağlık bir şekilde yapıldığını ve modele uygun olduğunu analiz edebilmek için doğruluk değerlerine ek olarak Eşitlik 3, 4, 5 ve 6'da yer alan ifadelerdeki ölçüm parametrelerinin incelenmesi gerekmektedir. Model sonucunda F1 skoru, Kesinlik ve Duyarlılık grafikleri elde edilmiştir ve Şekil 4'de sunulmaktadır.

Sınıflandırma doğruluğu, F1 skoru değeri, Kesinlik ve Duyarlılık değerlerinin yanı sıra sınıflandırma algoritmasının performansını özetlemek için karışıklık matrisi kullanılmaktadır. Karışıklık matrisi sınıflandırma algoritmasında modelin hata oranları ve hatanın türü ile ilgili de bilgi sunmaktadır. Basit bir şekilde özetlemek gerekirse karışıklık matrisinde model tarafından tespit edilen görüntüler ile gerçek görüntülerin karşılaştırması verilmektedir. Modele ait karışıklık matrisi Şekil 5'de sunulmaktadır. Ek olarak, model eğitimi tamamlandıktan sonra test veri seti için nesne tespiti yapılmıştır ve ilgili tahmin ve katman görselleri Şekil 6'da sunulmaktadır.

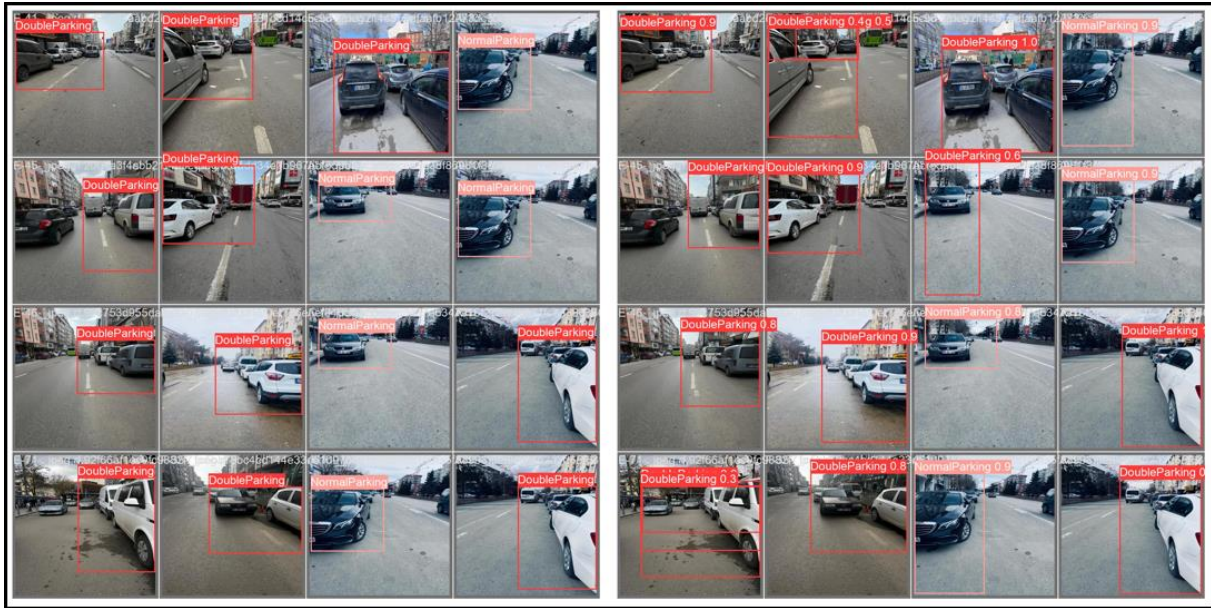


Şekil 4. Çift sıra park modeli için elde edilen F1 skor eğrisi ve kesinlik-duyarlılık eğrisi



Şekil 5. YOLOv8 modeline ait karışıklık matrisi





Şekil 6. Test veri setinde tahmin ve katman görüntüleri

Sonuçlar incelendiğinde yukarıda da bahsedildiği üzere doğruluk değeriyle ilişkili olan mAP değeri 0.866 olarak elde edilmiştir. Ancak, mAP değerinde uç noktadaki görüntüler dikkate alınmadığından modelin değerlendirilmesi için F1 skor değerinin dikkate alınması daha doğru bir değerlendirme yapılmasına olanak sağlayacaktır. Literatürdeki çalışmalarda F1 skor değerinin >0.5 olması modelin kabul edilebilir aralıkta olduğunu göstermektedir (Buhl, 2023). Çift sıra parklanma için oluşturulan bu model sonucunda elde edilen F1 skor değeri 0.83'dür. Bu değer dikkate alındığında modelin oldukça başarılı bir şekilde oluşturulduğu ve sonuçlarının güvenilir olduğu anlamı çıkarılabilir. Kesinlik ve Duyarlılık değerleri sırasıyla %100 ve %94 olarak elde edilmiştir. Her iki performans parametre değerinin 1'e yaklaşması modelin doğruluğunu ortaya koymaktadır (Buhl, 2023). Ek olarak, kullanılan veri setinin model eğitimleri için gerekli nitelikleri taşıdığı söylenebilir. Bu sonuçlara bakıldığında modelin eğitim ve tahmin aşamasının başarılı bir şekilde tamamlandığı söylenebilir. Şekil 5'de sunulan karışıklık matrisi incelenerek modelin tahmin aşamasındaki doğruluk oranı hakkında bilgi sahibi olunabilir. Buna göre, çift sıra parklanma ve normal parklanma olayını doğru tahmin ettiği veriler toplam verilerin %89'unu oluşturmaktadır. Bu sonuca göre, veri setinin yüksek doğruluk oranıyla tahmin edildiğini göstermektedir. Erişilebilir literatür incelendiğinde çift sıra parklanmanın nesne tespit algoritmalarından olan YOLO model versiyonlarının herhangi biriyle çalışma gerçekleştirilmediği görülmektedir. Bu nedenle, mevcut literatürle herhangi bir karşılaştırma yapılamamıştır. Ancak, YOLO modeliyle yapılan çalışmalar ve sonuçları incelediğinde bu çalışmada elde edilen model sonuç parametrelerinin modelin sağlıklı ve doğru bir şekilde çalıştığını göstermektedir (Bayram ve Nabiye, 2023; Sevi ve Aydın, 2023; Nicancı Sinanoğlu ve Kaya, 2024).

Bu çalışma, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SDG) arasında yer alan SDG 3: Sağlık ve Kaliteli Yaşam hedefine doğrudan veya dolaylı yollardan hizmet etmektedir. Çift sıra parklanmanın sık yapıldığı bölgelerde trafik sıkışıklığının fazla olduğu gözlemlenmektedir. Ek olarak, acil durum araçlarının geçişinde yaşanan aksaklıklardan dolayı toplum sağlığının olumsuz etkilenmesi gözlemlenebilir. Bu nedenle, çift sıra parklanmanın tespiti ve önlenmesi, trafikte güvenliği artırarak kazaların ve acil durum müdahalesi gecikmelerinin azaltılmasına katkı sağlar. Ayrıca, bu çalışma, SDG 11: Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar hedefine de katkıda bulunur. Trafik düzeninin iyileştirilmesi ve park alanlarının daha verimli kullanılması, şehir içi ulaşımın daha sürdürülebilir ve erişilebilir olmasını sağlar. Son olarak, bu tespit yöntemi SDG 9: Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı hedefini

destekleyerek, teknolojinin ve inovasyonun trafik yönetimine entegrasyonunu teşvik eder. Bu sayede, kentsel altyapının modernizasyonu ve daha akıllı şehir çözümlerinin uygulanması mümkün hale gelir.

Çalışma kapsamında çift sıra parklanmanın doğru bir şekilde tespit edilmesi süreçlerinde tartışılması gereken birkaç durum bulunmaktadır. İlk olarak, olumsuz hava koşullarından kaynaklı veri setlerinin kaliteli bir şekilde oluşturulamaması nedeniyle model performansının ciddi miktarda düşmesi önemli bir sorundur. Ancak, bu çalışmada bulunan veriler 2024 yılının Nisan ayında görüş mesafesinin yüksek olduğu günlerde toplandığı için böyle bir sorunla karşılaşılmamıştır. Diğer tartışılması gereken bir konu ise veri seti oluşturulurken hem sürücüler hem de çevredeki diğer insanlar tarafından görüntülerin nerede kullanılacağına dair oluşan şüpheleridir.

## SONUÇ

Çift sıra parklanma olayından dolayı meydana gelen dar boğaz durumu neticesinde trafik sıkışıklığı ve daha da önemlisi trafik kazaları meydana gelebilir. Literatürdeki çalışmalarda da yer aldığı üzere araçların yakıt tüketimi, durma süresi, gecikme süresi ve emisyon salınımında da bir artış görülmektedir. Bu tür olumsuzlukların kısmen önüne geçebilmek ve cezai yaptırım yetkisine sahip görevlilere yardımcı olabilmek amacıyla çalışma kapsamında çift sıra parklanmanın tespit edilebilmesi için YOLO algoritması kullanılarak bir model oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında oluşturulan model sonucunda;

- F1 skor değeri, Kesinlik-Duyarlılık eğrisi, karışıklık matrisi ve mAP değerleri incelendiğinde çift sıra parklanma durumunun yüksek oranda doğru bir şekilde tahmin edildiği görülmektedir. Özellikle F1 skor değerinin literatürdeki birçok çalışma tarafından “sağlıklı bir şekilde oluşturulan model” olduğu ifade edilmektedir.
- Çift sıra parklanmanın nesne tespit yöntemleriyle tespit edilmesi ile ilgili literatürde herhangi bir çalışma bulunmadığından dolayı bu tür trafik ihlallerini içeren çalışmalara rehber niteliğinde bir çalışma olması öngörülmektedir.
- Farklı nesne tespit yöntemleri kullanılarak çift sıra parklanmanın tespitine yönelik yapılacak çalışmalarda kullanılacak veri setleri için bir altyapı oluşturulmuştur.

Bu çalışma dikkate alınarak çift sıra parklanmanın şehir kameraları, kolluk kuvvetleri araç kameraları vb. aracılığıyla tespit edilmesini içeren bir çalışmanın literatüre kazandırılması yazar tarafından planlanmaktadır. Böylece, dar boğaz oluşumuna ve neden olduğu olumsuzluklara kısmi bir çözüm getirilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca, yetkili görevlilerin iş yükünü azaltarak daha etkin bir çalışma planı uygulanabilir. Bu çalışma ile park ihlallerinin otomatik tespit edilmesi ve sürücülerin veya ilgili görevlilerin anlık uyarılmasını içeren sistemler için öncü bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın sonuçları dikkate alınarak gelecek çalışmalarda, nesne tespit algoritmalarının performansını artırmak amacıyla daha karmaşık model yapılarının kullanılması olası bir çalışma alanıdır. Ayrıca, farklı şehir, farklı hava koşulları ve farklı saat dilimlerinde toplanacak veriler yardımıyla veri çeşitliliği kazandırılarak algoritmanın genelleme yeteneği artırılabilir. Çift sıra parklanmanın anlık olarak tespit edilebilmesi için algoritmaların donanım hızlandırmaları ve paralel işlem teknikleri optimize edilebilir. Otonom araç teknolojisi ile entegre bir tespit sistemi geliştirilebilir. Görüntü tabanlı tespit yöntemlerine ek olarak, ultrasonik sensörler gibi farklı tip sensörlerin entegrasyonu, LiDAR ve radar teknolojileri ile zorlu çevre koşullarında daha güvenilir sonuçlar elde edilebilir. Çift sıra parklanmanın önlenmesi için yasal çerçeve ve toplumsal kabuller üzerine bir çalışma gerçekleştirilerek ilgili paydaşlarla iş birliği sağlanabilir.

## TEŞEKKÜR

Yazar makalenin inceleme ve değerlendirme aşamasında yapmış/yapacak oldukları katkılardan dolayı editör ve hakem/hakemlere teşekkür eder.

## Çıkar Çatışması

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## KAYNAKLAR

- Alemdar, K. D. (2023). *Sürücü dikkat dağınıklığının çevresel etkilerinin incelenmesi ve nesne tespit algoritmaları ile tespit edilmesi*. Doktora tezi. Erzurum Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Alho, A. R., de Abreu e Silva, J., de Sousa, J. P. ve Blanco, E. (2018). Improving mobility by optimizing the number, location and usage of loading/unloading bays for urban freight vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 61, 3–18. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.05.014>
- Arnott, R., Inci, E. ve Rowse, J. (2015). Downtown curbside parking capacity. *Journal of Urban Economics*, 86, 83–97. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2014.12.005>
- Bayram, A. F. ve Nabiyev, V. (2023). Derin öğrenme tabanlı saklanan kamufle tankların tespiti: son teknoloji YOLO ağlarının karşılaştırmalı analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 13(4), 1082-1093. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.1271208>
- Buhl, N. (2023). F1 Score in Machine Learning. Erişim adresi: <https://encord.com/blog/f1-score-in-machine-learning/#h1> (Erişim tarihi: 10.04.2024)
- Çavdar, I. H. ve Faryad, V. (2019). New design of a supervised energy disaggregation model based on the deep neural network for a smart grid. *Energies*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/en12071217>
- Chen, Y., Xu, H., Zhang, X., Gao, P., Xu, Z. ve Huang, X. (2023). An object detection method for bayberry trees based on an improved YOLO algorithm. *International Journal of Digital Earth*, 16(1), 781–805. <https://doi.org/10.1080/17538947.2023.2173318>
- Chen, Z., Zhu, Q., Zhou, X., Deng, J. ve Song, W. (2024). Experimental Study on YOLO-Based Leather Surface Defect Detection. *IEEE Access*, 12, 32830–32848. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3369705>
- Cherrett, T., Allen, J., McLeod, F., Maynard, S., Hickford, A. ve Browne, M. (2012). Understanding urban freight activity - key issues for freight planning. *Journal of Transport Geography*, 24, 22–32. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.05.008>
- Chiara, G. D. ve Goodchild, A. (2020). Do commercial vehicles cruise for parking? Empirical evidence from Seattle. *Transport Policy*, 97, 26–36. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.06.013>
- Choo, H., Kim, M., Choi, J., Shin, J., & Shin, S. Y. (2020). Influenza Screening via Deep Learning Using a Combination of Epidemiological and Patient-Generated Health Data: Development and Validation Study. *Journal of medical Internet research*, 22(10), e21369. <https://doi.org/10.2196/21369>
- Chrysostomou, K., Petrou, A., Aifadopoulou, G. ve Morfoulaki, M. (2019). Microsimulation Modelling of the Impacts of Double-Parking Along an Urban Axis. Nathanail, E.G. ve Karakikes, I. D. (Ed.), *Data Analytics: Paving the Way to Sustainable Urban Mobility* (s. 164–171). Yer: Springer International Publishing.
- Dezi, G., Dondi, G. ve Sangiorgi, C. (2010). Urban freight transport in Bologna: Planning commercial vehicle loading/unloading zones. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(3), 5990–6001. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.04.013>
- Estepa, R., Estepa, A., Wideberg, J., Jonasson, M. ve Stensson-Trigell, A. (2017). More Effective Use of Urban Space by Autonomous Double Parking. *Journal of Advanced Transportation*, 2017, 8426946. <https://doi.org/10.1155/2017/8426946>

- Gao, J., Xie, K. ve Ozbay, K. (2018). Exploring the Spatial Dependence and Selection Bias of Double Parking Citations Data. *Transportation Research Record*, 2672(42), 159–169. <https://doi.org/10.1177/0361198118792323>
- Goodfellow, I., Bengio, Y. ve Courville, A. (2016). Deep learning. MIT press. [www.deeplearningbook.org](http://www.deeplearningbook.org)
- Hasnine, M. S. ve Habib, K. N. (2020). Transportation demand management (TDM) and social justice: A case study of differential impacts of TDM strategies on various income groups. *Transport Policy*, 94, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.05.002>
- Hendry ve Chen, R. C. (2019). Automatic License Plate Recognition via sliding-window darknet-YOLO deep learning. *Image and Vision Computing*, 87, 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.imavis.2019.04.007>
- Ho, G. T. S., Tsang, Y. P., Wu, C. H., Wong, W. H. ve Choy, K. L. (2019). A computer vision-based roadside occupation surveillance system for intelligent transport in smart cities. *Sensors (Switzerland)*, 19(8). <https://doi.org/10.3390/s19081796>
- Kadkhodaei, M., Shad, R. ve Ziaee, S. A. (2022). Affecting factors of double parking violations on urban trips. *Transport Policy*, 120, 80–88. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.02.015>
- Khaliq, A., Der Waerden, P. Van, Janssens, D. ve Wets, G. (2019). A Conceptual Framework for Forecasting Car Driver's On-Street Parking Decisions. *Transportation Research Procedia*, 37, 131–138. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.175>
- Kim, Y.J., Yoo, E.Y. ve Kim K.G. (2021) Deep learning based pectoral muscle segmentation on Mammographic Image Analysis Society (MIAS) mammograms. *Precision and Future Medicine*, 5(2), 77-82. <https://doi.org/10.23838/pfm.2020.00170>
- Kladedtiras, M. ve Antoniou, C. (2013). Simulation-Based Assessment of Double-Parking Impacts on Traffic and Environmental Conditions. *Transportation Research Record*, 2390(1), 121–130. <https://doi.org/10.3141/2390-13>
- Kobus, M. B. W., Gutiérrez-i-Puigarnau, E., Rietveld, P. ve Van Ommeren, J. N. (2013). The on-street parking premium and car drivers' choice between street and garage parking. *Regional Science and Urban Economics*, 43(2), 395–403. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2012.10.001>
- Mannini, L., Cipriani, E., Crisalli, U., Gemma, A. ve Vaccaro, G. (2017). On-Street Parking Search Time Estimation Using FCD Data. *Transportation Research Procedia*, 27, 929–936. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.12.149>
- Mu, L., Xian, L., Li, L., Liu, G., Chen, M. ve Zhang, W. (2023). YOLO-Crater Model for Small Crater Detection. *Remote Sensing*, 15(20). <https://doi.org/10.3390/rs15205040>
- Nıncancı Sinanoğlu, M. ve Kaya, Ő. (2024). Local Climate Zone Classification Using YOLOv8 Modeling in Instance Segmentation Method. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 11(2), 1-9. <https://doi.org/10.30897/ijgeo.1456352>
- Nourinejad, M., Gandomi, A. ve Roorda, M. J. (2020). Illegal parking and optimal enforcement policies with search friction. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 141. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102026>
- Ouyang, L. ve Wang, H. (2019). Vehicle target detection in complex scenes based on YOLOv3 algorithm. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 569, 052018. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/569/5/052018>
- Padalko, H., Chomko, V. ve Chumachenko, D. (2024). A novel approach to fake news classification using LSTM-based deep learning models. *Frontiers in big data*, 6, 1320800. <https://doi.org/10.3389/fdata.2023.1320800>
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R. ve Farhadi, A. (2016). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 779–788.
- Redmon, J. ve Farhadi, A. (2017). YOLO9000: Better, faster, stronger. *30th IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 6517–6525.

- Sevi, M. ve Aydın, İ. (2023). Detection of Foreign Objects Around the Railway Line with YOLOv8. *Computer Science, IDAP-2023 : International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium(IDAP-2023)*, 19-23. <https://doi.org/10.53070/bbd.1346317>
- Simićević, J., Milosavljević, N., Maletić, G. ve Kaplanović, S. (2012). Defining parking price based on users' attitudes. *Transport Policy*, 23, 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.06.009>
- Spiliopoulou, C. ve Antoniou, C. (2012). Analysis of Illegal Parking Behavior in Greece. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 48, 1622–1631. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.1137>
- Tzouras, P. G. ve Lázaro, C. P. (2020). Illegal parking in urban streets: connection with the geometric characteristics and its mitigation through traffic calming measures. *Aeihoros*, 30.
- Ultralytics. (2023). YOLOv8. Erişim adresi: <https://github.com/ultralytics/ultralytics>
- Uysal, M. ve Alver, Y. (2022). Factors Affecting Parking Choice Behaviors: The Case of Izmir. *Teknik Dergi/Technical Journal of Turkish Chamber of Civil Engineers*, 33(3), 11887–11901. <https://doi.org/10.18400/tekderg.766468>
- Yang, M. D., Tseng, H. H., Hsu, Y. C., Yang, C. Y., Lai, M. H., & Wu, D. H. (2021). A UAV open dataset of rice paddies for deep learning practice. *Remote Sensing*, 13(7), 1358.
- Xiong, J., Wu, J., Tang, M., Xiong, P., Huang, Y. ve Guo, H. (2024). Combining YOLO and background subtraction for small dynamic target detection. *Visual Computer*. <https://doi.org/10.1007/s00371-024-03342-1>