

# Şehirlerin Dijital Dönüşümü: Görüntü İşleme Yöntemlerinin Boş Park Yerlerinin Tespitinde Kullanılması

**Fatih Can Akıncı**  
Bilgisayar Mühendisliği  
Atılım Üniversitesi  
06836, Ankara, Türkiye  
akinci.fatihcan@atilim.edu.tr

**Murat Karakaya**  
Bilgisayar Mühendisliği  
Atılım Üniversitesi  
06836, Ankara, Türkiye  
murat.karakaya@atilim.edu.tr

## ÖZET

Nüfus yoğunluğundaki artış ve buna bağlı olarak şehirlerdeki araç sayısının artmasıyla sürücülerin park yeri bulması gittikçe daha da zorlaşmaktadır. Park yeri bulmak isteyen sürücülerin trafikte daha fazla kalmasıyla hem trafik yoğunluğu hem de yakıt tüketimi artmakta, buna bağlı olarak çevre kirliliği de olumsuz yönde etkilenmektedir. Sürücüler boş olan park yerlerine en hızlı şekilde yönlendirmek için çeşitli uygulamalar mevcuttur. Bu makalede park yerlerine ait bilgileri belirlemede kullanılan görüntü işleme yöntemleri araştırılmıştır. Bu yöntemlerin başarı oranlarının karşılaştırması yapılmış ve karşılaşılan zorluklar ortaya çıkarılmıştır. Son olarak muhtemel araştırma konuları ve geliştirilebilecek noktalar üzerinde durulmuştur.

## Anahtar Kelimeler

Akıllı Şehirler; Dijital Dönüşüm; Akıllı Park Yeri; Görüntü İşleme; Makina Öğrenmesi, Derin Öğrenme.

## ABSTRACT

Increase in population and number of vehicles in cities makes finding available parking space difficult. Drivers searching for a parking space spend much more time in traffic. This leads to increase in traffic congestion and environmental pollution. There are several applications regarding the guidance of drivers for empty parking spaces. In this paper, image processing techniques used in determining parking space availability are investigated. Performance and weak spots of these techniques are identified. Lastly, possible improvements and future research directions are suggested.

## Keywords

Smart City; Digital Transformation; Smart Parking; Image Processing; Machine Learning; Deep Learning.

## GİRİŞ

Özellikle kalabalık şehirlerde park yeri bulmak sürücülerin sıklıkla yaşadığı sorunların başında gelmektedir. Sürücülerin park yeri bulmak için daha fazla trafikte kalması zaman kaybına ve huzursuzluğa, daha da önemlisi çevre kirliliği ve gereksiz yakıt tüketimine neden olmaktadır. Yapılan bir araştırmaya göre park yeri aramanın Amerikalılara maliyeti yıllık 73

milyar dolar olmaktadır [1]. Akıllı şehirler kavramıyla, artan trafik yoğunluğuna çeşitli teknolojik uygulamalarla var olan çözümlerin sayısal dönüşürülmesi veya yeni çözümler üretilmesi hedeflenmektedir. Bu kapsamda, park yerlerinde yaşanan sorunların azaltılması veya çözümü için park yerlerinin doluluk bilgisinin dijital yöntemlerle takip edilmesi ve sürücülere anlık olarak aktarılması hedeflenmektedir. Bu amaç için park alanlarındaki hangi park yerlerinin boş olduğunun bilgisinin temin edilmesi ve daha sonra bu bilginin zamanında ve çevrimiçi olarak kullanıcılara iletilmesi gerekmektedir.

Gerek yazında gerekse uygulamalarda park yerlerinin müsaitlik bilgisinin edinilmesinde çeşitli sensörler kullanılmaktadır [2]. Bu sensörlerin listesi Tablo-1'de gösterilmiştir. Her bir sensöre dayanan park yerlerinin müsaitliğini tespit eden farklı sistemler geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemlerin çoğunluğu, kullandıkları sensörlerin niteliklerinden dolayı; çok sayıda sensörün park yerlerine kurulumunu ve bakımını gerektirmektedir. Örneğin, bazı sistemler, her bir park yerine bir sensör kurulumunu gerektirmektedirler. Dolayısıyla, bu tür sistemler, özellikle büyük otoparklar düşünüldüğünde maliyetli olmaktadır.

**Tablo 1: Boş Park Yerlerinin Tespitinde Kullanılan Sensörler**

| Sensör           | Yöntem            |
|------------------|-------------------|
| Kızılötesi       | Işık              |
| Elektromanyetik  | Elektromanyetik   |
| Piezoelektrik    | Mekanik, titreşim |
| Mikrodalga Radar | Mikrodalga        |
| Manyetometre     | Manyetik          |
| RFID             | Radyo Dalgaları   |
| Kamera           | Görüntü İşleme    |

Ancak, bu sensörler arasından kameralar önemli bir avantaja sahiptirler. Örnek olarak, doğru şekilde

konumlandırılmış bir kamera çok sayıda park yerini kontrol edebilmektedir (Şekil 2). Ayrıca, mevcut park alanlarında güvenlik ve yönetim amaçlı birçok kamera zaten mevcuttur. Dolayısıyla, sensör olarak kameraları kullanan sistemler diğer sensör çeşitlerine dayanan sistemlere göre daha maliyet etkin çözümler sunabilmektedir. Bu yüzden son yıllarda park yerlerini yönetimde kameraların sensör olarak kullanılması yönünde araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu araştırmaların çoğu park yeri müsaitlik durumunun belirlenmesi için çeşitli görüntü işleme teknikleri ile farklı makina öğrenmesine dayalı alternatifler sunmaktadır.

Bu çalışmada, yazında önerilmiş, park yerlerinin müsaitlik durumunu sadece görsel veri kullanarak tespit etmek üzere geliştirilmiş sistemler kısaca sunulmuştur. Ayrıca, önerilen sistemlerin avantaj ve dezavantajları ile geliştirilecek yeni sistemlere ışık tutacak öneriler verilmiştir.

### KAMERA KULLANAN SİSTEMLERİN ÖZELLİKLERİ

Sensör olarak kamera kullanan akıllı park yeri sistemlerinde genel olarak park alanını izleyen bir veya daha çok kamera görüntüsü kullanılmıştır. Araçların park ettiği park yerlerinin boş ya da dolu olarak sınıflandırılması hedeflenmektedir. Bu maksatla, öncelikle otopark görüntüleri üzerinde park yerleri manuel olarak işaretlenmiştir (Şekil-1 ve Şekil-2). Diktörge olarak işaretlenen görüntülerin içeriğinde araç olup olmadığının tespiti ile park yerinin doluluk bilgisine varılmaktadır. Bu belirlenen görüntü birimlerinde araç olup olmadığını anlamak için çeşitli görüntü işleme ve makina öğrenme yöntemleri kullanılmıştır. Kullanılan yöntemlerdeki görüntü işleme ve makine öğrenme algoritmalarının bir kısmı uygulandıkları çalışmalar ile birlikte sırasıyla Tablo-2 ve Tablo-3'te sunulmuştur.

**Tablo 2: Araştırmalarda Kullanılan Temel Görüntü İşleme Yöntemleri**

| Yöntem                                                   | Kaynak |
|----------------------------------------------------------|--------|
| Arka plan Çıkartma                                       | [3]    |
| Harris Köşe Tespiti, Renk Histogram Sınıflandırması      | [5]    |
| Özellik Noktası Algılama, Renk Histogram Sınıflandırması | [7]    |

Arka plan çıkarma tekniği ile hareket eden ve hareketsiz cisimlerin birbirinden ayırt edilmesi için gereken referans elde edilmek istenmiştir [3]. Arka plan ortaya çıkarıldıktan sonra *Geçici Harita* üretilir ve böylece araçlar görüntü içerisinde tanımlanıp, takip edilebilir. Bu sayede park yerine giren ve çıkan araçlar belirlenerek park yerlerinin boş ya da dolu olduğu bilgisi ortaya çıkarılır.

Araçların görüntü içerisinde tespiti için köşe belirleme tekniğini kullanan araştırmalar da mevcuttur. Bu teknik ile araçların fiziksel özelliklerini sağlayan şekiller görüntü içerisinde aranır. İncelenmek istenen görüntü parçasının renk alanı değiştirilerek, görüntü üzerindeki ışığın negatif etkisi kaldırılır [5].



**Şekil 1: Park Yerlerinin Belirlenmesi [3]**

Önerilen yöntemlerin testlerinin yapılması ve elde edilen başarı oranlarını karşılaştırmak için çeşitli veri setleri geliştirilmiştir [4][6]. Ancak birçok çalışma kendi veri setini kullanarak testlerini yapmış ve sonuçları bu setlere göre bildirmiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda kullanılan yöntemler ile elde edilen başarı oranları Tablo-2'de gösterilmiştir. Tablo-2 incelendiğinde önerilen yöntemler mevcut test dataları üzerinde oldukça yüksek başarı oranları ile çalışmıştır. Ancak, sonuçları sunulan araştırmalar yapılırken her biri kendine has belli varsayımlar yapmış ve ayrı veri setleri kullanmıştır. Bundan dolayı önerilen yöntemlerin doğrudan gerçek hayat senaryolarına uygulanmasında eksikliklerin bulunduğu değerlendirilmektedir. Bu eksiklikler ve zorluklar aşağıda irdelenmiştir.



**Şekil 2: Park Yerlerinin Belirlenmesi [6]**

### GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİNDE KARŞILAŞILAN ZORLUKLAR

#### Gerçek zamanlı çalışma

Yapılan araştırmaların çoğunda görüntülerin işlenmesi için gereken süre bildirilmemiştir. Park yerlerinin doluluğunun doğru bir şekilde algılanması sistemin çalışması için yeterli gibi düşünülse de bu sistemlerin gerçek hayatta kullanılabilmesi için işlem zamanlarının kısa olması gerekmektedir. Bu sayede gecikme olmadan park yerlerinin dolu veya boş olduğu bilgileri gerçek zamanlı olarak takip edilebilir.

## Kamera Seçimi

Park yerlerini gözlemlenmede bazı araştırmacılar hazır bulunan güvenlik kameralarından alınan görüntülerin kullanılmasını tercih etmiştir. Bu sayede var olan kamera sistemi kullanıldığı için maliyet en aza indirgenmek istenmiştir. Birçok çalışmada, güvenlik kameralarından elde edilen görüntüler bir sunucuya internet üzerinden aktarılmış ve bu görüntüler üzerinde görüntü işleme algoritmaları çalıştırılmıştır [7]. Bu yöntem kullanıldığında çeşitli sorunlar ortaya çıkmaktadır. Güvenlik kameralarının görüntüleri genelde düşük kalitede ve siyah-beyaz olmaktadır. Bu görüntüler işlenirken kaliteden ödün verildiği için çok net görülmeyen yerlerdeki araçlar düzgün belirlenmemektedir. Bu konuda renkli görüntülerin daha yüksek doğrulukta sonuçlar verdiği yapılan araştırmada belirtilmiştir [12]. Otopark alanının boyutları büyüdükçe kullanılması gereken kamera sayısı artacağından, büyük miktarda görüntü verisinin internet üzerinden aktarılması ağ kapasitesi bakımından sorunlara yol açabilecektir.

## Kameraların Göremediği Alanlar

Görüntülerdeki bazı bölgelerin önüne ağaç, direk vb. engeller bulunduğundan, kısıtlı veya hiç görüntü olmayan noktalardaki park yerlerinin durumunun belirlenmesi sorun yaratmaktadır. Bazı araştırmalarda aynı park yerini izleyen birden fazla kamera görüntüsünden, ilgili bölgeyi en iyi görebilen kameranın görüntüsünün kullanılmasıyla soruna çözüm aranmıştır [3]. Ancak bu yöntem, hiçbir kameranın açık ve net göremediği bir park bölgesine yönelik çözüm üretememektedir.

**Tablo 3: Araştırmalarda Kullanılan Makina Öğrenme Algoritmaları**

| Yöntem                        | Başarı Oranı | Veri Seti Adı/Hacmi   | Kaynak |
|-------------------------------|--------------|-----------------------|--------|
| SVN ve KNN                    | 88%- 99%     | İsimsiz (758 resim)   | [5]    |
| SVN ve KNN                    | 88%- 99%     | PKLot (695,899)       | [6]    |
| FCM ve PSO                    | 97.4%- 99.5% | İsimsiz (500 resim)   | [7]    |
| CNN                           | 99.8%- 99.9% | PKLot (695,899)       | [8]    |
| Nesne Takibi                  | 85%- 99%     | Video (43 video)      | [9]    |
| Derin Öğrenme, CNN            | 83%- 98%     | CNRPark-EXT (144.965) | [10]   |
| KNN, LDA ve SVN Sınıflandırma | 80%- 90%     | Snippet (10000)       | [11]   |

## Değişen Işık Koşulları

Araştırmalarda değişik hava koşullarında çekilen görüntüler üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Ancak bu görüntüler genelde bulutlu ve yağmurlu havalar dikkate alınmıştır. Gece olduğunda ortamın karanlık olması sebebiyle kameralardan alınan görüntüleri işlemek neredeyse imkânsız hale gelebilir. Bu durum için karanlıkta daha iyi sonuçlar veren kameraların kullanılması gerekebilir ve bu da maliyeti arttırabilir.

## Algoritmaların Genele Uygulanması

Araştırmaların genelinde bir veri kümesi üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Sistemin kullanılacağı park yerlerine ait görüntüler üzerinde makina öğrenme yöntemleri eğitilmiş ve testler de bu veri setleri üzerinde yapılmıştır. Geliştirilen sistemlerin diğer park alanlarından gelecek görüntüler üzerinde benzer başarı oranları ile çalışabileceği tartışmalıdır. Bir veri kümesine bağlı kalınarak geliştirilen algoritmaların farklı otopark alanlarından toplanacak görüntülerin işlenmesi için uygun olup olmadığı araştırılmalı ve öğrenilen kuralları yeni veri setinin analizinde de başarı ile kullanabilecek algoritmaların geliştirilmesi hedeflenmelidir.

## SONUÇ VE MUHTEMEL ARAŞTIRMA KONULARI

Park yerlerinde şimdiye kadar kullanılan sensörlerin büyük park alanları düşünüldüğünde kurulumları ve bakımları maliyetli olmaktadır. Kamera ve elektronik teknolojisindeki gelişmeler sayesinde daha ucuza ve daha hassas kameralar üretilmektedir.

Çağımızın güvenlik sorunlarına çare olarak sokaklarda bulunan güvenlik kameraları sayısı her geçen gün artmaktadır. Bu kameralar sayesinde az maliyet ile daha fazla alan ve daha fazla araç park yeri durumu gözlemlenebilmektedir. Ancak görüntü işleme teknolojisi ne kadar gelişmiş olsa da park yerlerine yönelik yapılan araştırmaların eksik noktaları, gerçek hayata uygulanabilirliğe engel olmaktadır. Bu yüzden araştırmacılar aşağıda verilen konular üzerinde çalışabileceklerini ve var olan çözümleri iyileştirebileceklerini değerlendiriyoruz:

- Gerçek zamanlı çalışan bir sistem için görüntü işleme sürelerinin dikkate alınması ve bu sürelerin kısaltılması için algoritmaların optimize edilmesi,
- Güvenlik kameralarından alınan görüntülerin kullanılması ağ üzerinde yoğunluğa veya gecikme süresinin artmasına yol açabileceği için park yeri analizini yapabilmek üzere özelleştirilmiş, düşük maliyetli, yeterli hızda ve doğrulukta çalışabilecek akıllı kamera sistemlerinin tasarlanması,
- Gece ve gün batımı gibi düşük ışık veya farklı hava durumları (aşırı yağış, kar, sis, vb.) gibi kameralardan elde edilecek görüntünün

kalitesini olumsuz etkileyecek koşullara karşı gürbüz çözümlerin üretilmesi.

- Kameraların tam olarak göremediği noktalardaki araç park yerlerinin doluluk durumlarını belirlemek için durağan görüntüler ile nesne takibi gibi video analiz yöntemlerinin birlikte kullanılması.
- Belli veri seti kullanılarak elde edilen algoritma başarısının değişik veri setleri ile gerçek uygulamalarda da benzer oranda başarılı olmasının sağlanması.

Yukarıda özetlenen araştırma konuları üzerinde yapılacak çalışmalar ile park yerlerinin doluluk durumlarının tespitinin yüksek doğrulukla, her türlü hava ve ışık şartlarında, kısa süre içerisinde yapılması ve bu bilginin ihtiyaç duyacak kullanıcılara uygun arayüzler ile dağıtılması; yaşadığımız şehirlerin dijital dönüşümüne önemli bir katkıda bulunacaktır.

#### KAYNAKÇA

[1] Inrix, "Searching for Parking Costs Americans \$73 Billion a Year." INRIX, July 2017, inrix.com/press-releases/parking-pain-us/.

[2] G. Revathi and V. R. S. Dhulipala, "Smart parking systems and sensors: A survey," 2012 International Conference on Computing, Communication and Applications, 2012.

[3] G. Amato, F. Carrara, F. Falchi, C. Gennaro, and C. Vairo, "Car parking occupancy detection using smart camera networks and Deep Learning," 2016 IEEE Symposium on Computers and Communication (ISCC), 2016.

[4] P. R. de Almeida, L. S. Oliveira, A. S. Britto, E. J. Silva, and A. L. Koerich, "Pklot—a robust dataset for parking lot classification," Expert Systems with Applications, vol. 42, no. 11, pp. 4937–4949, 2015.

[5] True, N. (2007). Vacant parking space detection in static images. University of California, San Diego, 17.

[6] De Almeida, P. R., Oliveira, L. S., Britto, A. S., Silva, E. J., & Koerich, A. L. (2015). PKLot—A robust dataset for parking lot classification. Expert Systems with Applications, 42(11), 4937-4949.

[7] Ichihashi, H., Notsu, A., Honda, K., Katada, T., & Fujiyoshi, M. (2009, August). Vacant parking space detector for outdoor parking lot by using surveillance camera and FCM classifier. In Fuzzy Systems, 2009. FUZZ-IEEE 2009. IEEE International Conference on (pp. 127-134).

[8] Valipour, S., Siam, M., Stroulia, E., & Jagersand, M. (2016, December). Parking-stall vacancy indicator system, based on deep convolutional neural networks. In Internet of Things (WF-IoT), 2016 IEEE 3rd World Forum on (pp. 655-660). IEEE.

[9] Märmol, E., & Sevillano, X. (2016). QuickSpot: a video analytics solution for on-street vacant parking spot detection. Multimedia Tools and Applications, 75(24), 17711-17743.

[10] Amato, G., Carrara, F., Falchi, F., Gennaro, C., Meghini, C., & Vairo, C. (2017). Deep learning for decentralized parking lot occupancy detection. Expert Systems with Applications, 72, 327-334.

[11] Tschentscher, M., Koch, C., König, M., Salmen, J., & Schlipfing, M. (2015, July). Scalable real-time parking lot classification: An evaluation of image features and supervised learning algorithms. In Neural Networks (IJCNN), 2015 International Joint Conference on (pp. 1-8). IEEE.

[12] C. G. del Postigo, J. Torres and J. M. Menéndez, "Vacant parking area estimation through background subtraction and transience map analysis," in IET Intelligent Transport Systems, vol. 9, no. 9, pp. 835-841, 11 2015.

#### ÖZGEÇMİŞ

##### Fatih Can Akıncı

ODTÜ Elektrik-Elektronik Mühendisliği 2014 yılı mezunu. Şu anda Atılım Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitimine devam ediyor. İlgi alanları arasında Nesnelerin İnterneti, görüntü işleme ve derin öğrenme konuları bulunuyor. Telekomünikasyon alanında faaliyet gösteren özel bir şirkette tasarım mühendisi olarak çalışmaktadır.



##### Murat Karakaya

KHO Elektrik-Elektronik Mühendisliğinden lisans, Bilkent Üniversitesinden Bilgisayar Mühendisliğinden Yüksek Lisans ve Doktora derecelerini sırasıyla 1991, 2000 ve 2008 yılında almıştır. Şu anda Atılım Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği bölümünde Doç. Dr. olarak araştırmalarını devam ettirmektedir. Araştırma alanları arasında Sensör Ağları, Doğal Hesaplama, Makina Öğrenmesi, Nesnelerin İnterneti, ve Görüntü İşleme konuları bulunmaktadır.

