

## BÜYÜKŞEHİRLERDE ALIŞVERİŞ MERKEZİ OTOPARK GİRİŞİ UYGULAMASI: ANTALYA ÖRNEĞİ

*Emre DEMİR<sup>1</sup>, Tuğçe SANDIKÇIOĞLU DENİZ<sup>2</sup>, Cihan DENİZ<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Antalya Bilim Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Antalya / Türkiye*

*<sup>2</sup>Antalya Bilim Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya / Türkiye*

*Email: tugce.deniz@std.antalya.edu.tr*

**ÖZ:** Nüfus artışı ile birlikte günlük yaşantımızda, özellikle trafik sistemlerinde, servis sistemlerinin yetersizliği doğrultusunda bekleme sorunları ile sık sık karşılaşmaktadır. Bu sorunların önüne geçmek için trafik sistemleri, hizmet maliyetlerini düşürmeyi, hizmet niteliğini artırmayı ve yol kullanıcılarının bekleme zamanını düşürmeyi amaçlamalıdır. Araştırmamızda Antalya’da bulunan bir alışveriş merkezi otopark girişi gözlemlenmiştir. Kuyruk Teorisi modellerinden en uygun olanı eldeki vaka çalışması için incelenip seçilmiştir. Yapılan çalışmada, bekleme ve hizmet sürelerinde gözlemlenen problemler tespit edilmiştir. Toplanan veriler akademik amaca uygun olarak kaydedilmiştir. Analizler sonucunda bekleme süresini en aza indirecek ve daha hızlı hizmet alınabilecek bir kuyruk sisteminin oluşturulması amaçlanmıştır. D/D/1 kuyruk rejimi önerilen araştırmamızda, hem grafiksel çözümlerle hem de matematiksel denklemlerle problem çözülmüştür. Çalışmamızın amacı doğrultusunda, yolcu bilgilendirme sistemleri, değişken mesaj işaretleri gibi akıllı ulaşım sistemleri otopark girişinde trafiği düzenlemede yardımcı olması için tavsiye edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı Ulaşım Sistemleri, Kuyruk Teorisi, Trafik

## SHOPPING MALL PARKING LOT ENTRANCE APPLICATION IN METROPOLITAN CITIES: ANTALYA CASE

**ABSTRACT:** With the increase of population, problems of waiting on the queue are frequently encountered in our daily life, especially in traffic systems, with the insufficiency of service systems. To prevent these problems, traffic systems should aim to reduce service costs, improve service quality and reduce the waiting time of road users. In our research, a shopping mall parking lot entrance in Antalya was observed. The most suitable queuing theory models were examined and selected for the case study. Accordingly, the problems observed during the waiting and service periods were determined. The data collected were recorded for academic purposes. As a consequence of the analysis, it is aimed to create a queuing system that will minimize waiting time and provide faster service. In our research, D/D/1 queuing regime was proposed and the problem was solved not only with graphical analysis and also mathematical equations. For the purpose of our study, intelligent transportation systems such as passenger information systems and dynamic message signs have been recommended to assist in regulating traffic around the parking lot.

**Keywords:** Intelligent Transportation Systems, Queuing Theory, Traffic

## 1. GİRİŞ

Nüfus artışı ve ekonomik kaynakların yetersiz olmasıyla birlikte günlük yaşantımızda servis sistemlerinin yetersizliğine ve bekleme sorunlarıyla sık sık karşılaşılmaktadır. Bu sorunların önüne geçmek için işletmelerdeki hizmet maliyetlerinin azaltılması ama aynı zamanda hizmetteki niteliğin artırılması bir gaye olarak görülmelidir. Böylece müşterilerin oluşturduğu bekleme süreleri en aza indirilebilir.

Müşteriler bilindiği üzere hizmet taleplerinin zaman kaybı olmadan zamanında sunulmasını veya karşılanmasını umar ve bekler. Bekleme normalden daha fazla olarak hissedildiğinde veya oluştuğunda, müşteri işletmeyi terk etme veya bir başka deyişle işletmenin müşteri kaybına uğrama ihtimali oluşur. İşletme bu kaybı göze almak istemez çünkü bu kendisine zarar olarak dönme olasılığı yüksektir. İşte tam bu noktada, eğer müşterilerin oluşturduğu kuyruğun analizi yapılırsa hem işletme hem de müşteriler bu dengeden faydalanabilir. Bu doğrultuda kuyruk teorisi veya kuyruk modeli, bu çeşit amaçlarla tasarlanmış analitik yaklaşımları olan sistemleri analiz eden çalışmalardır. Araştırmamızda Antalya’da bulunan bir alışveriş merkezi otopark girişi gözlemlenmiş ve Kuyruk teorisi modellerinden en uygun olanı eldeki vaka çalışması için incelenip seçilmiştir. Yapılan çalışmada, bekleme ve hizmet sürelerinde gözlemlenen problemler tespit edilmiştir. Toplanan veriler akademik amaca uygun olarak kaydedilmiştir. Analizler sonucunda bekleme süresini en aza indirecek ve daha hızlı hizmet alınabilecek bir kuyruk sisteminin oluşturulması amaçlanmıştır. D/D/1 kuyruk düzeni önerilen araştırmamızda, hem grafiksel çözümlerle hem de matematiksel denklemlerle problem çözülmüştür. Çalışmamızın amacı doğrultusunda, yolcu bilgilendirme sistemleri, değişken mesaj işaretleri gibi akıllı ulaşım sistemleri trafiği düzenlemede yardımcı olması için tavsiye edilmiştir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Kuyruk modelleriyle ilgili ilk çalışmalar teorinin kurucusu Erlang’ın çalışmalarıyla 1909’da ele alınmıştır. Bu çalışmalarda telefon kullananların sayısı, telefon konuşmalarının süresi ve telefonun meşgul kaldığı süre için oluşan kuyruklar doğrultusundaki çalışmalar, zaman içinde yığılma vakalarını (kuyruk-bekleme hattı) idrak etme ve daha uygun bir şekilde kontrol ederek düzenleme yöntemleri üzerinde çalışmalar geliştirilmiştir. Ancak ilk çalışma Erlang tarafından yapılmasına rağmen bu konuda yayınlanan ilk eser ‘Bekleme Zamanı ve Telefon Etme Sayısı’ adlı makaledir (Johannsen, 1907). Erlang çalışmasının ileri dönemlerinde telefon kullanımı için telefona gelen müşterilerin sayısının Poisson dağılımına, telefon konuşması sürelerinin de üssel dağılımla çözülebildiğini fark edip çalışmalarını bu yönde geliştirmiştir (Erlang, 1909; Sariaslan, 1986).

Erlang çalışmasından sonra pek çok bilim adamı bu konuda çalışmalar yapmıştır. Molina (1927) ve ardından Fry ve Bell Telephone Laboratories (1928) kuyruk teorisi alanında pek çok çalışma yapmıştır. Bu çalışmalar Erlang’ın yaptığı çalışmaların devamı niteliğindedir (Sariaslan, 1986; Ustaoglu, 2008). Daha sonra da önemli gelişmeler olmuştur. Pollaczek (1930), Kolmogoroff (1931), Crommelin (1932) ve Palm (1957) gibi bilim adamları kuyruk teorisinin gelişmesine katkı sağlamışlardır. Crommelin (1932) telefon hatlarında sıra için bekletilen aramalar hakkında olasılık yöntemleri geliştirdi. Pollaczek (1930) Poisson dağılımlı oluşan, değişken ve sabit zamanlı hizmet üzerinden tek kanallı sırada bekleme düzenleri için formüller geliştirdi. Palm (1957) değişen trafik yoğunluğu etki önemlerini ve bekleme zamanı momentlerini inceledi. Sonraki çalışmalarda çok kanallı sıra bekleme sistemleri için genel geliş

ve servis zamanları analitik olarak incelendi ve modeller geliştirildi (Sarıaslan, 1986; Saaty, 1961). Ancak uygulama 1950'lere kadar telefon hizmetleri sektörü haricinde uygulanmamıştır. 1950li yıllar ve sonrasında bu teorik çalışmalar çeşitli iş yerlerinde, stoklama sektöründe, bankacılıkta, hastane gibi sağlıkla ilgili yerlerde her çeşit fiziksel akışların oluşturduğu beklemelemlerde uygulanmaya geçilmiştir. Çalışmamızda ise trafik sistemlerinde hizmet maliyetlerini düşürmeyi, hizmet niteliğini artırmayı ve yol kullanıcılarının bekleme zamanını düşürme amaçlanmaktadır. Bu araştırmada Antalya'da bulunan bir alışveriş merkezi otopark girişi gözlemlenmiştir. Ardından kuyruk teorisi modellerinden en uygun olanı eldeki vaka çalışması için incelenip seçilmiştir. Yapılan çalışmada, bekleme ve hizmet sürelerinde gözlemlenen problemlere çözümler üretilerek tavsiyeler sunulmuştur.

### 3. YÖNTEM

#### 3.1. Trafikte Değişkenler ve Ölçütler

Ulaşım mühendisliğinde trafikte oluşan kuyruklar günlük hayatımızda sıklıkla karşılaştığımız bir durumdur. Bu kuyruklar trafik akışına, hızına ve yoğunluğuna bağlı olarak oluşur. Bu değişkenler trafik analizinin temellerini oluşturmaktadır. Bu değişkenler arasında Formül (1)'deki gibi bir ilişki bulunmaktadır (Mannering ve Washburn, 2013).

$$q = u * k \quad (1)$$

Bu bağıntıyı oluşturan değişkenleri inceleyecek olursak;  $q$  akım oranını yani birim zamanda geçen araç sayısını,  $u$  hızı,  $k$  ise yoğunluğu temsil etmektedir. Ayrıca trafik akışı için Formül (2)'deki gibi bir ilişki bulunmaktadır (Mannering ve Washburn, 2013). Burada,  $n$  belirli bir karayolu noktasını  $t$  zaman zarfında geçen araç sayısını,  $t$  ise zaman aralığı süresini belirtir.

$$q = n/t \quad (2)$$

Formül (2)'de  $q$ , koridorun bir noktasından veya bir bölümünden belirlenmiş bir zamanda geçen obje sayısıdır. Trafik akışı genellikle bir saat boyunca ölçülür. Bu durumlarda ortaya çıkan değer genellikle trafik hacmi veya hacim olarak adlandırılan terim yerini zamanla akım veya akım değeri ifadesine bırakmıştır. Dolayısıyla genellikle hacim terimi kullanıldığında, karşılık gelen değerin, bir saat boyunca gözlemlenen araç sayısı (araç/saat) biriminde olduğu görülür.

Trafik akım değeri ile trafik hacmi arasında, müşahade süresine istinaden bir fark bulunmaktadır. Trafik hacminde, gözlemlenen bölümden geçen obje sayısı çeşitli sürelerle (dakikalık, saatlik, günlük, yıllık gibi) ifade edilir. Trafik akım değeri ise bir saatten az zamanda gözlemlenen trafik hacminin bir saat bazında değeri olmaktadır. Bu yüzden birim olarak taşıt/saat kullanılır (Tanış, 2014). Örnek olarak 20 dakika süresince 120 taşıt sayılmışsa trafik akım değeri,  $(120/(20/60)) = 400$  taşıt/saat hesaplanır.

Akış tanımı, araçların herhangi bir zaman diliminde ölçülmesi için daha genelleştirilmiştir. Uygulamada trafik akış hızı genellikle, bahsi geçen saatin içindeki en üst seviyedeki pik olan 15 dakikalık akışa dayanır. Trafik hızı, trafiğin yer değiştirmesinin ortalama değeri olarak bilinmektedir. Bir objenin hızı belirlenmiş bir sürede koridorun bir noktasından veya belirli bir bölümünden geçmesinin değeridir. Bunun doğrultusunda trafik akım hızı, araçların kendi bireysel hızları araçların kendi aralarında çok değişkenlik gösterdiğinden, trafik akımını hesaplayabilmek için ortalama hıza ihtiyaç duyulmaktadır. Bundan dolayı iki farklı hız tanımı bulunmaktadır (Mannering ve Washburn, 2013). Zaman ortalamalı

hız, gözlemlenen araçların önceden belirlenmiş bir noktadan geçiş hızlarının aritmetik ortalaması alınarak hesaplanır.

$$\bar{u}_t = \frac{\sum_{i=1}^n u_i}{n} \quad (3)$$

$\bar{u}_t$  : zaman ortalamalı hız, birim zamandaki birim mesafe

$u_i$  :  $i$  aracının noktasal hızı, belli bir koridorda önceden belirlenmiş bir noktadaki aracın hızı

$n$  : noktasal hızı ölçülen araç sayısı

Mekan ortalamalı hız, gözlemlenen aracın bilinen bir mesafe boyunca ilerlemesi için gereken süre gözlemlenerek, bu mesafenin araçların seyir süreleri ortalamasına bölünerek bulunur. Araştırmamızda, hemen hemen her araştırmada kullanıldığı üzere mekan ortalamalı hızlar kullanılmıştır.

$$\bar{u}_s = \frac{l}{\bar{t}} \quad (4)$$

$\bar{u}_s$  : mekan ortalamalı hız, birim zamandaki birim mesafe

$l$  : araçların seyahat süresi ölçümü için kullanılan yol uzunluğu

$\bar{t}$  : ortalama araç seyahat süresi

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad (5)$$

$t_i$  :  $l$  mesafesinin kat edilmesi için  $i$  aracının alması gereken zaman

$n$  : araç seyahat zamanlarının sayısı ve ölçümlerin sayısı

$q = \frac{1}{h}$ 'deki bağıntı  $q = \frac{n}{\sum_{i=1}^n h_i}$ 'deki bağıntıda yerine yazılırsa,

$$\bar{u}_s = \frac{l}{\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}} = \frac{1}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{t_i}} \quad (6)$$

bağıntısı bulunur. Formül (6) bağıntısı ile mekan ortalama hız bulunmaktadır. Mekan ortalamalı hızla hızların harmonik ortalaması da denilmektedir. Trafik modellerinde hız değişkeni olarak kullanılır.

### 3.2. Kuyruk Teorisi

Kuyruk günlük hayatımızda sürekli karşılaşılan bir durumdur. Banka gişelerinde bekleyen insanlar, havalimanında uçağa binmek için oluşturulan kuyruklar, marketlerde ödeme için kasada bekleyen insanlar örnek olarak gösterilebilir. Özellikle şu an içinde bulunduğumuz koronavirüs salgını günlerinde bazı zamanlar panik durumundan bazı zamanlar ise tedbir amaçlı eczane önlerinde, hastanelerde doktor randevularında, fırınlarda, bankalarda, marketlerde kuyruklar oluşmaktadır. Bekleme sadece insanlara özgü bir durumda değildir. Örneğin, uçaklar havalimanı kulesinden iniş izni almadan önce havada daireler çizerek ineceği zamanı bekler, işlemler makinede işlem görmeyi bekler. Tüm işletmelerde devlet, okul, hastane, fabrikalar ve sanayide büyük veya küçük ölçekte kuyruklar hep vardır. Önemli olan bu kuyrukları oluşturan müşterilere etkin bir hizmet sunabilmektir.

Kuyruk teorisi modelleri aslında sıra bekleme teorisi modelleri olarak da adlandırılabilir. Bu modeller belirsizlik koşulları altında faaliyet gösteren sıra bekleme durumları için geçerlidir. Belirsizlik koşulu Bir faaliyetin neticesinin öncesinden belli olmadığı durumlarda belirsizlik koşulu ortaya çıkar. Bu durum iki farklı durumda incelenebilir. İlk durum faaliyet sonucu belli bir olasılıkla belirlenebilir. Bu

durum risk durumudur. Diğer durum ise etkinliğin sonucu üzerine bir bilgi yoktur. Eğer bir etkinliğin sonuçları bir parametreye göre tesadüfi değerler veriyorsa ve bu belirsizlik koşulları altında oluşuyorsa, bu etkinliğe stokastik faaliyet ismi verilir. Tesadüfen gelişlerle oluşan sıra durumuna servis için kuyruk teorisi çalışmaktadır. Sistem davranışını irdelemek amacıyla kuyruk teorisi çalışmaları bulunmaktadır (Şimşek, 2004). Kuyruk teorisi, bir başka deyişle bekleme hattı, bekleme kuyruğu veya sırasını inceler. Bu hatların matematiksel modelleri tespit edilir ve hattın uzunluğu, bekleme süreleri, hizmet süreleri gibi konularla ilgilidir. Ulaşım mühendisliğindeki trafik incelemelerinde bilhassa kesintili trafik akım sorunlarının çözüm önerilerinde kuyruk teorisi kurallarından faydalanılır. Kuyruk problemlerinin çözümü için bazı adımların tanımlanması gerekmektedir. Kuyruk teorisinin uygulama alanlarını içeren ve stokastik durumların gözlemlendiği kuyrukta bekleme sistemleri beş başlık altında incelenebilir. Bunlar geliş süreci, kuyruk yapısı, kuyruk disiplini, servis disiplini ve servis olanağı olarak adlandırılabilir (Budnick vd., 1977).

Geliş süreci, hizmet sistemindeki müşterilerin veya taşıtların geliş akışıdır. Gelişlerin zaman aralıkları, sayıları ve kaynağı bilinirse sistemin girdi sürecinde belirlenebilir. Geliş süreci koşulları farklı biçimlerde olmaktadır (Budnick vd., 1977). Kuyruk yapısı, sistemdeki kuyruk sayısı ile birlikte kuyruklarla servis istasyonlarının arasındaki bağlantıdır. Tek kuyruk bir hizmet istasyonundan fayda sağlayabileceği gibi, pek çok istasyona da fayda sağlayabilir. Birden fazla sıra çoğu kez eşit sayıda hizmet istasyonunu besler (Köksal, 1980).

Kuyruk disiplini gelen müşterilerin, gerek bir kuyruğu seçme veya seçmeme gerekse bekleyişte gösterdikleri davranışı kapsar. Servis disiplini müşterilerin veya taşıtların hizmet birimine alınma kurallarını gösterir. Servis disiplininin seçimi maliyetleri etkileyen bir karar sürecidir. En çok görülen servis disiplinleri ilk giren ilk çıkar disiplini ve son giren ilk çıkar disiplini (Lee, 2016; Sariaslan, 1986). Servis olanağında ise sisteme gelen müşterilerin istekleri doğrultusunda yapılması gerekenler belirlenir. İstekler ise sisteme göre değişkenlik göstermektedir. Servis mekanizmasının düzgün çalışması ve belirlenmesi için aynı zamanda hizmet verilen müşteri veya taşıt sayısının, sağlanan hizmet sürelerinin, servis sunulan yerlerin, belirli bir zaman içerisinde servis verilen ortalama müşteri veya taşıt sayısının belli olması gerekmektedir. Tek kanallı veya çok kanallı sistemler görülebilir. Kanal düzeni çok kanallı sistemlerde, aynı servisi sağlayan eş zamanlı kanallar veya birbiri ardına gelerek tamamlayan değişik hizmetler sağlayan seri koridorlar biçiminde görülebilir (Sariaslan, 1986; Ustaoglu, 2008).

#### 4. UYGULAMA

Birçok uygulamada kullanılan D/D/1 kuyruk düzeni sayesinde ulaşım mühendisliği alanında ve özellikle trafik mühendisliği dalında pek çok probleme çözüm bulunabilmektedir. Problemler çoğu zaman trafikte sık sık görülen kesintili trafik akımları ile bağlantılıdır. Bir başka deyişle, trafik akımı herhangi bir sebepten dolayı kesintiye uğradığı hallerde trafik akımının durmasına neden olmaktadır. Böylelikle durma, gecikme süresi veya kuyrukta bekleme süresinden dolayı kuyruk gözlemlenmektedir. Bu çeşit kuyruk düzeni ile grafik ve matematiksel çözümlemeler problemlere çare olarak sunulabilmektedir. Ancak, D/D/1 kuyruk düzeninde varış ve ayrılış hızları veya oranları üniform (eşite oldukça yakın veya eşit zaman aralıklı) olmalıdır. Fakat araçların eşit zamanlı aralıklı olması varsayımından ziyade geniş aralıklı (ekspansiyonel) dağılım olması varsayımı birtakım durumlarda daha gerçeğe yakın bir hal almaktadır. Bu hallerde D/D/1 düzeni kullanmak yerine M/D/1 kuyruk düzeni ile analiz yapılması

lazımdır (Mannering ve Washburn, 2013; Savaş, 2017). Bu tarz kuyruk düzeninde  $\rho = \lambda/\mu < 1$  olması kabul edilerek;

$$\text{Ortalama kuyruk uzunluğu: } L_{ort} = \frac{2\rho - \rho^2}{2(1-\rho)} \quad (7)$$

$$\text{Ortalama bekleme süresi: } W_{ort} = \frac{\rho}{2\mu(1-\rho)} \quad (8)$$

$$\text{Kuyrukta ortalama gecikme süresi: } t_{ort} = \frac{2-\rho}{2\mu(1-\rho)} = W + \frac{1}{\mu} \quad (9)$$

olarak yansıtılır. Bu aşamada ortalama servis süresi  $1/\mu$ 'dir.

D/D/1 kuyruk rejimi  $\lambda < \mu$  olduğu durumda kuyruk formasyonunu tahmin edememektedir. Bunun sebebi ise  $\lambda t$  ile  $\mu t$  fonksiyonları birbirini kesememesindendir ve böylece kuyruk oluşmamaktadır. Öte yandan M/D/1 kuyruk düzeni kullanarak bir başka deyişle taşıtların rassal varışı gözlemlendiğinde kuyruk formasyonu (7), (8) ve (9) eşitlikleri ile hesaplanabilmektedir. Buna ek olarak M/D/1 kuyruk düzeni sabit oranda varış ve ayrılış oranı koşullarında varsayılan olasılık dağılımı kullanarak rassal trafik akımını değerlendirmektedir. Oysa D/D/1 kuyruk düzeni, varış ve ayrılış aralıklarının belli bir düzende veya üniform olması durumunda akımı gözden geçirmektedir (Savaş, 2017).

Antalya şehir merkezinde bulunan büyük bir alışveriş merkezi kuyruk düzeni gözlemi kapsamında bu araştırmada değerlendirilmiştir. Alışveriş merkezinin otoparkı akademik veri toplama amaçlı gözlemlenmiştir. Toplanan verinin çeşidi ve bir kısmı Tablo-1'de sergilenmektedir.

**Tablo-1:** Toplanan verinin çeşidi ve bir kısmı

| Gelen Araç Sayısı | Servis Süresi (saniye)      |
|-------------------|-----------------------------|
| 1                 | 11                          |
| 1                 | 11                          |
| 1                 | 11                          |
| 1                 | 11                          |
| 1                 | 15                          |
| 1                 | 9                           |
| 1                 | 8                           |
| 1                 | 10                          |
| 1                 | 10                          |
| 1                 | 10                          |
| 1                 | 10                          |
| 1                 | 10                          |
| 1                 | 8                           |
| 1                 | 10                          |
| ...               | ...                         |
| ...               | ...                         |
| 1                 | 10                          |
| 1                 | 8                           |
| Toplam 240 araç   | Ortalama yaklaşık 11 saniye |

Tablo-1'de bir bölümü sunulan veriler kapsamında alışveriş merkezinde şöyle bir problem gözlemlenmiştir. Alışveriş merkezine ziyaretçiler araçlarıyla gelmektedirler. Alışveriş merkezi

otoparkına giriş için tek aracın geçebileceği bir adet kapalı otopark giriş kapısı bulunmaktadır. Girişte araçlar durdurularak park görevlisi tarafından kontrol yapılmaktadır. Otoparkın açılış saati 10.00'dır. Ancak ziyaretçilerin en yoğun geldiği saat dilimi 14.00'dır. Bu saatten 20 dakika boyunca araçların geliş oranı 240 araç/saat'tir. 20 dakika sonunda araçların geliş oranı 180 araç/saat'e inerek gün boyunca bu oran devam etmektedir. Girişte kontrol süresi 11 saniye sürmektedir. Bu otoparkın girişini M/D/1 kuyruk modelini ele alarak çözüm yöntemlerine göre incelersek;

- $t \leq 20$  dakika için dakikada geçen araç sayısı 4'tür. Yani bu oran  $\lambda = 4$  araç/dk'dır.
- $t > 20$  dakika için dakikada geçen araç sayısı ise 3'tür. Yani bu oran  $\lambda = 3$  araç/dk'dır.
- Saat 10.00 'dan itibaren tüm  $t$ 'ler için gün boyu geçen araç sayısı 6'dır. Yani bu oran  $\mu = 6$  araç/dk'dır.
- Trafik değişkenleri ve trafik akım modelleri kapsamında matematiksel denklemler ve grafiksel yöntemler aracılığıyla belirlenen grafik eğrileri ile yardımıyla toplam gecikme süresi bulunabilir. Bu otoparktaki toplam gecikme süresi  $t_{ort} = 0,334$  dakikadır.

Yolcu bilgilendirme sistemleri, değişken mesaj işaretleri gibi akıllı ulaşım sistemleri trafiği düzenlemede yardımcı olmaktadır. Otopark girişlerinde veya civarlarında kurulan bu tarz düzenlemeler otopark girişlerinde konforu artıracak gibi zaman ve parasal kayıpların azalmasında önemli bir rol oynar (Çodur ve Topdağı, 2018). Şekil-1'de görüldüğü gibi plaka tanıma uygulamalı düzenekler ile çalışan bir sistem bulunmaktadır. Alishveriş merkezlerinin otoparklarına giriş yapmakta olan taşıtların plakalarını hızlı bir şekilde okuyup elektronik veri olarak güvenli bir şekilde kaydedici sisteme ileten bir çeşit plaka tanıma sistemi de oluşan kuyrukları ve zaman kayıplarının önüne geçebilir. Aynı zamanda geriye dönük raporların kayıtlarındaki kayıpları ve yanlışlıkları engelleyebilir (Bakkaloğlu, 2011).



**Şekil-1:** Plaka tanıma sistemi (Kayseri Ulaşım A.Ş., 2020)

Bu çözümün yanı sıra, Şekil-2'de görüldüğü gibi ultrasonik ve kameralı sistemlerle hızlı ve pratik bir şekilde park yeri bulma hedeflenebilir. Böylece kuyrukların ve düzensiz bir durumun önüne geçilerek zaman ve yakıttan tasarruf sağlanabilir. Ayrıca güvenli, çevreye duyarlı ve konforlu bir hizmet sunularak egzoz gazları emisyonunu azaltmak tavsiye edilebilir. Bu gibi amaçlarla yazılımlar ve yönetimler geliştirilebilir.



**Şekil-2:** Otopark Yönlendirme Sistemleri (Forte Urban Technology, 2020)

## 5. SONUÇ

Trafik sistemlerinin yetersizliği sonucunda trafikte oluşan kuyruklarda beklemler ile yoğunlukla karşılaşılmaktadır. Özellikle büyükşehirlerin alışveriş merkezlerinde bu gibi sorunlar artmaktadır. Bu araştırmada bir büyükşehir örneği olan Antalya’da bulunan bir alışveriş merkezi otopark girişi gözlemlenerek çözümler üretilmiştir. Kuyruk Teorisi modellerinden en uygun olanı seçilerek akademik bir vaka çalışması yapılmıştır. Çalışma sonunda, bekleme ve hizmet sürelerinde gözlemlenen problemlerin çözümü için D/D/1 kuyruk rejimi ilk başta önerilmesine rağmen M/D/1 kuyruk düzeni uygulayarak taşıtların rassal varışı bulunan durumda yapılan kuyruk formasyonu ile çözüme varılmıştır. Çalışmamızın amacı doğrultusunda, yolcu bilgilendirme sistemleri, değişken mesaj işaretleri gibi akıllı ulaşım sistemleri trafiği düzenlemede yardımcı olması için tavsiye edilmektedir. Ayrıca Şekil-1’de görüldüğü gibi, plaka tanıma sistemi mevcut olan bir otopark düzenlenebilir. Otoparka giriş yapan araçların plakaları süratli bir şekilde okunup dijital veri olarak saklamak amacıyla belli bir hafızaya iletilen plaka tanıma sistemi de oluşan kuyrukları engelleyebilir. Böylelikle zaman kayıplarının önüne geçilip geriye dönük veri kayıtlarına da ulaşılabilir. Aynı zamanda Şekil-2’deki gibi otopark yönlendirme sistemleri sayesinde sürücüler güvenli ve konforlu bir şekilde yönlendirilerek zaman ve bütçe gibi pek çok açıdan tasarruf sağlanabilir.

## KAYNAKÇA

- Bakkaloğlu, A. (2011). *Araç plaka tanıma sistemi* (Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Budnick, F. S., Mojena, R., ve Vollmann, T. E. (1977). *Principles of operations research for management*. Richard D. Irwin, Incorporated.
- Crommelin, C. D. (1932). Delay probability formulae when the holding times are constant. *Post Office Electrical Engineer's Journal*, 25, 41-50.
- ÇODUR, M. Y., ve TOPDAĞI, S. (2018) Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Kent İçi Toplu Taşımaya Etkisi: Erzurum İli Örneği. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(3), 576-586.
- Erlang, A. K. (1909). The theory of probabilities and telephone conversations. *Nyt. Tidsskr. Mat. Ser. B*, 20, 33-39.

- Forte Urban Technology (2020), Akıllı şehirler için mobilite, trafik, otopark sistemleri. Erişim: [www.fortetechtechnology.net/index.php](http://www.fortetechtechnology.net/index.php) [tarih: Temmuz 9, 2020]
- Fry, T. C., ve Bell Telephone Laboratories. (1928). *Probability and its engineering uses* (p. 269). New York: Van Nostrand.
- Johannsen, F. W. (1907). Waiting times and number of calls. *PO Electr. Eng. J.*
- Kayseri Ulaşım A.Ş. (2020), Hunat otopark yönetim sistemi, Trafik yönetim sistemleri. Erişim: [www.kayseriulasim.com/tr/hizmetler/trafik-yonetim-sistemleri/hunat-otopark-yonetim-sistemi](http://www.kayseriulasim.com/tr/hizmetler/trafik-yonetim-sistemleri/hunat-otopark-yonetim-sistemi) [tarih: Temmuz 9, 2020]
- Kolmogoroff, A. (1931). Sur le probleme d'attente. *Математический сборник*, 38(1-2), 101-106.
- Köksal, M. (1980). Kuyruk Teorisi (= Bekleme Hattı Kuramı)(Stokastik Kuyruk Modellerinin Analitik Yoldan İncelenmesi). *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 9(1), 157-179.
- Lee, A. M. (2016). *Applied queueing theory*. Macmillan International Higher Education.
- Mannering, F., ve Washburn, S. (2013). *Principles of highway engineering and traffic analysis*. John Wiley & Sons.
- Molina, E. C. (1927). Application of the theory of probability to telephone trunking problems. *The Bell System Technical Journal*, 6(3), 461-494.
- Palm, R. C. A. (1957). *Research on telephone traffic carried by full availability groups*. Tele.
- Pollaczek, F. (1930). Uebereine Aufgabe der Wahrscheinlichkeits theory. *Math. Z.*, 32, 64-100.
- Saaty, T. L. (1961). *Elements of queueing theory: with applications* (Vol. 34203). New York: McGraw-Hill.
- Sariaslan, H. (1986). *Sıra bekleme sistemlerinde simulasyon (benzetim) tekniği*. Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi.
- Savaş, H. (2017), Kuyruk teorisine giriş ve ulaşım mühendisliğinde uygulamaları, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi. Erişim: <https://docplayer.biz.tr/37129464-3-kuyruk-teorisine-giris-ve-ulasim-muhendisliginde-uygulamaları.html> [tarih: Haziran 29, 2020]
- Şimşek, H. (2004). *Kuyruk Teorisinin İstanbul Boğazı Tanker Ve Gemi Geçişleri İle Haydarpaşa Konteyner Terminaline Uygulanması* (Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Tanış, M. (2014). *Kent İçi Otoyolların Kavşaksız Kesimlerinde Serbest Akım Hızı Ve Kapasiteyi Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi* (Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Ustaoğlu, M. (2008). Monte Carlo simülasyonu yaklaşımıyla kuyruk teorisinin incelenmesi ve otomotiv sektörü üzerine bir uygulama. Marmara Üniversitesi.