	<b>SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ</b> <i>SAKARYA UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE</i>		
	e-ISSN: 2147-835X Dergi sayfası: <a href="http://dergipark.gov.tr/saufenbilder">http://dergipark.gov.tr/saufenbilder</a>		
	<u>Geliş/Received</u> 26-04-2016 <u>Kabul/Accepted</u> 25-09-2017	<u>Doi</u> 10.16984/saufenbilder.221353	

## Sakarya şehri için dış ve iç yönlendirmeli rezervasyon tabanlı otopark yönetim sistemi tasarımı ve sistem başarımı

Metin Varan<sup>\*1</sup>, Ceylan Karakuş<sup>2</sup>

### ÖZ

Günümüz şehirlerinin her geçen gün artan nüfus yoğunlukları şehrin çoklu kullanım alanlarının verimli, sağlıklı ve güvenli olarak paylaşılması çalışmalarını zorlaştırmaktadır. Bunun üstesinden gelmek için şehir altyapı planlamalarının geleceğe yönelik revize edilmesi başta olmak üzere şehrin ortak kullanım alanlarının optimize kullanılmasıyla ilgili birçok çözüm stratejisi geliştirilmiştir. Bu altyapı optimizasyonunda en önemli bileşenlerden biri hiç şüphesiz trafik koordinasyonudur. Sağlıklı bir şehiriçi araç parklanma yönetiminin sağlanması günümüz şehirlerinde trafik altyapı koordinasyonunda oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada çeşitli endüktif sensörler, kameralar ve trafik yönlendirme ve bilgilendirme panoları kullanılarak parklanma sahası içinde veya trafikte hareket halinde olup park yeri bulmaya çalışan araçların en kolay ve en kısa sürede park edebilmesini sağlayacak bir parklanma rezervasyon sistemi geliştirilmiştir. Şehir içerisinde bulunan otoparkların şehir parklanma sorununa katkıda bulunacak koordineli bir yönetim sistemi ile atıl vaziyetten kurtulması ve daha işlevsel hale getirilmesi çalışmanın hedefidir. Kurgulanan akıllı park yönetim sistemi pilot park kapasitesi dikkate alınarak başta sürücülerin günüçi yoğun saatlerde park yeri bulmada yaşadığı ortalama 7.3 dakikayı bulan parklanma süresinin 1.6 dakikaya kadar düşürülebilmesi bununla beraber kazanılan parklanma süresi kısaltımı ile hem trafik akışının sürekliliğine katkıda bulunulacak sadece parklanma yapacak aracın değil trafikte olan diğer araçların CO2 emisyonunun ve yakıt tüketiminin pilot park kapasitesi üzerinden oransal olarak en az %74.5 daha düşük seviyelere çekilmesi ve işgücü zamanının aynı oran üzerinden % 10 artırılması hedeflenmektedir. Bununla beraber şehir altyapılarının daha akıllıca kullanılması ve basitleştirilmiş parklanma verilerinin toplanması ile günüçi atıl durumdan kurtulacak olan park yerlerinin işletme kârlılığının oransal olarak en az %20 artırılarak park ücretlerinin de %15 minimize edilebilmesi hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bildirim Panelleri, Şehir İçi Akıllı Parklanma Çözümü, Trafik Koordinasyonu, Ulaşım Sistemi Entegrasyonu

<sup>1</sup> Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Serdivan, SAKARYA

<sup>2</sup> Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Serdivan, SAKARYA

## Design and performance assessment of reservation based parking system management for Sakarya city

### ABSTRACT

Constantly growing population of modern cities makes it difficult to share the public areas efficiently, healthy and securely. Especially revising the infrastructures of urban regions according to future, there are a lot of strategies including optimum operating of public areas to overcome this problem. Undoubtedly, one of the most important components of optimization facilities is the traffic coordination. Studies on building the multi-lane roads, subways, undergrounds and pedestrian bridges, positioning the pedestrian and vehicle lanes for these roads, designing the traffic lights according to traffic jam are the most important backbones of the traffic management. Intelligent signalization applications integrated with this backbone, traffic routing and pinboards are some main components of the coordination for this traffic infrastructure. For this reason, the management of city car parking is crucial for this coordination works. In this study, it has been intended to design a system enables cars, in motion at traffic or parking area, to park in a easiest way as soon as possible via various inductive sensors, cameras, traffic routing and pinboards. Intelligent car parking solutions integrated with city traffic management systems have been formed by providing data coordination via cellular and fiber communication infrastructures in accordance to the proposed structure of the system. The parking time with an average of about 7.3 minutes during the day can be reduced by up to 5.3 minutes through considered parking system. Thus, time saving and labor force efficiency will be achieved about 74,5% which means CO2 emissions, are not only for cars in traffic but also for other vehicles, will be reduced at least about 15% in accordance with total pilot parking time. At the same time, more effective utilization of city infrastructure and data collection of simplified parking system will provide us to gain at least 20% operating profit and minimize proportionally parking fees about 15%.

**Keywords:** Variable Message Systems(VMS), Smart Parking, Traffic Coordination, Transportation Integration Systems

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüz şehirlerinin her geçen gün artan nüfus yoğunlukları şehrin çoklu kullanım alanlarının verimli, sağlıklı ve güvenli olarak paylaşılması çalışmalarını zorlaştırmaktadır. Bunun üstesinden gelmek için şehir altyapı planlamalarının geleceğe yönelik revize edilmesi başta olmak üzere şehrin ortak kullanım alanlarının optimize kullanılmasıyla ilgili birçok çözüm stratejisi geliştirilmiştir [1,2]. Bu çözüm stratejileri arasında hiç şüphesiz günümüz metropollerini için uluslararası düzeyde kabul gören sürdürülebilir şehir politikaları eylem planıdır. Sürdürülebilir şehir politikaları, yeşil çevre ve yeşil enerji kavramları günümüz şehir yönetimlerinin en önemli hedefi haline gelmiştir. Bu politikalar bir yandan artan yaşam standartlarını en yüksek düzeyde karşılamaya çalışırken diğer yandan yeşil çevre, gürültü azaltımı ve güvenli şehir altyapısı oluşturmayı da hedeflemektedir [3]. Refah seviyesinin artması bireysel taşıt kullanımını arttırmış ve halkın ortak kullanımında olan yerler

her geçen gün daha fazla kişi ve araç tarafından paylaşılmaya başlamıştır [4,5]. Bu durum karbondioksit salınımı, gürültü ve yoğun trafik oluşumu olarak sürdürülebilir şehir standartlarını olumsuz etkilemektedir. Şehrin trafik koordinasyonu ile ilgili yapılan çalışmalar yeşil çevre ve yeşil enerji uyumlu sürdürülebilir şehir politikaları hedefleri arasında yer alan küresel ısınma etkisinin ve şehrin gürültü seviyesinin azaltımı ve şehrin güvenliğinin artırılması çalışmalarında [6] etki değeri yüksek bir koordinasyon rolüne sahiptir. Şehir içi çok şeritli yolların, alt ve üst geçişlerin yapılması, bu yollara ait yaya ve araç şeritlerinin düzgün konumlandırılması, trafik akış yönlerinin şehrin hareket yoğunluğunu kaldırabilecek şekilde düzenlenmesi çalışmaları şehrin trafik yönetimi açısından en temel omurga yapılarıdır. Bu omurga ile entegre akıllı sinyalizasyon uygulamaları, trafik yönlendirme ve bilgilendirme panoları modern şehirlerde trafik altyapı koordinasyonunun belli başlı bileşenleridir [7,8]. Geniş toplu parklanma alanlarının yetersiz kalması ve şehrin altyapı planlamasının nüfus artış oranlarına yeterince

cevap veremeyişi, altyapı ve araç parklanma yerlerini en uygun kullanabilme arayışları doğurmuştur. Bu kapsamda günümüz şehirlerinde trafik altyapısı ile entegre sağlıklı bir şehiriçi araç parklanma yönetiminin sağlanması elzem hale gelmiştir [9,10].

Akıllı park rezervasyon sistemleri akıllı ulaşım sistemleri (AUS)' nin bir parçası olup Çin, Japonya, Avrupa ve Amerika'da bir çok şehirde uygulaması bulunan sistemlerdir [11]. Bu sistemlerin bazılarında araçıçi navigasyon sistemleri entegrasyonu ilave edilmiş olup, internet kullanıcılarının da sisteme bağlı otoparkların gerçek zamanlı parklanma bigilerini, lokasyon bilgilerini, tarife bilgilerini ve yer uygunluğu durumlarının takip ederek rezervasyon yapılabilmesi mümkün haldedir. Bundan başka bazılarında yolüstü ve kapalı park uygunluk durumları ile ilgili bildirimlerin yapıldığı bilinmektedir [12]. Müşteriler tüm bu bilgileri kullanarak karar verme süreçlerinde bulunarak; (i) kişisel tercihlerine uygun parklanma yeri seçimi, (ii) daha az zamanda park süresi, (iii) ödeme sırası beklememek için park rezervasyon ücretlerinin önceden ödenmesini sağlayan bir sistemden hizmet alabilmektedirler. Böylelikle trafik oluşumu ve kirliliğin azaltılmasına olumlu katkıda bulunabilmektedirler [13]. Önerilen Dış ve İç Yönlendirmeli Rezervasyon Tabanlı Otopark Yönetim Sistemi bünyesinde hücrel ve fiber haberleşme altyapıları veri koordinasyonu sağlanarak şehir trafik yönetim sistemleri ile entegre şehiriçi akıllı parklanma çözümleri oluşturulmuştur.

Bu çalışmada, çeşitli endüktif sensörler, kameralar ve trafik yönlendirme ve bilgilendirme panoları kullanılarak parklanma sahası içinde veya trafikte hareket halinde olup park yeri bulmaya çalışan araçların en kolay ve en kısa sürede park edebilmesini sağlayacak rezervasyon tabanlı bir sistem geliştirilmiştir.

Geliştirilen akıllı park yönetim sistemi pilot park kapasitesi dikkate alınarak başta sürücülerin günüçi yoğun saatlerde park yeri bulmada yaşadığı ortalama 7.3 dakikayı bulan parklanma süresinin 1.6 dakikaya kadar düşürülebilmesi bununla beraber kazanılan parklanma süresi kısaltımı ile hem trafik akışının sürekliliğine katkıda bulunulacak sadece parklanma yapacak aracın değil trafikte olan diğer araçların CO2 emisyonunun ve yakıt tüketiminin pilot park kapasitesi üzerinden oransal olarak en az %74.50 daha düşük seviyelere çekilmesi ve işgücü

zamanının aynı oran üzerinden % 10 arttırılması hedeflenmektedir. Bununla beraber şehir altyapılarının daha akıllıca kullanılması ve basitleştirilmiş parklanma verilerinin toplanması ile günüçi atıl durumdan kurtulacak olan park yerlerinin işletme kârlılığının oransal olarak en az %20 arttırılarak park ücretlerinin de %15 minimize edilebilmesi hedeflenmiştir.

## 2. GEREÇ VE YÖNTEM (MATERIALS AND METHODS)

### 2.1. Akıllı Park Yönetim Sistemleri (IntelligentPark Management Systems)

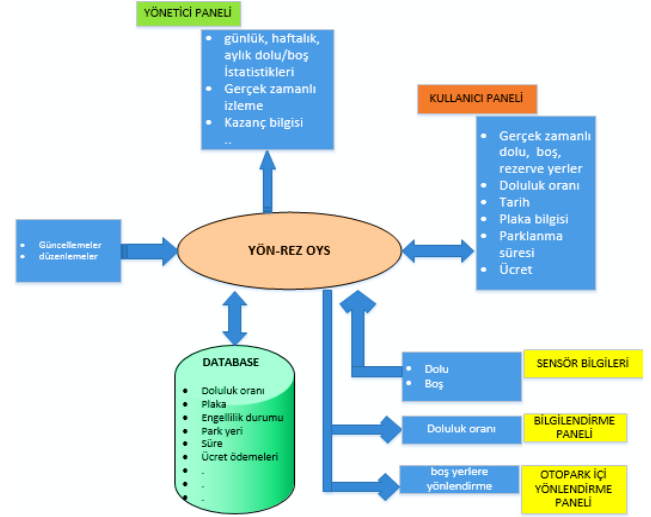
Kent yaşamında kullanılan birçok bilgi iletişimi altyapısı şehir hayatını kolaylaştırmakta ve sürdürülebilir şehir yönetimine katkıda bulunmaktadır. Bilgi paylaşımının düzenli ve koordineli yapıldığı akıllı şehirler olarak adlandırılan şehirlerde ekonomik verilerin paylaşımı, yönetsel bilgilerin paylaşımı, kentin çevre ile ilgili bilgilerin paylaşımı ve kent içi hareket bilgilerinin paylaşımı yapılmaktadır [14]. Bu bağlamda akıllı ulaşım sistemleri (AUS) haberleşme, gelişmiş veri iletişimi, bilgisayar ve diğer teknolojileri ulaşım alanında kullanarak insanları, araçları ve yolları da bu sisteme dahil eden entegre bir sistemdir. Yol yönetim sistemlerinin amacı ileri teknolojiler kullanarak trafik sıklığı azaltmak, yol kapasitesini arttırmak ve yol kullanıcılarına yol bilgisi ve uygun hizmetler sunmaktır [15]. Kent içi hareket bilgilerinin paylaşımı akıllı ulaşım sistemlerinin en önemli girdisi olup bu bilgi akıllı parklanma sistemlerinin temelini oluşturmaktadır. Özellikle refah seviyesine bağlı olarak artan bireysel araç kullanımı sürdürülebilir trafik ve park yönetimi için bu bilginin etkin kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. İlk akıllı park yönlendirme bilgi sistemi (PYBS) altyapısı 1971 yılında Almanya Aachen'da kurulmuş ve bu bilgi altyapısı sayesinde akıllı parklanma üzerinde çalışan araştırmacılara önemli çalışma verisi sağlamıştır. Bu verilere kullanan araştırmacılar çeşitli parklanma modelleri geliştirerek park yönetiminde verimlilik arayışı çalışmalarında bulunmuşlardır [16].

Thompson ve arkadaşları, araç sahibinin parklanma davranış modellerini [17,18] yaptıkları çalışmalarla oluşturmaya çalışmışlardır. Thomson'un geliştirdiği modelde deterministik olmayan araç park özellikleri ve sürücülerin park seçim metodolojileri parkın iç faktörlerine bağlı

etkilere göre puanlanmıştır. Bu eksik kalan bilgi yönetimini Peter Bansel ve arkadaşı (2004) çalışarak parklanma tercih modellerini simüle edip analiz etmişlerdir. Ancak bu çalışmada da parklanma verileri sürücülerini anlık değişim durumu bilinmeyen bir parklanma girdisi kullanmaktan kurtaramamıştır. Sonraki araştırmacılar Mei ve arkadaşları [19] yayınlarında opsiyonel ve tercihlili parklanma modelleri oluşturarak, park yönlendirme sisteminin güvenilirlik analizlerini yapmışlardır. Bu çalışma geliştirilen kullanıcı park tercihlerinin güvenilirliğinin sorgulandığı ve analiz edildiği ilk çalışmadır. Sürücülerin park yeri bulmada kaybettiği zamanı minimize etmek amacıyla Mingkai Chen ve arkadaşları [20] sürücülerin parklanma alışkanlıkları ve tercihleri üzerinde analizler yaparak en uygun park yeri bulmada bir optimizasyon tekniği geliştirmişlerdir. Park yerlerinde artan park ücretleri tarifeleri üzerinden bir optimizasyon çalışması da Khandker ve arkadaşları [21] tarafından yapılmıştır. Mariano Gallo ve arkadaşları [22] ise park tercihleri ve bunun trafik oluşumuna etkilerini inceleyen bir çalışmayı çok katmanlı ağ topolojisine göre simüle edip modellemişlerdir.

## 2.2. Geliştirilen Dış ve İç Yönlendirmeli Rezervasyon Tabanlı Otopark Yönetim Sistemi (Developed Reservation Based Parking Management System)

Dış ve İç Yönlendirmeli Rezervasyon Tabanlı Otopark Yönetim Sistemi adlı (YÖN-REZ OYS) önerilen modelde, otopark içerisindeki park yerlerinde bulunan endüktif sensörler yardımı ile doluluk, boşluk bilgisi alınarak veritabanına aktarılmaktadır. Bu bilgiler hem kullanıcı panelinden hem bilgilendirme panellerinden hem de yönetim panellerinden gerçek zamanlı olarak izlenebilmektedir. Kullanıcı arayüzü üzerinden park yeri seçerek rezervasyon yapan kullanıcılar, otoparka geldiklerinde kameralar üzerinden plaka okuma yapılarak park yerine en kısa sürede yönlendirileceği gibi, otoparka rezervasyonsuz gelen diğer kullanıcılarda otopark içi yönlendirme panelleri ile boş park yerlerine yönlendirilmektedir. Yönetici paneli ile otopark ile ilgili günlük, haftalık, aylık doluluk istatistikleri, kar durumu izlenebilmektedir. Şekil 1. de önerilen araç parklanma yönetim sistemi modeli bulunmaktadır.



Şekil 1. Önerilen Araç Parklanma Yönetim Sistemi Modeli (Proposed Parking Management System Model)

## 2.3. Geliştirilen Sistemin Başarımının Değerlendirilmesi (Assessment of Developed System Success)

Rezervasyon tabanlı parklanma sisteminin şehir park yönetimi üzerindeki katkılarının değerlendirilmesine ilişkin senaryo oluşturulurken Sakarya Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı'ndan alınan gerçek veriler baz alınarak araç sayılarının trafiği etkileme süreleri, parklanma yapacak ve trafikte seyir halindeki araçların ortalama yakıt tüketimleri ve gecikmeler uluslararası ortalamalar göz önüne alınarak tahmini olarak değerlendirildi. Senaryo sonucunda geliştirilen YÖN-REZ OYS modelinin şehir park yönetimine entegrasyonu ile sürücülerin en uygun şekilde parklanma alanlarına yönlendirilerek park yapma süresi, yakıt tüketimi ve CO2 salınımına ilişkin değerler üzerinden sistem başarımı sorgulanmıştır.

Sistem değerlendirmesinde oluşturulan senaryo, bir sürücünün şehir merkezinde gitmek istediği lokasyona (hedef noktası) uygun olarak aracına park yeri aramasına dayanmaktadır. Thompson R.G.[17] Giuffrè T. ve arkadaşlarının [23] yaptığı çalışmalar ile FU Jiabin ve arkadaşlarının [10] yaptığı çalışmalar referans alınarak yeni oluşturulan senaryo için kabuller ve parametreler belirlenmiştir.

Sisteme Kent Meydanı Yeraltı Otoparkı (A), Garaj 54 Otoparkı (B), Kent Otopark (C) ve Katlı Otopark (D) olmak üzere 4 adet otoparkın entegre olduğu varsayılmaktadır. Otoparkların tamamen boşken saat başı ücretleri sırasıyla 5 TL, 6 TL, 5 TL ve 5 TL olarak belirlenmiştir. Ancak park ücretlerinin sabit kalmadığı, otoparkın doluluk

oranları arttıkça düştüğü kabul edilerek doluluk oranına göre uygulanan indirimler Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1. Doluluk Oranlarına Göre Uygulanan İndirimler

% Doluluk Oranı (DO)	Ücret
DO≤ 30	Sabit değer
30<DO≤50	%2 indirimli
50<DO≤70	%20 indirimli
70<DO≤90	%50 indirimli
DO> 90	%60 indirimli

Her otoparkın katılımcılara sunduğu rezervasyon kontenjanının sistemdeki katılımcı sayısı ve otoparklardaki boş park yerleri ile orantılı olduğu kabul edilerek Tablo 2. deki ilişki oluşturulmuştur. Boş park yeri Sf ile gösterilmiştir.

Tablo 2. Katılımcı sayısına göre rezervasyon kontenjanları

Katılımcı Sayısı (KS)	Rezervasyon kontenjanı
KS≤50	Sf * %1
50<KS≤500	Sf * %5
500<KS≤2000	Sf * %10
2000<KS≤5000	Sf * %50
KS> 5000	Sf * %60

Parklanmada hedef noktaya maksimum uzaklık ideal olarak 500 metre kabul edilmektedir[24]. Sürücü sistemin sunduğu kullanıcı web arayüzü üzerinden hedef noktasını girdiğinde, hedef noktası etrafında yarıçap 500 m olacak şekilde bir çember ile alan taranır ve sisteme kayıtlı olan otoparklardan otoparktan hedef noktasına yürüme mesafesi, mevcut lokasyonun otoparklara uzaklığı, park ücretleri ve otoparkların rezervasyon kontenjanları kapsamında sürücüye en uygun otopark seçimi yaptırılacaktır. Bu şekilde sürücünün trafikte sıkışıklık yaratmasının önüne geçilerek sürücü direk otoparka yönlendirilecek ve otopark içerisinde bulunan plaka tanıma sistemi ve yönlendirme panelleri ile maksimum 1 dk da park yerini bulacağı kabul edilmiştir. Sürücünün aracını park etme süresi parklanma yerine göre farklılık göstermeyerek ortalama 30 sn olarak alınmıştır. Geleneksel parklanma, Park yeri arayan araçların %20'si yol üstü parklanma imkanı bularak, parklanma esnasında yapılan

manevralardan dolayı ortalama trafik yoğunluğuna bağlı olarak saatte her 500 araç için 5 sn süreyle trafikte sıkışıklığa sebep olarak trafik akışını yavaşlattığı ve yol üstü parklanma imkanı bulamayan araçların otoparka gittiği, otoparkın doluluk oranına göre değişecek şekilde park yeri bulma süresinin maksimum 5 dk, aracı park etme süresinin maksimum 30 sn olduğu kabul edilmiştir. Park ücreti ödeme süresi ise ortalama 1 dk olarak alınmıştır. Şehir içinde seyir halinde araçların ortalama hızı: 40 km/sa; yakıt tüketimi: 100km de 5 lt ve CO2 salınımı 132 g /km olarak alınmıştır. Sisteme entegre olan kullanıcılar için en uygun otopark seçimine ait hesaplamalar eşitlik (1) de ve parametreler aşağıda verilmiştir.

### Otopark Puanı ;

$$OP=(a.YM(m;x)+b.PÜ(tl;x)+c.T(m;x)+d.RK(adet;x)) \quad (1)$$

YM(m); hedef noktasına yürüme mesafesi otoparktan,  $0 \leq YM(m;x) \leq 1$

PÜ(tl); park ücreti,  $0 \leq PÜ(m;x) \leq 1$

T(m) ; mevcut sürücü lokasyonundan otoparka olan mesafe,  $0 \leq T(m;x) \leq 1$

RK(m); otoparkın sunduğu rezervasyon kontenjanı,  $0 \leq RK(adet;x) \leq 1$

a,b,c ve d katsayıları otopark seçiminde kullanılan hedef noktanın otoparka mesafesi, park ücreti, mevcut sürücü lokasyonunun otoparklara mesafesi ve otoparkların rezervasyon kontenjanları parametrelerinin ağırlıklarını belirtmektedir. Sırasıyla 0.4 – 0.3 – 0.2 – 0.1 olarak kabul edilmiştir [1]. Bu durumda OP değeri 0-1 aralığında çıkacaktır.

Değerlendirmede kullanılan diğer parametreler;

Sa; otopark kapasitesi,

DO; doluluk oranı,

Rezer. Kon; rezervasyon verilen kontenjan

Kamp. Kon; kampanyalı park yeri kontenjanı, rezervasyon kontenjanının %10 u kampanyaya sunulan park yeri sayısı olarak kabul edilmiştir.

Tablo 3. Hedef Lokasyon Baz Alınarak Sisteme Entegre Olan Otoparkların Öznitelikleri

Katılımcı durumları	Sisteme Entegre Olan Otoparklar	YM (m)	Sa (adet)	DO	Rezerv. Kon.	Kamp. Kon.	PÜ (tl)	T (m)
Durum 1: katılımcı sayısı 50	A otopark	600	370	0,5	2	1	4,900	5000
	B otopark	250	150	0,45	1	1	5,880	4500
	C otopark	100	200	0,2	1	1	5,000	4800
	D otopark	350	300	0,5	2	1	4,900	5700
Durum 2: katılımcı sayısı 500	A otopark	600	370	0,6	12	2	4,000	5000
	B otopark	250	150	0,55	5	1	4,800	4500
	C otopark	100	200	0,3	3	1	5,000	4800
	D otopark	350	300	0,6	9	1	4,000	5700
Durum 3: katılımcı sayısı 1000	A otopark	600	370	0,8	30	3	2,500	5000
	B otopark	250	150	0,75	12	2	3,000	4500
	C otopark	100	200	0,5	10	1	4,900	4800
	D otopark	350	300	0,8	24	3	2,500	5700

Tablo 3. de görüldüğü gibi uygulanan modele göre sisteme entegre olan katılımcı sayısı arttıkça ve otoparkların doluluk oranları arttıkça rezervasyon kontenjanları ve kampanyalı park yerleri sayısı artırılmış parklanma ücretleri düşürülmüştür. Böylelikle, sistem kullanıldıkça fiyatı düşecek, fiyatı düştükçe de tercih edilmesi artacaktır. Tablo 4. de katılımcının otopark tercih değerleri oluşturulmuştur.

Her iki parklanma sisteminde parklanan araçlar için Toplam Yakıt Tüketimi, Toplam CO2 Salınımı

ve Parklanma Süresi hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik (2), (3) ve (4) parametreleri kullanılmıştır [23].

Toplam Yakıt Tüketimi;

$$TYT = \text{Birim yakıt miktarı} \times (A (St, t) + B(Sg, t, Q) + C(Sr, t, Pr(p)) + D(Sr, t) + E(Sr, t)) \quad (2)$$

Toplam CO2 salınımı;

$$TCO_2 = \text{Birim miktarda salınım} \times (A (St, t) + B(Sg, t, Q) + C(Sr, t, Pr(p)) + D(Sr, t) + E(Sr, t)) \quad (3)$$

Tablo 4. Katılımcı Otopark Tercih Puantaj Tablosu

Ağırlıklar	Otoparklar	0.4	0.3	0.2	0.1	En uygun Otopark
		YM (puanı)	PÜ (puan)	T (puan)	R.K. (puan)	
Durum 1: katılımcı sayısı 50	A	seçim havuzunda değil	0.833	0.877	0.000	-
	B	0.5	1.000	0.789	0.500	0.708
	C	0.2	0.850	0.842	0.500	0.554
	D	0.7	0.833	1.000	0.000	0.730
Durum 2: katılımcı sayısı 500	A	seçim havuzunda değil	0.800	0.877	0.000	-
	B	0.5	0.960	0.789	0.583	0.704
	C	0.2	1.000	0.842	0.750	0.623
	D	0.7	0.800	1.000	0.250	0.795
Durum 3: katılımcı sayısı 1000	A	seçim havuzunda değil	0.510	0.877	0.000	-
	B	0.5	0.612	0.789	0.600	0.601568
	C	0.2	1.000	0.842	0.667	0.615088
	D	0.7	0.510	1.000	0.800	0.653

Araç parklanma süresi;

$$PS = (A (St, t) + B(Sg, t, Q) + C(Sr, t, Pr(p)) + D(Sr, t) + E(Sr, t)) \quad (4)$$

A(Sr, t); Park yeri aramak için trafik yoğunluğunu artırma süresi,

B(Sg, t, Q); Yol üstünde parklanma manevrasından dolayı trafiği aksatma süresi

C(Sr, t, Pr(p)); Otopark içinde yer arama süresi

D(Sr, t); Park etme süresi

E(Sr, t); Ücret ödeme süresi

Hedeflerin etkinliği aşağıdaki parametreler üzerinden değerler hesaplanmıştır.

Q (taşıt/sa); trafik akışı

Trafik akışı; Sakarya Bükükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı 'ndan alınan C Otoparka bağlanan 1. Hat dan 2014 Ağustos ayına ait bir günde 07:30-08:30 saatleri arasında Atatürk Bulvarı' ndan gelen araç sayısı 923, Adnan Menderes den gelen araç sayısı 1288, Palmiye den gelen araç sayısı 656 ve Patates Hali güzergahından gelen araç sayısı 514 olmak üzere toplam 3301 adet araç sayımı gerçekteştirilmiştir. Bu veriler üç hat üzerindeki trafik yoğunluğu ve park yeri arayan araç sayısı değerlerinin ortalaması olarak kabul edildi.

L(m); Parklanma için trafiğin sıkıştırıldığı, yönlendirme panosunun bulunduğu mesafe  
Sp<sub>av</sub> (km/sa); Araçların ortalama hızları  
TSS<sub>1</sub>(sn/sa); parklanma yapacak araçların Q trafik akışında toplam seyahat süresi  
D<sub>1</sub>(sn/s a); bir saat içinde bütün araçların toplam otopark içinde park yeri arama süresi  
D<sub>2</sub>(sn/s a); bir saat içinde bütün araçların toplam park etme süresi  
TSS<sub>2</sub>(sn/s a); D<sub>1</sub>ve D<sub>2</sub> ye bağlı olarak toplam otopark içinde geçen süre  
ÜÖS (sn/sa);Ücret ödeme için geçen süre

Tablo 5. C Otoparkına Yönlenen Aracın Geleneksel Parklanma ve Rezervasyon Tabanlı Parklanma Karřılařtırılmalđ Ölçüm ve Değerlendirme Verileri

Parklanma Profili	Q (araç/sa)	L (m)	SPav (km/sa)	TSS 1 (s)	D1 (s)	D2 (s)	TSS2 (s)	ÜÖS (s)	YM (m3)	CO 2 (g/km)	PS (dk)
Sisteme Entegre olan Kullanıcı	3301	400	40	36	30	30	60	0	0.05363898	141.60691	1.6
Geleneksel Kullanıcı	3301	400	30	48	300	30	330	60	0.21030564	555.20691	7.3

Tablo 5 de geleneksel parklanma ve önerilen YÖN-REZ OYS'i arasında önemli farklılıklar oluşmuştur. Buna göre;

- Veriler incelendiğinde C otoparkına parklanma için rezervasyon yapacak araçların Q trafik akışında toplam seyahat süresi geleneksel park yönetimine göre %25 azaldığı görülmüştür.
- Bununla birlikte D1 sürelerine bakıldığında rezervasyon ve otopark içi yönlendirme panolarının katkısıyla araç sahiplerinin yer bulma kaygısı taşımadan geleneksel parklanmaya göre çok kısa sürede boş park yerine ulaştığı görülmektedir. Buna dayanarak TSS<sub>2</sub> değerleri de düşmektedir.
- Rezervasyon sistemi kullanılarak yapılan parklanma süreci boyunca yakıt tüketimi değerleri ve buna bağlı CO<sub>2</sub> değerlerinin YÖN-REZ OYS modelinde %74.50 azaldığı görülmüştür.

Hatların trafik yoğunluğu ve otoparktaki yoğunlukla ilişkili olarak her iki durumda elde edilen parklanma için toplam harcanan sürelerin YÖN-REZ OYS modeli ile yaklaşık 7.3 dakikalık parklanma süresinin 1.6 dakika seviyelerine çekildiği görülmektedir. Yüzdeye vurduğumuzda parklanma süresinde %78.08 luk bir azalma söz konusudur.

### 3. SONUÇLAR(CONCLUSIONS)

Bu çalışmada akıllı teknolojilerle güçlendirilmiş bir parklanma rezervasyon sisteminin şehir altyapı yatırımlarının daha yüksek doğrulukta projeksiyonlarla oluşturulmasına ve araç sahiplerinin şehrin park altyapısını daha düzenli bir şekilde kullanmasına ve hizmet almasına sağlayacağı katkı değerlendirilmiştir. Önerilen model bünyesinde hücrenel ve fiber haberleşme altyapıları üzerinden veri koordinasyonu sağlanarak şehir trafik yönetim sistemleri ile entegre şehiriçi akıllı parklanma çözümleri oluşturulmuştur. Entegreli sistem tahmini veriler üzerinden geleneksel parklanma ile

karşılaştırıldığında parklanma süresindeki %78.08'lik azalma, yakıt tüketiminin azalmasına bağlı olarak CO2 emisyonunda %74.50'lik bir azalma ile geliştirilen sistem başta sürücülerin günüçi yoğun saatlerde park yeri bulmada yaşadığı uzun sürelerin azaltılması bununla beraber kazanılan parklanma süresi kısaltımı ile hem trafik akışının sürekliliğine katkıda bulunulması hem de sadece parklanma yapacak aracın değil trafikte olan diğer araçların CO2 emisyonunda düşük seviyelere çekilmesi ve trafikte kaybolan işgücü zamanının aynı şekilde azaltılması hedeflerinin sağlanabileceği görülmektedir.

Önerilen parklanma rezervasyon sisteminin kazan-kazan fırsatlarıyla park sağlayıcı, araç sahibi başta olmak üzere vergi otoritelerinin de bu kazanç zincirine dahil edilecek bir parklanma sistemi olacağı düşünülmüştür. Bununla beraber şehir altyapılarının daha akıllıca kullanılması ve basitleştirilmiş parklanma verilerinin toplanması ile günüçi atıl durumdan kurtulacak olan park yerlerinin işletme kârlılığının artırılarak park ücretlerinin de minimize edilebilmesi de mümkün hale gelebilecektir.

## TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENTS)

Bu çalışmada geliştirdiğimiz sistemi yapımı devam eden Sakarya Büyükşehir Belediyesi İstasyon Katlı Otopark'ına pilot uygulama konusunda destekleri ve Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığına SANTEZ projesi olarak sunmada desteklerini esirgemeyen Sakarya Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanı Fatih PİSTİL Bey'e, Trafik Şube Müdürü Orhan NERGİZ Bey'e ve Teknoloji Fakültemiz Dekanı ve Sakarya Büyükşehir Belediyesi Danışmanı Prof.Dr. Mehmet Sarıbyık Bey'e teşekkürlerimizi borç biliriz.

## KAYNAKLAR(REFERENCES)

- [1] Chen, Z., Xia, J.C., Irawan, B., Caulfied, C., 2014, "Development of Location-Based Services For Recommending Departure Stations to Park and Ride Users", Elsevier, Transportation Research Part C 48, 256–268.
- [2] Chou, S. Y., Lin, S. W., Li, C. C., 2008, "Dynamic parking negotiation and guidance using an agent-based platform", Elsevier, Expert Systems with Applications 35, 805–817.
- [3] Dobre, C., Xhafa, F., 2014, "Intelligent services for Big Data science", Elsevier, Future Generation Computer Systems 37,267–281.
- [4] Du, L., Han, L., Li, X. Y., 2014, "Distributed coordinated in-vehicle online routing using mixed-strategy congestion game", Elsevier, Transportation Research Part B 67, 1–17.
- [5] Haque, M. M., Chin, H. C., Debnath, A. K., 2013, "Sustainable, safe, smart three key elements of Singapore's evolving transport policies", Elsevier, Transport Policy 27, 20–31.
- [6] Harrison C., 2010, "Foundations for Smarter Cities", IBM J. Res. & Dev. Vol. 54 No. 4 Paper 1 July/August.
- [7] Qingquan L., 2011, "Dynamic accessibility mapping using floating car data: a network-constrained density estimation approach", Elsevier, Journal of Transport Geography 19, 379–393.
- [8] Mahmud, S. A., Khan, G. M., Rahman, M., Zafar, H., 2013, "A Survey of Intelligent Car Parking System", Journal of Applied Research and Technology, Faheem et al. / 714-726.
- [9] Yamagata, Y., Seya, H., 2013, "Simulating a future smart city: An integrated land use-energy model", Elsevier, Applied Energy 112 (2013) 1466–1474.
- [10] Zhong, S., Zhou, L., Ma, S., Jia, N., Wang, X., 2014, "Guidance compliance behaviors of drivers under different information release modes on VMS", Elsevier, Information Sciences 289, 117–132.
- [11] Teng, H., Qi, Y., Martinelli D. R.,2008, Parking Difficulty And Parking Information System Technologies And Costs, Journal of Advanced Transportation, Vol:42/2, pp.151-178.
- [12] Shibui, M., Naganawa, T., Ogiwara, M., Yoshikai, N.,2001 , Intelligent parking reservation service on the Internet, Workshops, San Diego, CA, USA, pp.159-164.
- [13] Caicedo, F., Blazquez, C., Miranda, P.A., 2012, Prediction of parking space



- availability in real time, Expert Systems with Applications Vol.39(8), pp.7281–7290.
- [14] Litman, T., 2007, Parking Management Strategies, Evaluation and Planning. Victoria Transport Policy Institute.
- [15] An S., Lee B., Shin D.,2011, A Survey of Intelligent Transportation Systems, Third International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks.
- [16] Chen, Z., Sun, R.; Yang, B., 2014, Reservation Based Optimal Parking Lot Recommendation Model in Internet of Vehicle Environment;; CHINA COMMUNICATIONS; Volume: 11 Issue: 10 Pages: 38-48; October.
- [17] Thompson R G, Richardson A J., 1998, "A parking search model [J].", Transportation Research Part A: Policy and Practice, 32(3): 159–170.
- [18] Thompson R.G, Takada K., Kobayakawa S.,2001, "Optimization of parking guidance and information systems display configurations [J].", Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 9(1): 69–85.
- [19] Bonsall P, Palmer I.,2014, "Modelling drivers' car parking behavior using data from a travel choice simulator [J]", Transportation Research Part C: Emerging Technologies,12(5):321–347.
- [20] Chen M, Hu C, Chang T.,2011, "The research on optimal parking space choice model in parking lots [M]", Computer Research and Development (ICCRD), 2011 3rd International Conference on. IEEE, 93–97.
- [21] Khandker N H, Mahmoud M S, Coleman J.,2013, "The Effect of Parking Charges at Transit Stations on 'Park and Ride' Mode Choice: Lessons Learned from a Stated Preference Survey in Greater Vancouver [M]", Transportation Research Board 92nd Annual Meeting.
- [22] Gallo M, D'acierno L, Montella B.,2011, "A multilayer model to simulate cruising for parking in urban areas [J]", Transport policy , 18(5): 735–744.
- [23] Giuffrè T., Siniscalchi S. M., Giovanni T., 2012, "A novel architecture of Parking management for Smart Cities", Procedia - Social and Behavioral Sciences 53, 16 – 28.
- [24] Jun C, Zhi-Yong Z, Wei W.,2006, Choice model of parking behaviors in urban [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2006, 2: 27-30.