

Dijital sistemler ve nesnelerin interneti tabanlı yeni bir akıllı otopark sistemi: bir kavramsal tasarım

A new intelligent parking system based on digital systems and the internet of things (IoT): A conceptual design

Başak BIYIK^{1,a}, Metin Mutlu AYDIN^{2,b}

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 55270, Samsun

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 55270, Samsun

• Geliş tarihi / Received: 18.02.2023

• Kabul tarihi / Accepted: 02.09.2023

Öz

Araç sayısındaki artış kent merkezlerinde otopark ihtiyacını daha da ön plana çıkarmaktadır. Sorunun çözümüne yönelik çok sayıda çalışma yürütülmekte ve birçok yeni otopark inşa edilmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte akıllı sistemlerde mevcut otoparkların kapasitesinin artırılmasında etkin şekilde kullanılmaktadır. Gerek yeni otoparkların hizmete alınması gerekse mevcut otoparkların teknolojik imkanlarla donatılması ne yazık ki sorunu tamamen çözememektedir. Bu durum toplu taşımanın bireysel araçlar yerine etkin şekilde kullanılması gerçeğini ön plana çıkarmaktadır. Diğer yandan, kısmi bir çözüm olarak insanların otopark kullanım sürelerini azaltmalarını sağlamak düşüncesi de yadsınmaz bir gerçek olarak görülmektedir. Bu amaçla çalışmada bu düşüncüyü hayata geçirebilecek yeni bir akıllı otopark sistemi ve bu sistem ile entegre çalışan "Tek Araç Parkını Paylaşalım-TAPP" isimli yeni bir mobil uygulama kavramsal olarak geliştirilmiştir. Bu yeni akıllı otopark işletim ve yönetim sisteminde kullanım süresi kullanıcı tarafından belirtilmek zorundadır. Kullanım süresini belirten kullanıcılar süreye riayet ettiklerinde ücret olarak ödüllendirilirken, süreye uymadıklarında fazla ücret ödeme ve otopark kullanım kısıtlaması ile karşı karşıya bırakılmaktadır. Sistem ile otopark kapasitesi anlık olarak planlanarak etkin bir işletim performansı sağlanabilecektir. Önerilen sistem üzerinde etkili faktörler SWOT (Güçlü yönler-Zayıf yönler-Fırsatlar-Tehditler) analizi ile belirlenerek her bir faktörün AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci) metodu kullanılarak ağırlıklandırılması ikili karşılaştırmalar ile elde edilmiştir. Uygulanan A'WOT analizi ile araç sayısının artmasıyla birlikte park yeri ihtiyacının artmasının önerilen sistem için önemli bir fırsat olduğu belirlenmiştir. Genel faktör ağırlıklarına göre tüm faktörler birlikte değerlendirildiğinde, artan araç sayısına bağlı oluşan otopark ihtiyacının en önemli faktör olarak öne çıkması bu tür yenilikçi sistemlere ihtiyaç olduğunu net şekilde göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Akıllı otopark sistemi, Mobil uygulama, Nesnelerin interneti, Park işletim sistemleri, Trafik sıkışıklığı.

Abstract

The increase in the number of vehicles brings parking needs in city centers. Many studies are being carried out to solve the problem and new parking lots are constructed. With the developing technology, smart systems are effectively used to increase the capacity of existing car parks. Unfortunately, both putting new car parks into service and equipping existing car parks with technological facilities cannot solve the problem. This highlights that public transportation is used effectively instead of vehicles. On the other hand, the idea of enabling people to reduce parking time is a partial solution. Thus, new smart parking mobile application called "Let's Share a Single Vehicle Park-TAPP was developed conceptually. In the system, utilization period must be specified by the user. Users who specify the duration of utilization are rewarded as a fee when they comply. If they do not, they are faced with overpayment and parking utilization restriction. The parking capacity will be planned instantly and an effective operating performance will be achieved. The factors affecting the proposed system were determined by SWOT analysis and the weighting of each factor using the AHP method was obtained by pairwise comparisons. With the A'WOT analysis, it has been determined that the increase in the need for parking spaces with the increase in the number of vehicles. The need for parking, which is the most important factor due to the increasing number of vehicles, shows the need for such innovative systems when all general factor weights of factors are evaluated together.

Keywords: Smart parking system, Mobil application, Internet of things, Park operation systems, Traffic congestion.

*^b Metin Mutlu Aydın; metinmutluaydin@gmail.com

1. Giriş

1.1. Introduction

Günümüzde birçok ülkede otopark yer tasarımı, kapasite tasarımı ve işletimi ne yazık ki etkin şekilde yapılmayabilmektedir. Özellikle, mevcut otopark yönetimi ile ilgili araştırmaların birçoğu, çok yakın bir zamana kadar çıkış ve varış noktaları arasında gerçekleşen yolculukları incelemektedir (Wilson & Shoup, 1990; Hess, 2001; Golias vd., 2002; Chaniotakis & Pel, 2015). Bu çalışmalarda araçların park etme hareketi ne yazık ki bir yolculuk bileşeni olarak görülemeyebilmektedir. Ancak, planlamacıların ve karar vericilerin park yeri planlamasına önem vermeleri sonucunda, 1990'ların ortalarına kadar araç sayısının artmasıyla park yeri arzının da orantılı olarak artması gerektiği görüşü ön plana çıkmaya başlamıştır (Levy & Benenson, 2015). Böylece, zaman içerisinde otopark yönetiminin verimli bir hale getirilmesi karayolu trafik sıklığının yönetimi kadar önem kazanmıştır (Shao vd., 2016).

Araçlar için otopark kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayan politika olarak tanımlanan otopark yönetimi; tüketici seçimi, kullanıcı bilgisi, paylaşma, nitelik ve nicelik, verimli kullanım, esneklik, önceliklendirme, fiyatlandırma, pik-saat yönetimi ve kapsamlı analiz olmak üzere on temel stratejiye ayrılmıştır (Litman, 2016). Otopark yönetimi çerçevesinde yanlış ve standart dışı kararlar alınması kentsel trafik sistemi üzerinde istenmeyen etkilere, trafik sirkülasyonunda bozulmalara ve bunun sonucunda trafik problemlerine neden olabilmektedir (Hosseinlou vd., 2012). Çeşitli araştırmalar, karayolu ulaşımındaki yoğunluğun; gecikme, uzun yolculuk süreleri, bekleme gibi trafik problemlerine neden olduğunu ortaya koymaktadır. Örneğin Shoup (2006) çalışmasında, şehirlerdeki mevcut trafik hacminin %8 ile %74 arasında değişen oranlarda park yeri arayan araçlar tarafından oluşturulduğunu belirlemiştir. Bu kapsamda, bu sorunların giderilmesi amacıyla mevcut park alanlarının optimum bir şekilde yönetilmesi için dünya çapında çeşitli akıllı otopark sistemlerinden yararlanılmakta ve otopark yönetimini iyileştirmek için çeşitli öneriler öne sürülmektedir (Gallo vd., 2011). Akıllı otopark sistemleri hem teknoloji tabanlı olması hem de maliyet ve performans etkin olması nedeniyle bu konuda oldukça ön plana çıkmaktadır (Vera-Gomez vd., 2016). Bu nedenle, teknoloji tabanlı akıllı otopark sistemlerinin kullanımı gün geçtikçe daha da yaygınlaşmaktadır (Gallo vd., 2011).

Son yıllarda yaşanan teknolojik gelişmeler ve artan otopark ihtiyacı ile birlikte ulaştırma plancıları ve karar vericiler efektif otopark tasarımı için çalışmalar yürütmeye başlamışlardır. Her ne kadar dijital ve akıllı sistemler otopark işletmesinde etkin olarak kullanılmaya başlansa da özellikle arz-talep dengesinin yönetilmesi için çalışmaların yürütülmesi gerekliliği ne yazık ki yadsınamaz bir gerçek olmaktadır. Mevcut durumda özellikle şehir merkezine araç girişinin yüksek olduğu ya da toplu taşıma ağının zayıf olduğu kent merkezlerinde görülen yoğun park ihtiyacı, trafikte çok büyük bir karmaşaya neden olabilmektedir. Bu nedenle birçok şehir bilinçsiz şekilde otopark kapasitesini arttırma yoluna gidebilmekte ve bu otoparklarda işlevsiz kullanım nedeniyle çok kısa sürede doluluk görülebilmektedir. Mevcut araştırma sonuçlarının gösterdiği şekilde tüm otopark problemlerinin çözümünün en doğru yolu, toplu taşıma kullanımının yaygınlaştırılması ve özendirilmesi olsa da ne yazık ki toplu taşımanın etkin kullanımı birçok şehirde başarısız olmaktadır. Bu durumda yetkililer, her ne kadar yeni otoparklar inşa edip bunları mikrobilite çözümleri (park et-devam et) ile iyileştirmeye çalışsa da bu yeni uygulamalarda dahi bazı sorunlar gözlemlenebilmektedir. Özellikle, kullanıcıların hangi otoparkların boş olduğunu bilmesi ve boş otoparklara yönelmek istemesi önemli bir ihtiyaç olarak ön plana çıkmıştır. Birçok şehirde bu soruna yönelik otopark boş yer sayısını gösteren mobil uygulamalar geliştirilmiş olsa da bunlar henüz tam anlamıyla yaygınlaşmamıştır. Diğer yandan kullanıcılar boş otoparkların yerini önceden görüp ödemelerini mobil uygulamalar ile yapsa dahi bu durum onların otoparkları kullanım süresini kısaltıcı bir katkı sağlayamayabilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada sürücülerin bir şehirdeki herhangi bir otoparkta boş yer olup olmadığını önceden görebileceği ve belirli bir süre öncesinde (kısıtlı bir süre) o yeri kendine rezerve edebileceği böylece otoparkta hiç beklemeden kendisine ayrılan yere gidebileceği bir otopark sisteminin çalışma yapısı tüm detayları ile birlikte tasarlanmış ve önerilmiştir. Bu sistemde diğer mevcut uygulamalardan farklı olarak otopark kullanıcıları otoparkta kalacağı süreyi önceden belirtecek ve bu süreye riayet etmek zorunda olacaktır. Riayet ederse daha az ücret ödeyecek, riayet etmezse daha fazla bir ücret ödeyecek ve o otoparkı tekrar kullanması sınırlandırılacaktır. Bu caydırıcılık sayesinde sürücülerin daha kısa süre otopark kullanması ve belirteceği süreye göre otoparkın daha etkin bir performans ile çalışması hedeflenmektedir. Çalışma kapsamında önerilen akıllı otopark sistemi ile otopark kullanıcılarının kullanım süresini kısaltan ve işletim performansını daha da arttıran yeni bir uygulama altyapısı geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde literatürde park sorununa çözüm arayan çalışmalardan bazıları incelenmiş ve çalışmanın mevcut çalışmalardan farkı ortaya koyulmuştur. Üçüncü bölümde kullanılması planlanan ara yüzün tasarımı ve pencereler hakkında bilgiler sunulmuştur. Dördüncü bölümde tasarlanan akıllı otopark sistemi ile ilgili tüm özellikler detaylandırılmış ve görsel tasarımlar ile desteklenmiştir. Beşinci bölümde tasarlanan sistemde meydana gelebilecek muhtemel sorunlar senaryolar halinde incelenmiş ve çözüm önerileri sunulmuştur. Altıncı bölümde önerilen otopark tasarımı için A'WOT analizi yapılarak sistemin öncelikleri belirlenmiştir. Son olarak yedinci bölümde önerilen otopark tasarımının ve analiz sonuçlarının değerlendirildiği sonuç ve önerilere yer verilmiştir.

2. Literatür taraması

2. Literature review

Son yıllarda Dünya genelinde birçok şehirde yaygın şekilde görülen trafik artışı ile birlikte park yeri bulmak sürücüler için oldukça güç bir hale gelmiştir. Özellikle, nüfus yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde oluşan trafik yoğunluğu, park yeri arama esnasında düşük hızda seyreden araçların trafiğin akışını etkilemesi nedeniyle daha da artmaktadır. Sürücülerin uygun park alanı arayışı, zaman ve enerji kaybına neden olmanın yanı sıra hem sürücülerde stres, agresif davranışlar vb. problemlere hem de gereksiz yakıt tüketimi nedeniyle ekonomik kayba ve çevresel kirliliğin artmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, literatürde sürücülerin park esnasında harcadıkları zaman ve yakıt kaybı ile çevresel olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır (Runge & Cole, 2002; Loukaitou-Sideris vd., 2007; Inci, 2015; Klappenecker vd., 2015). Teknolojik gelişmeler ile birlikte bu amaç doğrultusunda son yıllarda teknoloji tabanlı akıllı otopark sistemleri oldukça tercih edilen bir yaklaşım olmaktadır. Geliştirilen bu akıllı otopark sistemleri; kızılötesi, ultrasonik, manyetometre ve radar gibi çeşitli sensörler, makine öğrenimi, yapay zekâ, görüntü işleme gibi teknolojilerden yararlanarak sürücülerin park sürecini daha verimli bir hale getirmektedir. (Saharan vd., 2023). Literatürde, araçların park sürecinin dijital sistemler ile daha da iyileştirilmesi amacıyla yapılmış çalışmalardan bazıları Tablo 1'de verilen şekilde özetlenebilmektedir.

Tablo 1. Literatürde akıllı otopark sistemlerini konu alan bazı çalışmalar

Table 1. Some studies on smart parking systems in the literature

Referans	Kullanılan yöntem	Çalışma içeriği
(Hilmani vd., 2012)	Kablosuz sensör ağları, nesnelerin interneti, RFID	Doğrusal ve toplu açık otopark alanı olmak üzere iki tip açık otopark için park yeri bulmaya izin veren hibrit bir algoritma önerisi
(Shaikh vd., 2016)	Kablosuz sensör ağları, gömülü sistem, nesnelerin interneti	Boş otopark alanlarını etkili bir şekilde tespit edilmesine izin veren rezervasyon tabanlı akıllı park sisteminin tasarımı ve uygulanması
(Kanteti vd., 2017)	Optik karakter tanıma, döner park, arduino, CMOS sensörler, MySQL	Nesnelerin interneti ve sensör teknolojileri ile donatılmış akıllı park sistemlerinin tartışılması
(Vakula & Kolli, 2017)	Nesnelerin interneti, NodeMCU, Raspberry Pi3	Mevcut park alanlarını yönetmek için nesnelerin interneti tabanlı bir otopark sisteminin sunulması
(Safi vd., 2018)	VANET, Bulut bilişim	Boş park yeri bilgisi sağlayan ve rezerve olanağı sunan bir akıllı park sistemi önerisi
(Ruili vd., 2018)	Nesnelerin interneti, Görüntü işleme, ultrasonik sensörler	Sistem tarafından sürücüye en uygun park yerinin önerildiği bir akıllı park sisteminin geliştirilmesi
(Thomas & Kovoov, 2018)	Genetik algoritma, kuyruk teorisi, ultrasonik sensörler	AVM'lerin otoparklarında yaşanan park sorunu için bir algoritmanın önerilmesi
(Alam vd., 2018)	Baskı devre kartı, kablosuz manyetik sensör, bulut bilişim	Boş park yerlerinin tespiti için manyetik ve görüş sensörü tabanlı iki tür park sisteminin önerilmesi ve web uygulamasının geliştirilmesi
(Ahmed vd., 2019)	Blok zinciri, Nesnelerin interneti, P2P	Kullanıcıları en yakın park alanına yönlendiren telefon uygulaması veya web sitesi olabilecek bir uygulama önerisi
(Sakurada vd., 2019)	ICT, CPS Çoklu etmen sistemleri, nesnelerin interneti	Tasarlanan etmen tabanlı CPS'nin bisiklet ve arabalara özel iki prototip park sisteminde uygulanması
(Pandit vd., 2019)	Thing-speak bulut, Arduino, Kızılötesi sensör	Gerçek zamanlı uygun park alanlarını gösteren ve rezerve edilebilen bir mobil uygulamanın geliştirilmesi

Tablo 1. Devamı
Table 1. Continue

Referans	Kullanılan yöntem	Çalışma içeriği
(Canlı & Toklu, 2021)	Derin öğrenme, Bulut bilişim	Park yeri arama problemini azaltmak için bulut tabanlı bir mobil akıllı park uygulama önerisi
(Badhouthiya & Saxena, 2022)	Nesnelerin interneti, ultrasonik sensör	Otomatik park ücreti tahsilatı, uygun park alanlarının tespiti ve rezervasyonuna imkan veren bir sistemin geliştirilmesi
(Jambhulkar & Thaware, 2022)	Bulut depolama, Firebase	Bulut tabanlı akıllı park uygulaması geliştirilerek kolay park yeri bulunması ve rezerve edilmesi
(Turki vd., 2022)	Nesnelerin interneti, Blok zinciri	Güvenli bir şekilde park yeri kiralayıp rezervasyon yapılabilecek platform geliştirilmesi
(Neha vd., 2022)	Görüntü işleme	Açık otoparklarda kamera görüntüleri kullanılarak boş park alanlarının tespit edilmesi
(Saharan vd., 2023)	Makine öğrenimi, oyun teorisi	Cadde üzeri park etme senaryolarında dinamik fiyatlandırma ve park yeri tahsis edilmesi

Mevcut literatür çalışmaları incelendiğinde, akıllı otopark sistemleri ile ilgili gerçekleştirilen çalışmaların birçoğu boş park alanlarının tespit edilmesi ve bu park alanlarının rezerve edilebilmesi için sürücülere sunulan telefon uygulamalarının veya web sitelerinin tasarımını kapsadığı görülmektedir. Ancak, literatürde dolu bir park alanını rezerve edilebilen ve park alanı olarak sunan bir akıllı park sistemi önerisine rastlanmamıştır. Bu çalışma kapsamında ise önerilen rezervasyon tabanlı akıllı otopark sistemi ile sürücüler otoparktaki boş alanların yanı sıra anlık olarak dolu olan ancak kullanıcı tarafından belirtilen saatten itibaren boş olacağı temin edilen alanları da görebilecek, rezerve edebilecek, çıkış saatini belirtecek ve süreye uyarsa indirimli park etmiş olacaktır. Böylece, otoparkta rezerve edilebilecek boş park alanı olmadığı durumlarda dolu park alanlarının rezerve edilmesine olanak sağlamasıyla birlikte kapasitenin efektif kullanımını sağlayacak yeni bir akıllı otopark sistemi geliştirmeye çalışılmıştır. Böylece yenilikçi bir akıllı otopark sistemi tasarımıyla yetkililer bu konuda daha fazla özendirilmeye ve literatürde bu konudaki boşluk doldurulmaya çalışılmıştır.

3. Rezervasyon tabanlı yeni bir akıllı otopark sistemi ve uygulama ara yüzünün tasarımı

3. Design of a new reservation-based smart parking system and application interface

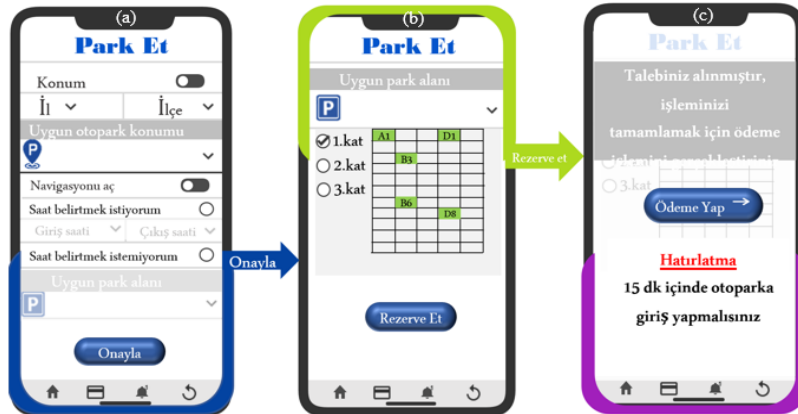
Çalışma kapsamında önerilen yeni akıllı otopark sisteminin kullanımı için “Tek Araç Parkımı Paylaşalım-TAPP” isimli bir mobil uygulama geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bunun için ilk aşamada kullanıcı ara yüzü tasarımı için popüler bir yazılım olan Adobe XD kullanılarak mobil uygulamanın tasarlanması önerilmiştir. Ardından oluşturulan tasarımın, tek bir kod tabanı ile hem Android hem de IOS için uygulama geliştirmeye olanak sağlaması nedeniyle tercih edilen JavaScript programlama diline entegre edilerek uygulamanın işlevsel hale getirileceği düşünülmüştür. Bu amaçla, pilot uygulamanın ara yüzü Şekil 1’de verilen şekilde tasarlanmıştır. Uygulamada, kullanıcıların programı yüklemesinin ardından karşısına çıkan ilk pencerede Şekil 1a’da gösterildiği gibi uygulamanın içinde barındırdığı pencereler sunulmaktadır. Pencerelere erişimin sağlanması için ilk olarak Şekil 1b’de gösterilen “Kaydol” sekmesi kullanarak kullanıcının adını, telefon numarasını, e-posta adresini, araç plakasını ve araç rengi bilgilerini ilgili alanlara kaydetmesi gerekmektedir. Kayıt bilgileri değiştirilmek istendiğinde ise bu pencere üzerinden bilgiler güncellenebilmektedir. Sonraki adımda ise otoparkı sürekli kullanacaklar için Şekil 1c’de gösterilen ekranda görülen kriterleri sağlayacağını taahhüt ederek aylık üyelik satın alabilmektedirler. Bu yeni otoparklarda abonman üyeler için ayrılan kontenjanın sınırlı olması nedeniyle uygun kontenjana sahip otoparklar kullanıcının konumuna göre listelenecektir. Üyeliğin satın alınmasından sonra üyelik kriterlerine riayet etmediği tespit edilen kullanıcıların üyeliği iptal edilmekte ve bu alan rezervasyon tabanlı otopark sistemine tahsis edilmektedir.



Şekil 1. Uygulamanın; ana giriş, kaydol ve abonman üyelik için tasarlanan kullanıcı ekranları

Figure 1. The application; user screens designed for main login, sign up and subscription membership

Şekil 1a'da görülen "Park et" kısmında sürücülerden ilk olarak konum bilgisini girmesi istenmektedir. Bunun için uygulamanın konum bilgisi erişimine izin vererek veya kullanıcı tarafından manuel olarak bilgi girişi sağlanabilmektedir. Uygun otopark alanının bulunduğu akıllı otoparkların konumu, mesafe kriteri göz önüne alınarak listelenmektedir. Kullanıcıların, otopark seçimini gerçekleştirdikten sonra "saat belirtmek istiyorum" veya "saat belirtmek istemiyorum" seçeneklerinden birini seçmesi gerekmektedir (Şekil 2a). Saat belirtmeden rezervasyon yapmak isteyen kullanıcıların ilgili kutucuğu işaretlemesi ile birlikte seçilen otoparkta bulunan uygun park yeri sayısının gösterildiği bölüm aktif hale gelmektedir (Şekil 2b). Kullanıcı bu bölümden rezervasyonunu onaylayarak Şekil 2c'de gösterilen pencereye yönlendirilmektedir. Saat belirtmek isteyen kullanıcılar ise park alanına giriş ve çıkış saatlerinin belirterek onay butonuna tıklanmasıyla ilk olarak Şekil 2b'de gösterilen pencereye yönlendirilmektedir. Bu pencerede, seçilen otoparkta bulunan uygun park alanları sunulmaktadır. Kullanıcı uygun park alanlarından birini seçerek rezerve et butonunu seçecektir. Park alanının rezerve edilmesi ile birlikte Şekil 2c'de gösterildiği gibi kullanıcıya ödeme işlemini gerçekleştirmesini ve rezervasyon işleminin sonrasında 15 dk. içinde (ihtiyaca ve analizlere göre değiştirilebilir) otoparka giriş yapması gerektiğini hatırlatan bir bildirim gönderilmektedir.



Şekil 2. Uygulama kapsamında tasarlanan ve park etmek için kullanılacak kullanıcı ekranları

Figure 2. User screens designed within the scope of the application and used for parking

Önerilen sistem, saat belirterek park alanı rezerve eden kullanıcılar için bir seferliğe mahsus olmak üzere park süresinin 15 dakika uzatılmasına olanak tanımaktadır. Süre uzatmak için Şekil 3a'da gösterilen pencere kullanılmaktadır. Kullanıcının, belirlenen yeni çıkış saatini onaylamasıyla birlikte rezerve işlemini saat belirterek gerçekleştirmesiyle birlikte kendisine tanımlanan indirimli ücretlerden yararlanamayacağına dair uyarı bildirimi iletilmektedir. Şekil 3b'de gösterilen ödeme penceresinde, park ücretleri ve kural ihlalleri nedeniyle yansıtılan ek ücretler, ödenecek tutar bölümünde gösterilmektedir. Kullanıcıların kart bilgilerini

ilgili alanlara girmeleri ve kaydetmeleri gerekmektedir. Sonraki adımda rezerve işleminin tamamlanması için öncelikle ödeme işleminin tamamlanmalıdır. Ödeme işleminin gerçekleştirilmesi ile kullanıcıya Şekil 3c’de gösterildiği gibi yeni bir bildirim iletilmektedir.



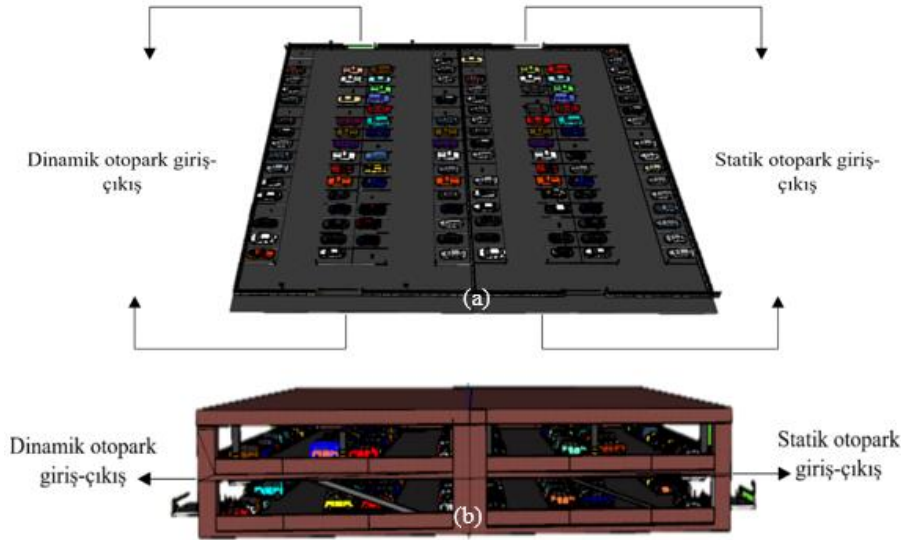
Şekil 3. Uygulamanın süre uzatmak ve ödeme yapmak için önerilen kullanıcı ekranları

Figure 3. Suggested user screens for the application to extend the time and pay

4. Uygulama ile entegre çalışan akıllı otopark tasarımı

4. Smart parking design integrated with the application

Çalışma kapsamında her iki otopark türü için de (açık otopark ve kapalı otopark) planlama gerçekleştirilmiştir (Şekil 4a-b). Bu kapsamda otopark kapasitesinin bir kısmının aylık üyeliğe sahip olan veya saat belirtmek istemeyen kullanıcıların, diğer kısmının ise saat belirterek park yeri rezerve eden kullanıcıların hizmetine sunulması planlanmıştır. Çalışma da ayrıca her iki otopark türü (açık/kapalı) mevcut (klasik) sistemi ve yeni önerilen (akıllı) sistemi içerisinde barındıracaktır. Bu iki tip otopark çalışma içerisinde statik (klasik) otopark ve dinamik (akıllı) otopark olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 4. (a) Açık ve (b) kapalı otoparkların 3B genel görünümleri

Figure 4. 3D general views of (a) open and (b) closed car parks

4.1. Statik otopark tasarım özellikleri

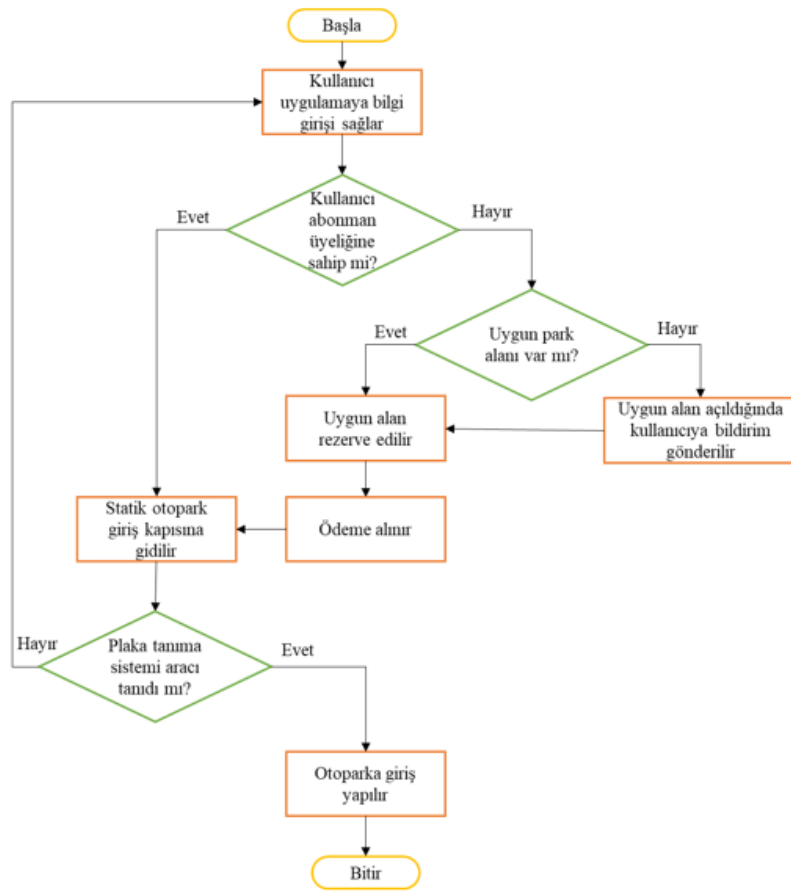
4.1. Static parking design features

Önerilen yeni otopark tasarımı içerisinde statik otopark, açık ve kapalı otoparkların üyelik sahibi olan veya giriş-çıkış saatini belirtmek istemeyen kullanıcılar için ayrılmış bölümünü ifade etmektedir. Modellenen

otoparklarda açık ve kapalı otopark kapasitelerinin yarısı (%50) statik otopark olarak kurgulanmıştır. Statik otoparklar, dinamik otoparklardan farklı olarak, uygun park alanlarını belirtmek yerine uygun park alanının olup olmadığı ile ilgilenmektedir. Bu nedenle plaka tanıma sistemi harici, dinamik otoparklarda kullanılan kameralar ve sensörler statik otoparklarda mevcut değildir. Bunun yerine otoparka giren ve çıkan araç sayısından yararlanarak otoparkta bulunan uygun park alanı sayısı kullanıcıya sunulmaktadır. Saat belirtmek istemeyen kullanıcıların otoparka giriş yapabilmeleri için uygulama üzerinden uygun park alanını rezerve etmeleri yeterli olmaktadır. Kullanıcıların üyelik sahibi olabilmesi için telefon uygulaması aracılığıyla aylık abonman üyeliği satın alması gerekmektedir. Kullanıcıların üyelik satın alabilmesi için de temel iki kriter belirlenmiştir. Bunlar;

- Ayın en az yirmi günü park alanını kullanıyor olmak,
- Aracın otoparkta günlük en az altı saat park halinde durmasıdır.

Yukarıda belirlenen iki kriter sağlanmadığı takdirde kullanıcının abonman üyeliği iptal edilmektedir. Bu sayede statik otopark kapasitesinin verimli bir şekilde kullanılması ve dinamik otoparklarda uzun süreli parklar nedeniyle oluşabilecek yoğunluğun azaltılması amaçlanmaktadır. Statik otoparklara giriş için otopark işletim senaryosu önerisine ait akış şeması Şekil 5'te verilmektedir.



Şekil 5. Statik otoparka giriş önerilen için işletim modeli akış şeması
Figure 5. Operating model flowchart for proposed static parking area entrance

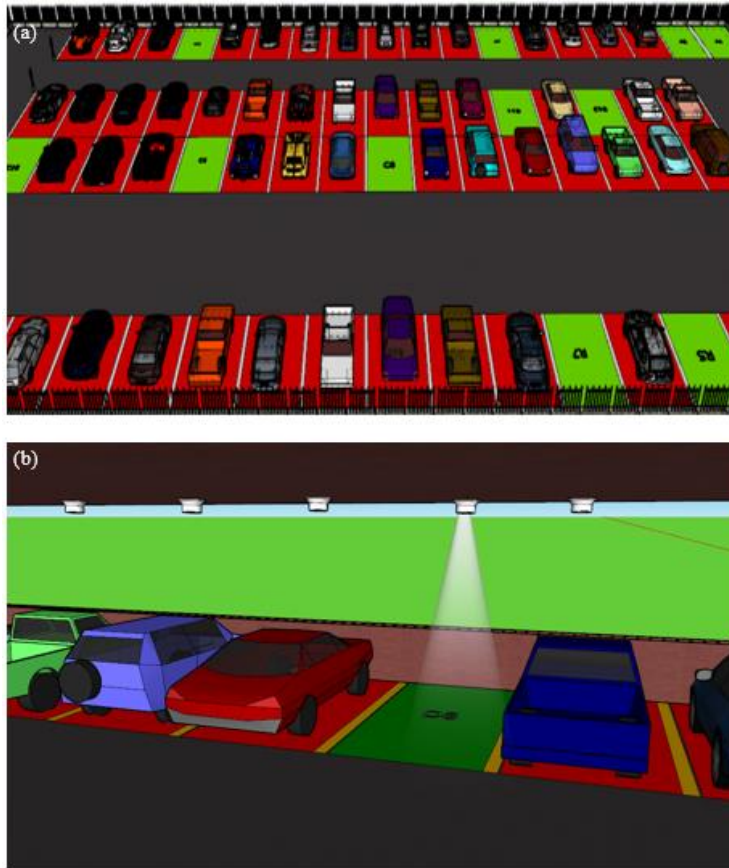
4.2. Dinamik otopark tasarım özellikleri

4.2. Dynamic parking design features

Çalışmada dinamik otopark, park alanını rezerve ederken giriş ve çıkış saatini belirten kullanıcılara ayrılan bölüm olarak tanımlanmaktadır. Dinamik otopark sisteminde kullanıcılar, ilk olarak park halinde aracın bulunmadığı boş park alanlarına yönlendirilmektedir. Otopark kapasitesinin dolması durumunda park halinde olan araçların yerleri, belirtilen çıkış saatleri dikkate alınarak uygun park alanı olarak gösterilmektedir.

Açık dinamik otoparklar ve kapalı dinamik otoparklarda uygun park alanlarının tespit edilmesi için kullanılan dijital sistemler farklılık göstermektedir. Açık dinamik otoparklarda, uygun park alanlarının saptanması için otopark genelini görüntüleyebilecek kameralardan yararlanılırken, kapalı dinamik otoparklarda her park alanının üzerine araç algılayıcı sensörler yerleştirilecek araçlar tespit edilecektir. Tespit edilen boş ve dolu otopark alanları kullanıcılara sunulurken uygun park alanlarına erişimleri sağlanacaktır (Şekil 6a-b).

Her iki tip otoparkın giriş ve çıkışlarında ise ortak nokta olarak plaka tanıma sistemi kullanılmaktadır. Bu sayede uygulama üzerinden park yeri rezerve eden araçlar otoparka giriş esnasında tespit edilerek; giriş-çıkış hareketleri belirlenebilecektir. Dinamik otopark girişlerine, önerilen mobil uygulamayı kullanamayacaklar için kiosklar yerleştirilecektir. Otoparka giriş esnasında, kiosk kullanarak yeni kayıt oluşturan veya kaydı bulunup kapıda rezervasyon yaptırmak isteyen kullanıcıların, uygulama üzerinden rezervasyonunu oluşturan kullanıcıları bekletme olasılığını ortadan kaldırmak amacıyla üç farklı giriş kapısı önerilmiştir. Bu kapsamda dinamik otoparklara giriş esnasında iki kademeli bariyer sistemi kullanılması planlanmaktadır.



Şekil 6. (a) Açık otoparklarda kamera ile (b) kapalı otoparklarda ise sensörler ile boş/dolu otopark alanlarının belirlenmesi

Figure 6. (a) Determination of empty/full parking areas with cameras in open parking lots (b) with sensors in indoor parking lots

Böylece kapıda yeni kayıt veya rezervasyon yaptıran kullanıcıların, o an için park yeri bulamaması durumunda ikinci bariyere ulaşmadan çıkışa yönlendirilmesi ile giriş kapısında olası bir yığılmanın önüne geçilmesi öngörülmektedir (Şekil 7a-b).



Şekil 7. (a) Açık ve (b) kapalı otoparklar için önerilen iki kademeli otopark giriş sistemi

Figure 7. The proposed two-stage car park entrance system for (a) open and (b) closed car parks

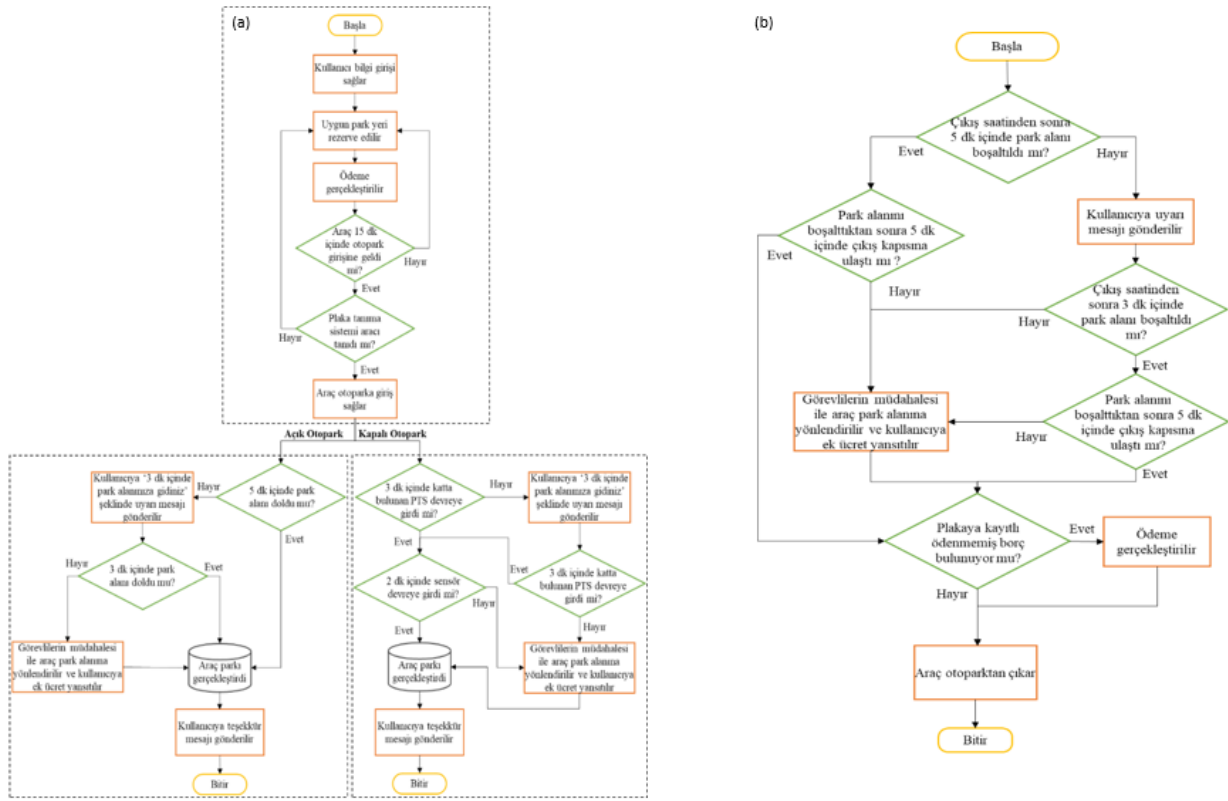
Otoparktan çıkış aşamasında ise otoparkı kullanan araçlar bariyerlerin önüne geldiğinde plakası okunan araç adına ödenmesi gereken bir tutar olup olmadığı kontrol edilecek ve bu duruma göre aracın çıkışına izin verilecektir. Aynı zamanda otoparklardaki her bir koridorun başına ve sonuna plaka tanıma sisteminin entegre edildiği kameralar konumlandırılacak ve bu sayede araçların otoparka giriş yaptığı andan itibaren doğru park alanına giden rotanın takibi yapılacaktır. Otoparkı kullanan araçların yanlış park alanlarına yönelmeleri durumunda, bu durum kolaylıkla tespit edilebilecek ve araç sürücüleri mobil uygulama üzerinden kendilerine tanımlanmış park alanlarına yönlendirilecektir (Şekil 8a-b).



Şekil 8. Açık ve kapalı otopark alanları giriş-çıkışlarında kullanılacak plaka tanıma sistemleri

Figure 8. License plate recognition systems to be used in the entrances and exits of open and closed parking areas

Dinamik otoparklar için önerilen giriş ve çıkış işletim ve yönetim planına ait akış şeması ise Şekil 9 (a-b)'de gösterilmektedir.



Şekil 9. Dinamik otoparklar için (a) giriş ve (b) çıkış kapıları yönetim planına ait akış şeması
Figure 9. Flow chart of (a) entrance and (b) exit gates management plan for dynamic car parks

5. Öngörülen sorunlar ve çözüm önerileri

5.1. Projected problems and solutions

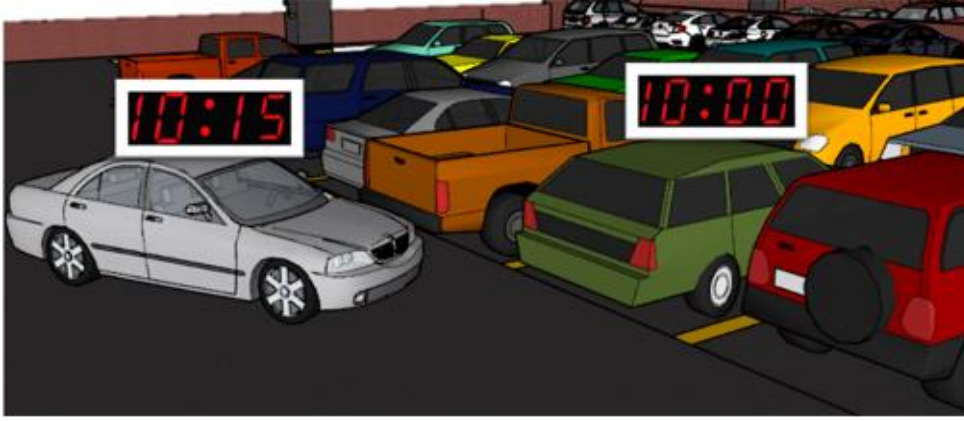
Önerilen yeni akıllı otopark sistemi içerisinde barındırdığı birçok özellik nedeniyle her ne kadar birçok yönden etkin olsa da sürücü ya da sistem kaynaklı aksaklıkların yaşanması nedeniyle beklenmeyen sorunlarla karşılaşılması da beklenmektedir. Bu doğrultuda çalışma kapsamında otopark işletimi esnasında yaşanması muhtemel sorunlar farklı başlıklar altında toplanmış ve bu sorunlara yönelik çözüm önerileri geliştirilmeye çalışılmıştır.

5.1.1. Dinamik otoparkı tercih eden kullanıcıların belirttikleri saatte otoparktan çıkış sağlamamaları (Problem-1)

5.1.1. Users who prefer dynamic parking and do not exit the parking area at the specified time (Problem-1)

Kullanıcıların kendileri tarafından belirtilen saatte otopark alanından çıkış yapmamaları durumu, kendisinden sonra park alanını rezerve eden kullanıcının giriş saatinde gecikmelere neden olabilecektir. Bu durumda önerilen yeni akıllı otopark sisteminin işleyişinde aksaklığa yol açabilecektir (Şekil 10). Söz konusu bu durumun önüne geçebilmek için;

- Kullanıcılar, park alanından belirttikleri saatte çıkamayacaklarını öngörüyorlarsa uygulama üzerinden süre uzatabilmektedirler (bir defaya mahsus).
- İlk aşamada belirlenen çıkış saatine uyulmuyorsa kendisinden sonra park alanını kullanacak olan kullanıcı, otopark kapasitesinin %10'unu oluşturan yedek park alanına yönlendirilecektir.
- Belirlenen süreye uyulmaması nedeniyle kullanıcıya daha fazla otopark ücreti ödeme cezası yansıtılacak ve kullanıcı üç gün süreyle bu otoparkı tekrar kullanamayacaktır.
- Dolu otopark alanları uygulamada, belirtilen çıkış saatinden 15 dakika sonra rezerve edilebilir alan olarak görülebilecek; böylece o otopark alanının başka bir kullanıcı tarafından rezerve edilmesinin önüne geçilebilecektir.



Şekil 10. Sürücülerin kendi belirledikleri çıkış saatinde otopark alanından ayrılmamaları durumu

Figure 10. The case of drivers who do not leave from the parking area at the declared time

5.2. Yedek otopark alanlarının dolması (Problem-2)

5.2. Filling the spare parking areas (Problem-2)

Dinamik otoparklarda park alanı rezerve ederken kullanıcılar ilk olarak boş alanlara yönlendirilecektir. Boş alanlar tükendikten sonra ise dolu park alanları rezerve edilebilecektir. Kullanıcıların otoparktan çıkış saatinde uymamaları durumunda ise Problem 1’de belirtildiği gibi yedek park alanlarından yararlanılacaktır. Bu alanların dolması durumunda araçların yönlendirilebileceği bir alan olmayacak ve aksilikler meydana gelebilecektir. Bu nedenle yedek park alanlarının dolması durumunda park alanı rezerve etmek isteyen kullanıcılara “Şu anda uygun park alanı bulunmamaktadır!” uyarısı gönderilerek park yeri kiralama sistemine erişimleri ve dolayısıyla otoparklara girişleri engellenecektir. Kullanıcılar tercihe bağlı olarak bildirimlerini açarak uygun park alanı oluştuğunda otoparkta boş yer olduğuna dair bildirim alabilecektir (Şekil 11).



Şekil 11. Otoparkın dolu/boş olması durumuna göre kullanıcıların göreceği otopark kiralama ekranları

Figure 11. Parking lot rental screens that users will see depending on whether the parking lot is full/empty

5.3. Abonman üyelik şartlarının sağlanmaması (Problem-3)

5.3. Subscription membership conditions are not met (Problem-3)

Statik otoparklarda abonman üyeliği olan kullanıcılar için belirli sayıda park alanı ayrılmaktadır. Bu nedenle abonman üyelik satın alabilecek kullanıcı sayısı da sınırlı olacaktır. Belirlenen üyelik şartlarını sağlamayan kullanıcının abonman üyeliği iptal edilerek ek ücret yansıtılacaktır (Şekil 12).



Şekil 12. Abonman üyelik şartlarının sağlanmaması durumu

Figure 12. Failure to meet the subscription conditions

5.4. Kullanıcının park alanını rezerve edip gelmemesi (Problem-4)

5.4. Whether the user has reserved the parking space or not (Problem-4)

Kullanıcılar park yerini rezerve ettikten sonra 15 dakika (süre yapılacak analizler ile değişiklik gösterebilir) içinde otoparka giriş yapmaları gerekmektedir. Kullanıcının belirlenen süre içinde otoparka giriş yapmaması durumunda kullanıcıya bildirim gönderilecek ve ilave 10 dakika içinde park alanına giriş yapmazsa rezerve işlemi iptal edilecektir. Park alanı rezerve edip gelmeyen kullanıcı aynı gün ve sonraki üç gün içerisinde tekrar rezerve işlemi gerçekleştiremeyecektir (Şekil 13).



Şekil 13. Kullanıcıların rezervasyon yapıp gelmemesi durumu

Figure 13. Whether users make a reservation or not

5.5. Kullanıcıların araçlarını yanlış alanlarına park etmesi (Problem-5)

5.5. Users parking their vehicles in wrong parking areas (Problem-5)

Otoparka giriş yapan araçların yanlış alanlarına park etmesine engel olabilmek için otoparklarda bazı doğrulama noktaları mevcut olacaktır. Araçlar otoparka ilk girdikleri anda plakaları plaka tanıma sistemi

tarafından doğrulanacak ve park alanına gidene kadar katlarda bulunan kameralar sayesinde hareketleri kontrol edilecektir. Araçlar kendilerine tanımlanan park alanlarına park etme işlemini tamamladıklarında, uygulamaya kaydolurken belirttikleri plakalar ile park alanına giren araçların eşleşip eşleşmediğine bakılacaktır. Plaka tanıma sistemi tarafından tespit edilen plaka bilgileri ile park eden araç bilgilerinin eşleşmemesi durumunda bir yanlışlık bulunuyorsa, kullanıcıya hatalı parkın düzeltilmesi gerektiği ile ilgili bildirim gönderilecek ve kendisine ayrılan yer bir bilgilendirme mesajı ile tekrar hatırlatılacaktır (Şekil 14).



Şekil 14. Kullanıcıların kendilerine ayrılan park alanı dışında başka bir yere park etmesi

Figure 14. Users parking in a place other than the parking area allocated to them

6. A'WOT Analizi ile otopark genel önceliklerinin elde edilmesi

6. Obtaining general parking priorities with A'WOT Analysis

A'WOT, stratejik karar desteğinde yaygın bir şekilde kullanılan bir yöntem olan SWOT analizi ile AHP birleştiren hibrit bir yöntemdir (Kajanus vd., 2004). Bu sayede SWOT analizi ile güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler için belirlenen faktörlere, AHP metodu ile sayısal ağırlıklar verilerek analiz daha etkili bir hale getirilebilmektedir (Kangas vd., 2001). Çalışmanın bu bölümünde, önerilen akıllı otopark sistemi için bir A'WOT analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda ilk olarak A'WOT yönteminin ilk aşaması olan SWOT analizi uygulanmıştır (Şekil 15).

SWOT analizi ile faktörlerin belirlenmesinin ardından her bir faktörün AHP metodu kullanılarak ağırlıklandırılması için ulaşım alanında 5-10 yıl aralığında değişen tecrübeye sahip iki belediye personeli, iki akademik personel ve bir karayolları personeli olmak üzere 5 kişilik bir uzman ekip oluşturularak ikili karşılaştırma matrisleri elde edilmiştir. İkili karşılaştırmalar yapılırken Saaty (1977) tarafından önerilen ve Tablo 2'de gösterilen ölçeklendirmeden yararlanılmıştır.

<u>GÜÇLÜ YÖNLER</u>	<u>ZAYIF YÖNLER</u>
G1 -Otoparkta park yeri bulmak için kolaylık sağlaması G2 -Daha uygun otopark ücreti seçeneği sunması G3 -Otopark kapasitesinin daha etkili bir şekilde kullanımının sağlanması G4 -Zaman kaybını azaltması G5 -Park yeri ararken harcanan yakıt miktarında azalma sağlanması G6 -Otoparklarda görülebilecek kuyruk oluşunda azalma sağlanması	Z1 -Kullanıcıların belirttiği çıkış saatine riayet etmeme olasılığı Z2 -Bazı ihlal durumlarında yaptırım uygulanacak olması Z3 -Yedek park alanlarının dolu olma olasılığı Z4 -Kullanıcıların abonman üyelik şartlarının sağlayamama olasılığı Z5 -Kullanıcının park alanı rezerve edip gelmemesi Z6 -Kullanıcının aracını yanlış park alanına park etmesi
<u>FIRSATLAR</u>	<u>TEHDİTLER</u>
F1 -Artan araç sayısına bağlı olarak gelişen otopark ihtiyacı F2 -Mevcut otopark işletme altyapısının yetersizliği F3 - Yüksek otopark ücretleri F4 -Park problemlerini çözmek amacıyla belediyelerin otoparklara yatırım yapma arzusu	T1 -Kullanıcıların kurallara riayet edemeyeceklerini düşünerek tercih etmemeleri T2 -Yenilikçi yaklaşımları kabul etme eğilimi zayıf olan sürücü profili T3 -Sistemin işletme yöntemini veya performansını beğenmeme durumu

Şekil 15. Önerilen akıllı otopark sistemi için SWOT analizine ait sorular
Figure 15. SWOT analysis questions for the proposed smart parking system

Tablo 2. Önem skala değerleri ve tanımları (Saaty, 1977)
Table 2. Significance scale values and definitions (Saaty, 1977)

Değer	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki seçenekte eşit derecede öneme sahip
3	Orta derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı biraz üstün kılmakta
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı oldukça üstün kılmakta
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir kriter diğerine göre üstün sayılmıştır
9	Kesin önemli	Bir kriterin diğerinden üstün olduğunu gösteren kanır çok büyük güvenilirliğe sahiptir
2,4,6,8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerler

Beş farklı karar vericinin değerlendirmeleriyle elde edilen karşılaştırma matrisleri, geometrik ortalama metoduyla irdelenerek ortak karar matrisleri oluşturulmuştur. Ardından ortak karar matrisi, Denklem (1) kullanılarak normalize edilmiştir.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

Ardından Denklem (2) ile satır elemanlarının ortalamaları bulunarak her bir faktörün yerel faktör ağırlığı hesaplanmıştır.

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (2)$$

Elde edilen sonuçların geçerli sayılabilmesi için matris tutarlılıklarının kontrol edilmiştir. Bu amaçla Denklem (3)'te gösterildiği gibi sütun vektörü (D), karşılaştırma matrisine (W_i) bölünerek temel değer (E) elde edilmiştir. Elde edilen değerler Denklem (4)'te gösterildiği gibi kullanılarak λ değeri elde edilmiştir.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (4)$$

Bulunan λ değeri denklem (5)' de gösterildiği gibi kullanılarak tutarlılık indeksi (CI) hesaplanmıştır. Ardından denklem (6) ile nihai tutarlılık oranı (CR) elde edilmiştir. Denklem (6)' da kullanılan RI değerleri kriter sayısına göre değişmekte olup Tablo 3'e göre belirlenmiştir. Bulunan CR değerinin 0,1' den küçük olması halinde matrisin tutarlı olduğu kabulü ile yapılan hesaplamalar sonucunda oluşturulan tüm matrislerin CR değerlerinin 0,1' den küçük olduğu görülmüştür.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (5)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6)$$

Tablo 3. RI değerleri (Lee vd., 2021)

Table 3. RI values (Lee et al., 2021)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Hesaplamalar sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo 4'de verilmektedir. Burada yerel faktör ağırlıkları grup içindeki faktörlerin birbiri ile karşılaştırılması sonucunda elde edilen ağırlığı gösterirken, genel faktör ağırlıkları SWOT faktörlerinin toplam ağırlık içindeki payını ifade etmektedir. Genel faktör ağırlıkları, her bir SWOT grubu için belirlenen grup önceliği değerleri ile yerel faktör ağırlıklarının çarpılması ile elde edilmiştir.

Tablo 4. A'WOT tekniği sonucunda elde edilen faktör ağırlıkları

Table 4. Factor weights obtained as a result of the A'WOT technique

SWOT grubu	Grup önceliği	SWOT faktörleri	Yerel faktör ağırlığı	Genel faktör ağırlığı	Önem sırası
1- Güçlü yönler	0,25	Otoparkta park yeri bulmak için kolaylık sağlanması	0,188	0,047	2
		Daha uygun otopark ücreti seçeneği sunması	0,095	0,024	5
		Otopark kapasitesinin daha etkili bir şekilde kullanılmasını sağlanması	0,348	0,087	1
		Zaman kaybını azaltması	0,142	0,035	4
		Park yeri ararken harcanan yakıt miktarında azalma sağlanması	0,041	0,010	6
		Otoparklarda görülebilecek kuyrukta azalma sağlanması	0,185	0,046	3
2- Zayıf yönler	0,25	Kullanıcının belirttiği çıkış saatine riayet etmeme olasılığı	0,243	0,061	2
		Bazı ihlal durumlarında yaptırım uygulanacak olması	0,131	0,033	4
		Yedek park alanlarının dolu olma olasılığı	0,186	0,047	3
		Kullanıcıların abonman üyelik şartlarını sağlayamama olasılığı	0,061	0,015	6
		Kullanıcının park alanını rezerve edip gelmemesi	0,274	0,069	1
Kullanıcının aracını yanlış park alanına park etmesi	0,106	0,027	5		

Tablo 4. Devamı
Table 4. Continue

SWOT grubu	Grup önceliği	SWOT faktörleri	Yerel faktör ağırlığı	Genel faktör ağırlığı	Önem sırası
3- Fırsatlar	0,25	Artan araç sayısına bağlı olarak gelişen otopark ihtiyacı	0,484	0,121	1
		Mevcut otopark işletme altyapısının yetersizliği	0,192	0,048	2
		Yüksek otopark ücretleri	0,183	0,046	3
		Park problemlerini çözmek amacıyla belediyelerin otoparklara yatırım yapma arzusu	0,142	0,036	4
4- Tehditler	0,25	Kullanıcıların kurallara riayet edemeyeceklerini düşünerek tercih etmemeleri	0,389	0,097	1
		Yenilikçi yaklaşımları kabul etme eğilimi zayıf olan sürücü profili	0,247	0,062	3
		Sistemin işletme yöntemini ya da performansını beğenmeme durumu	0,364	0,091	2

Güçlü yönler grubu faktörleri için yerel faktör ağırlıkları incelendiğinde %34,8 ile en büyük öneme sahip faktörün “otopark kapasitesinin daha etkili bir şekilde kullanılmasını sağlaması” olurken, en düşük öneme sahip faktörünün %4,1 ile “park yeri ararken harcanan yakıt miktarında azalma sağlaması” olduğu görülmüştür. Zayıf yönler grubu incelendiğinde %27,4 ile “kullanıcıların park alanını rezerve edip gelmemesi” faktörü en yüksek öneme sahip zayıf yön olarak görülürken, %6,1 ile “kullanıcıların abonman üyelik şartlarını sağlayamama olasılığı” en düşük öneme sahip faktör olarak belirlenmiştir. Fırsatlar grubu faktörlerinden “artan araç sayısına bağlı olarak gelişen otopark ihtiyacı” faktörü %48,4 ile en yüksek öneme sahip faktör iken %14,2 ile “park problemlerini çözmek amacıyla belediyelerin otoparklara yatırım yapma arzusu” faktörünün en düşük öneme sahip olduğu gözlemlenmiştir. Son olarak tehditler grubu için sonuçlar incelendiğinde ise “kullanıcıların kurallara riayet edemeyeceklerini düşünerek tercih etmemeleri” faktörü %38,9 ile en önemli faktör olurken, “yenilikçi yaklaşımları kabul etme eğilimi zayıf olan sürücü profili” %24,7 ile en düşük faktör olarak belirlenmiştir. Bir bütün olarak değerlendirildiğinde ise genel faktör ağırlıklarına göre %12,1 ile tüm faktörler arasında en yüksek öneme sahip faktörün “artan araç sayısına bağlı olarak gelişen otopark ihtiyacı” olduğu sonucuna ulaşılmış ve otopark ihtiyacı ön plana çıkmıştır.

7. Sonuç ve öneriler

7. Conclusion and recommendations

Artan araç sayısı ve hızlı kentleşme ne yazık ki birçok problemi de beraberinde getirmektedir. Bu problemlerden özellikle trafik sıkışıklığı, uzun yolculuk süreleri, trafik karmaşası ve park problemleri ön plana çıkanlar arasında yer almaktadır. Özellikle, artan kentleşme ve araç sayısı kent merkezlerinde park yeri ihtiyacını oldukça ön plana çıkarmaktadır. Bu sorunu çözebilmek amacıyla toplu taşımanın özendirilmesi, kentsel mobilitate, bir servis olarak mobilitate, yeni otopark alanlarının inşası gibi çözüm yollarına gidilse de bu sorun ne yazık ki tam anlamıyla bir çözüme kavuşturulamamaktadır. Birçok şehirde mevcut otoparkların eski klasik işletme yöntemiyle işletilmesi mevcut kapasitelerinin çok altında hizmet vermelerine neden olan ana etkenlerden birisi olarak gösterilebilmektedir. Bu durumda, planlı ve karar vericiler yeni otoparklar inşa ederek mevcut bu sorunu çözme yoluna gitmektedirler. Yine bu otoparklarda klasik işletme prensiplerinin kullanılmaya devam edilmesi nedeniyle çok kısa sürede otopark kapasitesine ulaşılmakta ve bu durum doğal olarak sürekli ek maliyet getirebilmektedir.

Son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte otoparkların işletim performanslarını arttırarak mevcut kapasitelerini daha etkin kullanmak amacıyla akıllı otopark sistemleri geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu otoparklar, içerisinde nesnelerin interneti, görüntü işleme, otomatik ödeme, mobil ödeme vb. birçok teknolojik altyapıyı kullanarak etkin işletim ile mevcut otopark kapasitelerinde önemli artışlar sağlamıştır. Bu otoparklar, her ne kadar dijital sistemleri kullansa da süre konusunda açık uçlu olduğu için yine de kapasite maksimum oranda kullanılamamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada otopark kullanım süresinin kullanıcı tarafından belirtmek zorunda olduğu yeni bir akıllı otopark sistemi önerilmiştir. Bu sistemde otopark kullanım süresini belirten kullanıcılar süreye riayet ettiklerinde ücret olarak ödüllendirilirken, süreye uymamaları durumunda daha fazla

ücret ödeme ve otopark kullanım kısıtlaması ile karşı karşıya bırakılmaktadır. Böylece kullanıcılar otopark kullanım süresini önceden belirtmek zorunda kalarak süre kullanımında daha planlı ve titiz bir davranış sergileyebileceklerdir. Bu durum otopark kapasitesini anlık olarak planlayarak etkin bir işletim performansı sağlayabilecektir.

Çalışma kapsamında “Tek Araç Parkını Paylaşım-TAPP” isimli bir uygulama ile tüm sürecin hem kullanıcı hem de operatör tarafından efektif şekilde yürütülmesi amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda çalışma içerisinde tüm süreçler detaylı olarak anlatılarak hem açık hem de kapalı otoparklar için yeni bir otopark işletim sistemi tüm detayları ile birlikte önerilmiştir. Yine çalışma içerisinde önerilen yeni akıllı otopark sistemi beş kişilik bir uzman bir ekip tarafından değerlendirilmiştir. SWOT analizi ile ilgili faktörlerin belirlenmesinin ardından her bir faktörün AHP metodu kullanılarak ağırlıklandırılması bu uzman ekip tarafından yapılan ikili karşılaştırmalar ile elde edilmiştir. Uygulanan A’WOT analizi ile elde edilen sonuç, araç sayısının artmasıyla birlikte gelişen park yeri ihtiyacının önerilen akıllı otopark sistemi için yüksek oranda bir fırsat oluşturduğunu göstermiştir. Bunun yanı sıra, önerilen akıllı otopark sisteminin en yüksek öneme sahip zayıf yönü olarak belirlenen “kullanıcıların park alanını rezerve edip gelmemesi” faktörü ve sistemin yürütülmesinde en önemli tehdit olarak görülen “kullanıcıların kurallara riayet edemeyeceklerini düşünerek tercih etmemeleri” faktörü önerilen sistemin daha etkili bir şekilde işleyebilmesi adına öncelikli olarak ele alınması gereken konular olarak belirlenmiştir. Genel faktör ağırlıklarına göre tüm faktörler birlikte değerlendirildiğinde, artan araç sayısına bağlı oluşan otopark ihtiyacının en önemli faktör (maks. %12,1) olarak ön plana çıkması çalışmanın amacını desteklemektedir.

Önerilen yeni akıllı otopark sistemi ile birlikte mevcut otoparkların işletim performanslarının ve dolayısıyla mevcut kapasite kullanımlarının daha da artacağı öngörülmektedir. Böylece kullanıcılar önerilen uygulama ve işletim sistemi ile park yeri bulurken stres yaşamayacak, süre belirterek hem ücret konusunda ödüllendirilecekler hem de park sürelerini daha sınırlı tutma alışkanlığı edinebileceklerdir. Önerilen bu yeni sistemin ilgili yetkililer tarafından hayata geçirilmesi ile birlikte sürekli yeni otopark yapmak yerine ilk etapta mevcut olanların iyileştirilmesi yoluna gidilerek önemli bir maliyetten kurtulabileceklerdir. Diğer yandan önerilen bu yeni sistem ile kent merkezindeki otoparklar bir bütün olarak ve birbirleriyle entegre olarak çalışabileceklerdir. Bu durum sürücülerin park yeri aramak için kaybettiği zamanı azaltabilecek ve bunun yanı sıra harcanan yakıt miktarını, hava kirliliğini, park nedenli trafiğin akımını yavaşlatılarak yoğunluk oluşması gibi olumsuz sonuçları azaltabilecektir. Uygulama, öngörülen tüm bu katkıları nedeniyle şehirlerin akıllı ve yeşil şehir hedeflerine önemli katkılar sağlayabilecek ve böylece sürdürülebilir ulaşım planlamalarına önemli katkılar sunabilecektir.

Yazar katkısı

Author contribution

Başak BIYIK: Literatür taraması, yöntemin belirlenmesi, makalenin hazırlanması ve şekillerin çizimi.
Metin Mutlu AYDIN: Yöntem, analizleri, bulgular ve tartışma, sonuçların yorumlanması.

Etik beyanı

Declaration of ethical code

Bu makalenin yazarları, bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve / veya yasal-özel izin gerektirmediğini beyan etmektedir.

Çıkar çatışması beyanı

Conflicts of interest

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

References

Ahmed, S., Rahman, M. S., & Rahaman, M. S. (2019). *A blockchain-based architecture for integrated smart parking systems*. In 2019 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom workshops) (pp. 177-182). <https://doi.org/10.1109/PERCOMW.2019.8730772>

- Alam, M., Moroni, D., Pieri, G., Tampucci, M., Gomes, M., Fonseca, J., & Leone, G. R. (2018). Real-time smart parking systems integration in distributed ITS for smart cities. *Journal of Advanced Transportation*, 1-13. <https://doi.org/10.1155/2018/1485652>
- Badhouthiya, A., & Saxena, A. (2022). SPS: A framework of smart parking system using IoT technology. In 2022 6th International Conference on Computing, Communication, Control and Automation (ICCUBEA) (pp. 1-4). <https://doi.org/10.1109/ICCUBEA54992.2022.10011086>
- Canli, H., & Toklu, S. (2021). Deep learning-based mobile application design for smart parking. *IEEE Access*, 9, 61171-61183. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3074887>
- Chaniotakis, E., & Pel, A. J. (2015). Drivers' parking location choice under uncertain parking availability and search times: A stated preference experiment. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 82, 228-239. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.10.004>
- Gallo, M., Montella, B., & D'Acierno, L. (2011). The transit network design problem with elastic demand and internalisation of external costs: An application to rail frequency optimisation. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 19(6), 1276-1305. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2011.02.008>
- Golias, J., Yannis, G., & Harvatis, M. (2002). Off-street parking choice sensitivity. *Transportation Planning and Technology*, 25(4), 333-348. <https://doi.org/10.1080/0308106022000019620>
- Hess, D. B. (2001). Effect of free parking on commuter mode choice: Evidence from travel diary data. *Transportation Research Record*, 1753(1), 35-42. <https://doi.org/10.3141/1753-05>
- Hilmani, A., Maizate, A., & Hassouni, L. (2018). Designing and managing a smart parking system using wireless sensor networks. *Journal of sensor and actuator networks*, 7(2), 1-20. <https://doi.org/10.3390/jsan7020024>
- Hosseini, M. H., Balal, E., Massahi, A., & Ghiasi, I. (2012). Developing optimal zones for urban parking spaces by Arc GIS and AHP. *Indian Journal of Science and Technology*, 5(11), 3618-3622.
- Inci, E. (2015). A review of the economics of parking. *Economics of Transportation*, 4(1-2), 50-63. <https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2014.11.001>
- Jambhulkar, P. D., & Thaware, S. R. (2022). Android application for smart parking system. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 4(4), 2638-2644.
- Kajanus, M., Kangas, J., & Kurttila, M. (2004). The use of value focused thinking and the A'WOT hybrid method in tourism management. *Tourism management*, 25(4), 499-506. [https://doi.org/10.1016/S0261-5177\(03\)00120-1](https://doi.org/10.1016/S0261-5177(03)00120-1)
- Kangas, J., Pesonen, M., Kurttila, M., & Kajanus, M. (2001). A'WOT: integrating the AHP with SWOT analysis. In Proceedings of the sixth International Symposium on the Analytic Hierarchy Process (ISAHP) (pp. 2-4).
- Kanteti, D., Srikar, D. V. S., & Ramesh, T. K. (2017). Intelligent smart parking algorithm. In 2017 International Conference On Smart Technologies For Smart Nation (SmartTechCon) (pp. 1018-1022). <https://doi.org/10.1109/SmartTechCon.2017.8358524>
- Klappenecker, A., Lee, H., & Welch, J. L. (2010). Finding available parking spaces made easy. In Proceedings of the 6th International Workshop on Foundations of Mobile Computing, (pp. 49-52). <https://doi.org/10.1145/1860684.1860696>
- Lee, S., Kim, D., Park, S., & Lee, W. (2021). A study on the strategic decision making used in the revitalization of fishing village tourism: using A'WOT analysis. *Sustainability*, 13(13), 7472. <https://doi.org/10.3390/su13137472>
- Levy, N., & Benenson, I. (2015). GIS-based method for assessing city parking patterns. *Journal of Transport Geography*, 46, 220-231. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.06.015>
- Litman, T. (2016). *Parking management: strategies, evaluation and planning* (2nd ed.). Canada: Victoria Transport Policy Institute.

- Loukaitou-Sideris, A., Liggett, R., & Sung, H. G. (2007). Death on the crosswalk: A study of pedestrian-automobile collisions in Los Angeles. *Journal of Planning Education and Research*, 26(3), 338-351. <https://doi.org/10.1177/0739456X06297008>
- Neha, Y., Saritha, V., Samyuktha, N., Gayathri, B., & Charith, A. (2022). *Smart parking system using object detection*. Proceedings of the 2nd Indian International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, (pp.148-154).
- Pandit, S. N., Akash, R., & Moharir, M. (2019). *Cloud based smart parking system for smart cities*. In 2019 International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT) (pp. 354-359). <https://doi.org/10.1109/ICSSIT46314.2019.8987592>
- Ruili, J., Haocong, W., Han, W., O'Connell, E., & McGrath, S. (2018). *Smart parking system using image processing and artificial intelligence*. In 2018 12th International Conference on Sensing Technology (ICST) (pp. 232-235). <https://doi.org/10.1109/ICSensT.2018.8603590>
- Runge, J. W., & Cole, T. B. (2002). Crosswalk markings and motor vehicle collisions involving older pedestrians. *JAMA*, 288(17), 2172-2174. <https://doi.org/10.1001/jama.288.17.2172>
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*, 15(3), 234-281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)
- Safi, Q. G. K., Luo, S., Pan, L., Liu, W., Hussain, R., & Bouk, S. H. (2018). SVPS: Cloud-based smart vehicle parking system over ubiquitous VANETs. *Computer Networks*, 138, 18-30.
- Saharan, S., Kumar, N., & Bawa, S. (2023). DyPARK: A dynamic pricing and allocation scheme for smart on-street parking system. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. <https://doi.org/10.1109/TITS.2022.3230851>.
- Sakurada, L., Barbosa, J., Leitão, P., Alves, G., Borges, A. P., & Botelho, P. (2019). *Development of agent-based cps for smart parking systems*. In 2019 45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, (IECON) (pp. 2964-2969). <https://doi.org/10.1109/IECON.2019.8926653>
- Shaikh, F. I., Jadhav, P. N., Bandarkar, S. P., Kulkarni, O. P., & Shardoor, N. B. (2016). Smart parking system based on embedded system and sensor network. *International Journal of Computer Applications*, 140(12), 45-51.
- Shao, C., Yang, H., Zhang, Y., & Ke, J. (2016). A simple reservation and allocation model of shared parking lots. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 71, 303-312. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2016.08.010>
- Shoup, D. C. (2006). Cruising for parking. *Transport policy*, 13(6), 479-486. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2006.05.005>
- Thomas, D., & Kovoor, B. C. (2018). A genetic algorithm approach to autonomous smart vehicle parking system. *Procedia Computer Science*, 125, 68-76. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.12.011>
- Turki, M., Dammak, B., & Mars, R. (2022). *A Private Smart parking solution based on Blockchain and AI*. In 2022 15th International Conference on Security of Information and Networks (SIN) (pp. 1-7). <https://doi.org/10.1109/SIN56466.2022.9970548>
- Vakula, D., & Kolli, Y. K. (2017). *Low-cost smart parking system for smart cities*. In 2017 International Conference on Intelligent Sustainable Systems (ICISS) (pp. 280-284). <https://doi.org/10.1109/ISS1.2017.8389415>
- Vera-Gómez, J. A., Quesada-Arencibia, A., García, C. R., Suárez Moreno, R., & Guerra Hernández, F. (2016). An intelligent parking management system for urban areas. *Sensors*, 16(6), 931. <https://doi.org/10.3390/s16060931>
- Willson, R. W., & Shoup, D. C. (1990). Parking subsidies and travel choices: Assessing the evidence. *Transportation*, 17, 141-157. <https://doi.org/10.1007/BF02125333>