

AKILLI ŞEHİRLER İÇİN PARK YÖNETİM SİSTEMİ

Aslı SEBATLI SAĞLAM



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKILLI ŞEHİRLER İÇİN PARK YÖNETİM SİSTEMİ

Aslı SEBATLI SAĞLAM
0000-0002-9445-6740

Prof. Dr. Fatih ÇAVDUR
(Danışman)

DOKTORA TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2023
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Aslı SEBATLI SAĞLAM tarafından hazırlanan “AKILLI ŞEHİRLER İÇİN PARK YÖNETİM SİSTEMİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Fatih ÇAVDUR

- Başkan** : Prof. Dr. Erdal EMEL İmza
0000-0002-9220-7353
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
- Üye** : Prof. Dr. Fatih ÇAVDUR İmza
0000-0001-8054-5606
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Yöneylem Araştırması Anabilim Dalı
- Üye** : Prof. Dr. Gürkan ÖZTÜRK İmza
0000-0002-9480-176X
Eskişehir Teknik Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
- Üye** : Prof. Dr. Ali Ekrem ÖZKUL İmza
0000-0002-5522-850X
Mudanya Üniversitesi,
Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi,
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
- Üye** : Prof. Dr. Tülin İNKAYA İmza
0000-0002-6260-0162
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali KARA
Enstitü Müdürü
.././.....

B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

19/07/2023

Ash SEBATLI SAĞLAM

TEZ YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezin/raporun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma izni Bursa Uludağ Üniversitesi'ne aittir. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları ile tezin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları tarafımıza ait olacaktır. Tezde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederiz.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında, yönerge tarafından belirtilen kısıtlamalar olmadığı takdirde tezin YÖK Ulusal Tez Merkezi / B.U.Ü. Kütüphanesi Açık Erişim Sistemi ve üye olunan diğer veri tabanlarının (Proquest veri tabanı gibi) erişimine açılması uygundur.

Fatih ÇAVDUR
19/07/2023

Aslı SEBATLI SAĞLAM
19/07/2023

İmza

Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum
anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.

İmza

Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum
anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.

ÖZET

Doktora Tezi

AKILLI ŞEHİRLER İÇİN PARK YÖNETİM SİSTEMİ

Aslı SEBATLI SAĞLAM

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fatih ÇAVDUR

Trafik yoğunluğu, günlük hayatta sıklıkla karşı karşıya kalınan insan ve toplum üzerinde olumsuz etkilere neden olan bir problemdir. Dünya nüfusundaki ve şehirleşmedeki hızlı artış, şehir içi trafik yoğunluğunu daha da arttırmaktadır. Bu yoğunluğun ortalama %30'una ise uygun park yeri bulmak için yapılan yolculuklar neden olmaktadır. Park problemi, bilgi ve iletişim teknolojilerinin ulaştırma alanında kullanılması ile ortaya çıkan akıllı ulaşım sistemleri çerçevesinde ele alınarak çözülebilir. Bu tez çalışmasında, akıllı şehirler için bütünlük bir park yönetim sistemi önerilmektedir. Geliştirilen sistem, otoparkların uygunluğunun tahmini ile ajan-tabanlı bir park öneri mekanizmasını entegre bir şekilde içermekte ve rezervasyonlu araçlar ile rezervasyonsuz araçlar birlikte ele alınmaktadır. Otoparkların uygunluğunun tahmin edildiği ilk aşamada, literatürde yer alan farklı tahmin yöntemleri kullanılmaktadır. Ardından, geliştirilen ajan-tabanlı model ile farklı tipteki araçlar için maksimum faydalı park önerileri sunulmaktadır. Burada kalkış noktası ile aday otoparklar arasındaki sürüş mesafesi/süresi, varış noktası ile aday otoparklar arasındaki yürüme mesafesi, otopark ücreti, aday otoparkların etrafındaki trafiğe karşılık gelen yönlendirilen araç derecesi ve otoparkların uygunluk derecesi dikkate alınmaktadır. Mikro ölçekte, söz konusu fayda fonksiyonu parametrelerine verilen ağırlık cinsinden farklı kullanıcı davranışları ele alınmaktadır. Makro ölçekte ise sistemi oluşturan farklı aktörler (araçlar ve otoparklar) için farklı bakış açılarını yansıtabilecek şekilde yürüme mesafesi eşik değerinin ve ücret eşik değerinin farklı değerleri için senaryolar oluşturulmuştur. Buna ek olarak, önerilen park yönetim sisteminin önemini ve gerekliliğini vurgulamak amacıyla, rezervasyonlu ve rezervasyonsuz araç tiplerine ek olarak önerilen sistemi kullanmayarak rassal arama yapan araçlar da ele alınmıştır. Uygun park yeri arayan araçların, geliştirilen sistemi kullanım oranları da yürüme mesafesi ve ücret eşik değerlerine ek olarak bir diğer senaryo parametresi olarak dikkate alınmıştır. Uygulama aşamasında, dünyadaki bilinen bir park yönetim sisteminin veri seti kullanılmıştır. Söz konusu veri seti kullanılarak farklı senaryolar için elde edilen sonuçlar çeşitli performans parametrelerine göre analiz edilmiştir. Son olarak, farklı park yönetim stratejilerini simüle ederek elde edilen sonuçların analiz edilebilmesi için bir kullanıcı arayüzü prototipi geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı ulaşım sistemleri, akıllı şehirler, park tahmini, park yönetimi, ARIMA, yapay sinir ağları, ajan-tabanlı modelleme, simülasyon
2023, vii + 134 sayfa.

ABSTRACT

PhD Thesis

A PARK MANAGEMENT SYSTEM FOR SMART CITIES

Aslı SEBATLI SAĞLAM

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Industrial Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Fatih ÇAVDUR

Traffic congestion is a problem that is frequently encountered in daily life and causes negative effects on people and society. The rapid increase in the world's population and urbanization further increases urban traffic density. On average, 30% of this congestion is caused by trips to find an available parking space. The parking problem can be solved by addressing it within the framework of intelligent transportation systems that emerged with the use of information and communication technologies in the field of transportation. In this thesis, an integrated parking management system for smart cities is proposed. The proposed system integrates the prediction of parking space availability and an agent-based parking recommendation mechanism and considers both reservation and non-reservation vehicles. In the first phase, where the availability of parking spaces is predicted, different prediction methods in the literature are used. Then, an agent-based model is developed to provide maximum utility parking recommendations for different types of vehicles. The driving distance/duration between the departure point and the candidate parking spaces, the walking distance between the destination point and the candidate parking spaces, the parking fee, the degree of directed vehicles corresponding to the traffic around the candidate parking spaces, and the degree of availability of the parking spaces are considered. At the micro level, different user behaviors are considered in terms of the weights given to these utility function parameters. At the macro level, scenarios are created for different values of the walking distance threshold and the parking fee threshold to reflect the different perspectives of the different actors (vehicles and parking spaces) that make up the system. In order to emphasize the importance and necessity of the proposed parking management system, in addition to the reservation and non-reservation vehicle types, vehicles that do not use the proposed system and randomly searching for parking are also considered. The utilization rate of the proposed system by vehicles searching for an available parking space is also considered as another scenario parameter in addition to the walking distance and parking fee thresholds. In the implementation phase, the dataset of a well-known parking management system in the world is used. Using this dataset, the results obtained for different scenarios are analyzed according to various performance parameters. Finally, a user interface prototype is developed to simulate different parking management strategies and analyze the results.

Key words: Intelligent transportation systems, smart cities, parking prediction, parking management, ARIMA, artificial neural networks, agent-based modeling, simulation
2023, vii + 134 pages.

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitim hayatım boyunca bilgi, birikim ve tecrübeleri ile yol gösteren, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Fatih ÇAVDUR'a; doktora tez izleme komitemde yer alarak kıymetli bilgilerini esirgemeyen ve tezime katkı sağlayan sayın hocalarım Prof. Dr. Erdal EMEL ve Prof. Dr. Gürkan ÖZTÜRK'e; birlikte çalıştığımız kısa süre içerisinde değerli tecrübelerini aktararak mesleki vizyonumu genişleten sayın hocam Prof. Dr. Ali Ekrem ÖZKUL'a ve tez savunma sınavımda yer alarak kıymetli görüşlerini aktaran sayın hocam Prof. Dr. Tülin İNKAYA'ya teşekkürlerimi sunarım. Bugünlere gelmemde katkısı olan ve adını sayamadığım eğitim hayatıma dokunmuş tüm eğitmenlere şükranlarımı sunarım.

Bir ağacın altına uzanıp dinlenen bir kaz, başını kaldırır ve havada uçan kazları görür. Ardından onlara seslenir: "Ey, yüz kazlar! Nereye gidiyorsunuz, ben de size katılabilir miyim?" Havada uçan kazlar cevap verir: "Biz yüz kazlar değiliz. Bizim kadar, yarımız kadar, yarımızın yarısı kadar daha ve bir de sen gelirsene yüz kazlar olacağız. Kaç kaz olduğumuzu hesaplayabilirsen bize katılabilirsin. İşte, benim matematikle tanışmam bu soru sayesinde oldu. Henüz ilkokul yıllarımda başındayken beni matematikle ve denklem sistemleri ile tanıştıran, bugün büyük sistemleri modelleyebilmem için analitik düşünce gücünü aşıl原因an, mühendis olmamda büyük payı olan, meslek büyüğüm babam Vedat SEBATLI'ya; hayatın matematikten ibaret olmadığını öğreten, bizi biz yapan, hayat enerjimi annem Ferhan SEBATLI'ya; varlıklarıyla hayatıma anlam katan ve her zaman bana destek olan kardeşlerim Talha SEBATLI ve Zeynep SEBATLI'ya; ilkokul yıllarımdan beri yanımda olan, hayatın her alanında olduğu gibi akademik kariyerimde de beni yalnız bırakmayan ve bana benden çok inanarak her zaman elimden tutan yol arkadaşım, biricik eşim Opr. Dr. Murat Enes SAĞLAM'a teşekkürlerimi sunarım.

Desteğini her daim hissettiğim, çevrimiçi ofis arkadaşım ve kıymetli dostum Tuğçe HASIRCILAR ÇAKAL'a; her zaman yanımda olan dostlarım Duygu EKER ERDEM ve Gülcan ÇAĞLAR'a; lisansüstü eğitimin zorlu dönemlerinden birlikte geçtiğimiz arkadaşlarım Hilal ATICI ULUSU, Zeynep ÜSTÜNEL, Elif KAYMAZ, Tuğçe ATEŞ ve Merve BAKIR'a; çalışma arkadaşlarım Merve KÖSE KÜÇÜK ve Gülveren TABANSIZ'a teşekkür eder, meslek hayatlarında başarılar dilerim.

Bu tez çalışması, YÖK 100/2000 Doktora Burs Programı kapsamında desteklenmiştir. Doktora eğitim sürecim, TÜBİTAK BİDEB 2211/A Yurt İçi Genel Doktora Burs Programı kapsamında desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı YÖK'e ve TÜBİTAK'a teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Bu çalışmayı, bugüne kadar insanlığa katkı sağlayarak bilimi günümüzdeki seviyeye ulaştıran tüm bilim insanlarına ithaf ediyorum...

Aslı SEBATLI SAĞLAM
19/07/2023

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	6
2.1. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Akıllı Şehirler.....	6
2.2. Park Yeri Uygunluğunun Tahmini.....	9
2.3. Park Yönetim Sistemleri	13
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	21
3.1. Materyal	21
3.1.1. Zaman serisi tahmini	21
3.1.2. Ajan-tabanlı modelleme	27
3.2. Yöntem	31
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	51
4.1. Veri Ön-İşleme.....	51
4.2. Uygun Tahmin Modeli Yapılarının Belirlenmesi	56
4.3. Uygulama, Bulgular ve Tartışma	67
5. SONUÇ	90
KAYNAKLAR	95
EKLER.....	104
EK 1 Performans Parametreleri: Kurgu – 1	105
EK 2 Performans Parametreleri: Kurgu – 2	118
ÖZGEÇMİŞ	131

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
ARI	Sürücü Radyo Yayını Bilgi Sistemi (Autofahrer Rundfunk Informationssystem)
ARIMA	Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama Modeli (Autoregressive Integrated Moving Average)
ATIS	İleri Yolcu Bilgi Sistemleri (Advanced Traveler Information Systems)
ATMS	İleri Ulaşım Yönetim Sistemleri (Advanced Transportation Management Systems)
AUS	Akıllı Ulaşım Sistemleri
AVCS	İleri Araç Kontrol Sistemleri (Advanced Vehicle Control Systems)
BPR	Kamu Yolları Bürosu (Bureau of Public Roads)
CACS	Kapsamlı Araç Trafik Kontrol Sistemi (Comprehensive Automobile Traffic Control System)
ELECTRE	Eleme ve Gerçeği İfade Eden Seçim (Elimination and Choice Translating Reality)
ERGS	Elektronik Güzergah Kılavuz Sistemi (Electronic Route Guidance System)
NARX	Dışsal Girdili Doğrusal Olmayan Otoregresif Ağ (Nonlinear Autoregressive Network with Exogenous Inputs)
NHTSA	Ulusal Karayolu Trafik Güvenliği İdaresi (National Highway Traffic Safety Administration)
SARIMA	Mevsimsel Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama Modeli (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average)
SFMTA	San Francisco Belediyesi Ulaştırma Ajansı (San Francisco Municipal Transportation Agency)
VBA	Visual Basic for Applications
YSA	Yapay Sinir Ağları

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Çok-katmanlı AUS yapısı.....	8
Şekil 3.1. Park tahmininin önemini gösteren örnek park etme problemi.....	22
Şekil 3.2. Örnek YSA yapısı gösterimi.....	27
Şekil 3.3. Sistem bileşenleri: Kurgu – 1.....	32
Şekil 3.4. Sistem bileşenleri: Kurgu – 2.....	33
Şekil 3.5. Ajan-tabanlı park öneri modülü iş akış şeması: Kurgu – 1.....	41
Şekil 3.6. Ajan-tabanlı park öneri modülü iş akış şeması: Kurgu – 2.....	50
Şekil 4.1. Ortalama doluluk oranları.....	57
Şekil 4.2. Senaryo parametrelerinin gezinen araç oranına etkisi: Kurgu – 1.....	71
Şekil 4.3. Senaryo parametrelerinin global maliyete etkisi: Kurgu – 1.....	72
Şekil 4.4. Kurgu – 2 kapsamında ele alınan harita.....	78
Şekil 4.5. Senaryo parametrelerinin gezinen araç oranına etkisi: Kurgu – 2.....	82
Şekil 4.6. Senaryo parametrelerinin global maliyete etkisi: Kurgu – 2.....	83
Şekil 4.7. Geliştirilen kullanıcı arayüzü başlangıç ekranı.....	88
Şekil 4.8. Örnek uygulamanın gösterimi.....	89

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Park yeri uygunluğu tahmin çalışmaları	12
Çizelge 2.2. Park yönetim sistemi çalışmaları	19
Çizelge 3.1. Araç ajanının özellikleri: Kurgu – 1	35
Çizelge 3.2. Otopark ajanının özellikleri: Kurgu – 1	36
Çizelge 3.3. Araç ajanının özellikleri: Kurgu – 2	42
Çizelge 3.4. Otopark ajanının özellikleri: Kurgu – 2	43
Çizelge 3.5. Yol ağı ajanının özellikleri: Kurgu – 2	44
Çizelge 4.1. Kapalı otopark veri seti açıklamaları (SFMTA, 2013)	52
Çizelge 4.2. Yol-üstü otopark veri seti açıklamaları (SFMTA, 2013).....	53
Çizelge 4.3. Yol-üstü otopark veri setine eklenen alanlar	54
Çizelge 4.4. Gelişler arası sürelerin analizi.....	55
Çizelge 4.5. Servis sürelerinin analizi.....	55
Çizelge 4.6. ARIMA tasarımlarının sonuçları	60
Çizelge 4.7. SARIMA tasarımlarının sonuçları	61
Çizelge 4.8. YSA tasarımlarının sonuçları.....	62
Çizelge 4.9. Ele alınan bölge için ARIMA tasarımlarının sonuçları	65
Çizelge 4.10. Ele alınan bölge için SARIMA tasarımlarının sonuçları	65
Çizelge 4.11. Ele alınan bölge için YSA tasarımlarının sonuçları.....	66
Çizelge 4.12. Kurgu – 1 için elde edilen sonuçların özeti	69
Çizelge 4.13. Performans parametrelerinin analizi: Kurgu – 1 / 75. senaryo	74
Çizelge 4.14. Yürüyüş mesafesi eşik değerinin etkisi: Kurgu – 1 / 60. senaryo	76
Çizelge 4.15. Ücret eşik değerinin etkisi: Kurgu – 1 / 69. senaryo.....	77
Çizelge 4.16. Kurgu – 2 için elde edilen sonuçların özeti	79
Çizelge 4.17. Performans parametrelerinin analizi: Kurgu – 2 / 75. senaryo	85
Çizelge 4.18. Yürüyüş mesafesi eşik değerinin etkisi: Kurgu – 2 / 30. senaryo	86
Çizelge 4.19. Ücret eşik değerinin etkisi: Kurgu – 2 / 66. senaryo.....	87

1. GİRİŞ

Dünya nüfusu hızla artmakta ve 2050 yılına gelindiğinde toplam nüfusun %80'inin şehirlerde yaşayacağı tahmin edilmektedir (Chang ve Kalawsky, 2017). Nüfus oranındaki bu artışla birlikte, trafiğe katılan araç sayısı da artmakta ve bu durum trafik yoğunluğuna neden olmaktadır. Trafik yoğunluğunun yaklaşık %30'una ise uygun bir park yeri bulmak için yapılan yolculuklar neden olmaktadır, trafiğin yoğun olduğu saatlerde ise bu oran %50'ye kadar çıkmaktadır (Enriquez vd., 2017; Jin vd., 2012; T. Lin, Rivano ve Le Mouel, 2017). ABD'de yapılan bir araştırma bu durumun 4,2 milyar saat daha fazla, dünyanın etrafını 38 kere gezmeye eş değer, yolculuğa ve 2,9 milyar galon ekstra yakıt tüketimine neden olduğunu göstermektedir (Schrank ve Lomax, 2007; White 2007). Park yeri bulmak için harcanan süre ise ortalama 8,1 dakikadır (Shoup, 2006). T. S. Lin (2015) tarafından sunulan tez çalışmasında, trafiğin yoğun olduğu şehir içi ticaret bölgelerinde park yeri aramak için harcanan sürenin günde en az 400 saat olduğu belirtilmiştir. Cookson (2019) tarafından sunulan bir raporda ise bir sürücünün yılda ortalama 17 saatini park yeri arayarak geçirdiği ve New York gibi büyük şehirlerde bu sürenin 107 saate kadar çıktığı göze çarpmaktadır. 2016 yılında yapılan bir park sistemi araştırmasının sonuçları, %60'tan fazla özel aracın boş yeri olan bir park yerini hızlı bir şekilde tespit edemediğini, buna karşın park yerlerinin ortalama kullanım oranlarının sadece %70,7 olduğunu göstermektedir (S. Y. Zhang ve Zhang, 2017). Z. Mei, Zhang, Zhang ve Wang (2020) ise bu sorunun iki temel nedeni olduğunu öne sürerek ilk nedenin, araçların hem yolculuk başlamadan önce hem de yolculuk sırasında otoparklar hakkında bilgi edinememesinin olduğunu ifade etmişlerdir. Bir diğer neden ise araçların her zaman varış noktasına yakın olan park yerlerine park etmek istemesi nedeniyle popüler yerlerde park yerlerinin yetersizliğinin ve aşırı tüketiminin olmasıdır. Manville ve Shoup (2005) tarafından yapılan çalışmada ise büyük şehirlerde iş merkezlerinin yoğun olduğu bölgelerdeki park alanlarının toplam alanın %31'ini işgal ettiği ve bu sayının birtakım şehirlerde %7 (Tokyo) iken bazı şehirlerde ise %81 (Los Angeles) olduğu belirtilmiştir. Sürücülerin/araçların uygun bir park yeri bulmak için trafikte harcadığı zaman yalnızca trafik sıkışıklığına neden olmamakta, aynı zamanda yakıt tüketimini ve karbondioksit salınımını da arttırmaktadır. Araçların hızı park yeri ararken düşmekte ve bu durum da çevre kirliliğini önemli ölçüde arttırmaktadır. 20 km/sa hızla giden bir aracın karbon

monoksit ve nitrojen hidrit emisyonları 50 km/sa hızla gittiği duruma göre %50'den daha fazladır (Teng vd., 2001). Ayala vd. (2011) tarafından Chicago'da yapılan çalışmada, uygun park yeri bulmak için yapılan yolculuklar nedeniyle, yılda 63 milyon mil mesafe katedildiği ve çevreye 48 000 ton karbondioksit yayıldığı belirtilmiştir. Dolayısıyla, uygun bir park yerinin bulunması sürücü/araç tarafında zaman ve yakıt tasarrufu açısından öneme sahipken; trafik sıkışıklığı ve hava kirliliği de dikkate alındığında toplum ve çevre için daha kritik bir problem haline dönüşmektedir. Öte yandan, otopark yöneticisi tarafından problem ele alındığında parkın doluluğunun ve buna bağlı olarak park alanından elde edilecek gelirin de dikkate alınması ile problem daha karmaşık bir hal almaktadır. Park yönetim problemi, bahsedilen tüm unsurları içerecek şekilde, bilgi ve iletişim teknolojisindeki imkanların ulaştırma alanında kullanılması ile ortaya çıkan Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) çerçevesinde ele alınabilir. AUS kavramı ise insan üzerindeki karar verme yükünü hafifletmek amacıyla, ulaşım çözümleri geliştirmeye yönelik sistemler olarak tanımlanmaktadır (T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2014). Uygun park yeri bulma problemi, sebep olduğu trafik yoğunluğu, zaman kaybı ve çevre kirliliği nedeniyle kritik bir ulaşım sorunu olup AUS çerçevesinde çözümü aranan bir problem tipidir. Akıllı park uygulamalarının avantajları ise aşağıdaki gibi özetlenebilir (Saric ve Mihaljevic, 2017):

- Araçların (araç hareketliliğinin) verimli kullanımı
- Park alanının tam kullanımı
- Ücretsiz park yerleri için arama süresinin azalması
- Trafik sıkışıklığının azalması
- Emisyonu azaltarak şehirdeki kirlilik seviyesinin düşmesi
- Gerçek zamanlı talep dikkate alarak park fiyatlandırma stratejilerinin manipülasyonu
- Yol kenarında kural dışı park etmiş araçların azaltılması
- Akıllı şehir içi hareketlilik çözümlerinin genel hareketliliğinde ve gelecekteki gelişiminde iyileştirmeler yapılması

Bu tez çalışmasında, akıllı şehirler için otoparkların uygunluğunun tahmini ile ajan-tabanlı bir park öneri mekanizmasını bütünleşik bir şekilde içeren bir park yönetim

sistemi önerilmektedir. Geliştirilen sistemde, rezervasyonlu araçlar ile rezervasyonsuz araçlar birlikte ele alınmaktadır. Gelişen bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde uygun bir park yerinin bulunmasının ardından gidilecek yere varılmadan, park yerinin rezervasyonu mümkün hale gelmektedir. Günümüzde uygun alt yapıya sahip araçların da trafikte aktif rol almasıyla rezervasyon seçeneği daha anlamlı hale gelmektedir ve bu araçlar, henüz varış noktasına ulaşmadan uygun bir park yeri için doğrudan rezervasyon yapabilme özelliğine sahiptirler. Rezervasyon ücreti ise rezervasyonun yapıldığı andan itibaren ilgili otoparka ulaşmaya kadar geçen süre ile ilişkilendirilerek hesaplanmaktadır ve park ücretine dahil edilmektedir. Çalışmanın ilk aşamasını oluşturan otoparkların uygunluğunun tahmin edildiği aşamada, literatürde yer alan üç farklı tahmin yöntemi kullanılmaktadır: (i) otoregresif entegre hareketli ortalama (Autoregressive Integrated Moving Average – ARIMA) modeli, (ii) mevsimsel otoregresif entegre hareketli ortalama (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average – SARIMA) modeli ve (iii) Yapay Sinir Ağları (YSA). Tahmin aşamasında, park yerlerinin yalnızca geçmiş doluluk oranları değil, bu doluluk oranlarını etkileyen gün tipi ve saat dilimi olmak üzere dışsal değişkenler de dikkate alınmaktadır. Öncelikle, bir defaya mahsus olmak üzere, ele alınan yöntemlerin her birinin farklı model yapıları ile tahminler yapılmış ve her bir yöntem için en iyi model tasarımı bulunmuştur. Bütünleşik yapı içerisinde ise söz konusu yöntemler için belirlenen en iyi tasarımlar kullanılarak her bir otopark için uygun kapasite tahmini yapılmakta ve elde edilen sonuçlar ortalama karesel hatalar cinsinden değerlendirilmektedir. En iyi performans ait yöntem ile hesaplanan uygun kapasite değeri, ajan-tabanlı park öneri sisteminin girdisi olarak ele alınmaktadır.

Otoparkların uygunluğunun tahmin edilmesinin ardından, geliştirilen ajan-tabanlı model ile farklı tipteki araçlar için maksimum faydalı park önerileri sunulmaktadır. Burada kalkış noktası ile aday park yerleri arasındaki sürüş mesafesi/süresi, varış noktası ile aday park yerleri arasındaki yürüme mesafesi, otopark ücreti, aday park yerleri etrafındaki trafiğe karşılık gelen yönlendirilen araç derecesi ve park yerlerinin uygunluk derecesi parametreleri dikkate alınmaktadır. Mikro ölçekte, söz konusu fayda fonksiyonu parametrelerine verilen ağırlıklar cinsinden farklı kullanıcı davranışları ele alınmaktadır. Makro ölçekte ise sistemi oluşturan farklı aktörler (araçlar ve otoparklar) için farklı bakış açılarını yansıtacak şekilde yürüme mesafesi eşik değeri ve ücret eşik değerinin farklı

değerleri için senaryolar oluşturulmuştur. Buna ek olarak, önerilen park yönetim sisteminin önemini ve gerekliliğini vurgulamak amacıyla, rezervasyonlu ve rezervasyonsuz araç tiplerine ek olarak önerilen sistemi kullanmayarak rassal arama yapan araçlar da ele alınmıştır. Uygun park yeri arayan araçların, geliştirilen sistemi kullanım oranları da yürüme mesafesi ve ücret eşik değerlerine ek olarak bir diğer senaryo parametresi olarak ele alınmıştır. Çalışma kapsamında, ajan-tabanlı park öneri sistemi çerçevesinde birbirinden bağımsız iki ayrı kurgu geliştirilmiştir. Kurgu – 1 olarak sunulan yapı kesikli-olay simülasyonu olarak kurgulanarak sisteme daha yukarıdan bakmaktadır. Burada, olay-tabanlı bir yapı ile park süreci simüle edilmektedir ve ilgili bölümde detayları sunulduğu üzere bu kurguda araç ve otopark olmak üzere iki tip ajan yer almaktadır. Tahmin ve ajan-tabanlı park öneri modüllerine ek olarak, senaryo oluşturma, analiz yapma ve fayda fonksiyonu parametrelerini hesaplama gibi birtakım yardımcı işlemleri gerçekleştiren modüller de yer almaktadır. Kurgu – 2 olarak adlandırılan yapı ise dinamik trafik koşullarının da dikkate alındığı bir sürekli-zaman simülasyonu olarak geliştirilen sistemdir. Burada, dinamik yol ağı üzerinde araçların konumları ve trafik durumu da dikkate alındığından Kurgu – 1’e kıyasla sistem daha derinden ele alınmaktadır. Kurgu – 1’deki araç ve otopark ajanlarına ek olarak burada yol ağı ajanı da sisteme dahil edilmiştir. Araçların bu ağ üzerinde izledikleri rota da optimize edilmekte ve araçların bu rota üzerindeki konumları takip edilerek park kararları dinamik olarak verilmektedir. Kurgu – 1’de yer alan modüllere ek olarak bu yapıda rotalama modülü de geliştirilmiştir. Uygulama aşamasında, San Francisco’da yapılan SFpark projesinin veri seti kullanılmıştır (San Francisco Municipal Transportation Agency [SFMTA], 2013). Söz konusu veri seti kullanılarak farklı senaryolar için elde edilen sonuçlar çeşitli performans parametrelerine göre analiz edilmiştir. Son olarak, farklı park yönetim stratejilerini simüle ederek elde edilen sonuçların analiz edilebilmesi için bir kullanıcı arayüzü prototipi geliştirilmiştir.

Bu tez çalışmasının literatüre olan katkısı; (i) park tahmini ve önerisinin bütünleşik yapı altında entegre edilmesi, (ii) rezervasyonlu ve rezervasyonsuz araçlar ile rassal arama yapan araçların birlikte ele alınması, (iii) mikro ölçekte fayda fonksiyonu parametrelerine verilen ağırlıklar cinsinden farklı kullanıcı davranışlarının ele alınması ve (iv) makro ölçekte ise sistemi oluşturan farklı aktörler (araçlar ve otoparklar) için farklı bakış

açılarını yansıtacak şekilde yürüme mesafesi eşik değeri, ücret eşik değeri ve sistemi kullanan araç oranının farklı değerleri için farklı senaryoların dikkate alınması ile birlikte elde edilen sonuçların analiz edilmesidir. Bunlara ek olarak, ilerleyen bölümlerde detayları sunulduğu üzere, tezin motivasyonu ile uyumlu olacak şekilde aday park yerleri etrafındaki trafiğe karşılık gelen yönlendirilen araç derecesi ve park yerlerinin uygunluk derecesi değerlerinin de fayda fonksiyonu parametresi olarak ele alınış şekli tezin bir diğer özgün yönünü oluşturmaktadır. Yalnızca araç kalkış noktası ile aday park yerleri arasındaki sürüş rotasının değil, aday park yerleri ile varış noktası arasındaki yürüyüş rotasının da optimize edilmesi çalışmanın bir diğer özgün değeridir. Tez çalışması kapsamında önerilen park yönetim sisteminin, yerel ve merkezi yönetimlerin ulaşım planlamasında kullanılabilecek bir karar destek aracının alt yapısını oluşturduğu söylenebilir. Böylelikle, uygun park yeri bulmak için yapılan yolculuklar azaltılarak hem yakıt tüketiminde hem de trafikte harcanan sürelerde azalışlar beklenmektedir. Yakıt tüketimindeki düşüşle birlikte karbon salınımı ve çevre kirliliğinin azaltılmasına olanak sağlanacaktır. Bunlara ek olarak, faydalı bir şekilde yönetilen bir park sisteminin insan ve toplum sağlığı için de önemli katkıları olacağı düşünülmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölüm kendi içerisinde üç alt bölüm halinde ele alınmış olup ilk bölümde AUS ve akıllı şehirler ile ilgili genel bilgi verilmiştir. Takip eden alt bölümlerde ise sırasıyla, park yeri uygunluğunun tahmini ve park yönetim sistemleri kapsamında literatürde yer alan güncel çalışmalar sunulmuştur.

2.1. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Akıllı Şehirler

Ulaşım sistemlerini düzenlemeye yönelik yapılan çalışmalara bakıldığında, bu alandaki ilk uygulamaların trafik lambalarının kullanılması ile başladığı söylenebilir. İlk üç renkli trafik sinyali 1914'te kullanılmış ve ardından ilk parkmetre 1935'te kurulmuştur. Güvenlik ise 1930'ların ortalarından beri bilinen bir ulaşım sorunudur, ancak devlet kurumları 1960'lardan başlayarak araç ve karayolu güvenliği standartlarını belirlemeye başlamışlardır. Emniyet kemerleri, yastıklı gösterge panelleri, standart tampon yükseklikleri ve çift fren sistemleri 1967'de yeni otomobiller için zorunlu hale getirilmiştir. Daha sonra hava yastıkları ve çocuk oto koltukları gibi standartlar uygulanmıştır. ABD'de 1970'te Karayolu Güvenliği Yasası ile Ulusal Karayolu Trafik Güvenliği İdaresi (National Highway Traffic Safety Administration – NHTSA) kurulmuştur. Böylece ulaşım sisteminde ileri teknolojilerin kullanımı ile ilgili kavramlar ortaya çıkmıştır. Bir diğer ifadeyle, bu dönemde AUS'un temellerinin atıldığı söylenebilir. Güvenlik sorunu, trafik sıkışıklığının azaltılmasının ve hareketliliğin geliştirilmesinin amaçlanması AUS'a duyulan ihtiyacın arkasındaki itici güç olmuştur (Auer vd., 2016). Yolların kapasitesinden en yüksek düzeyde faydalanmak, insan-araç-altyapı-merkez arasında çok yönlü veri alışverişi sağlamak, güvenliği arttırmak, trafik sıkışıklığını azaltmak, hareketliliği geliştirmek, enerji verimliliğini arttırmak ve buna bağlı olarak çevreye verilen zararı azaltmak AUS uygulamalarının temel amaçlarıdır.

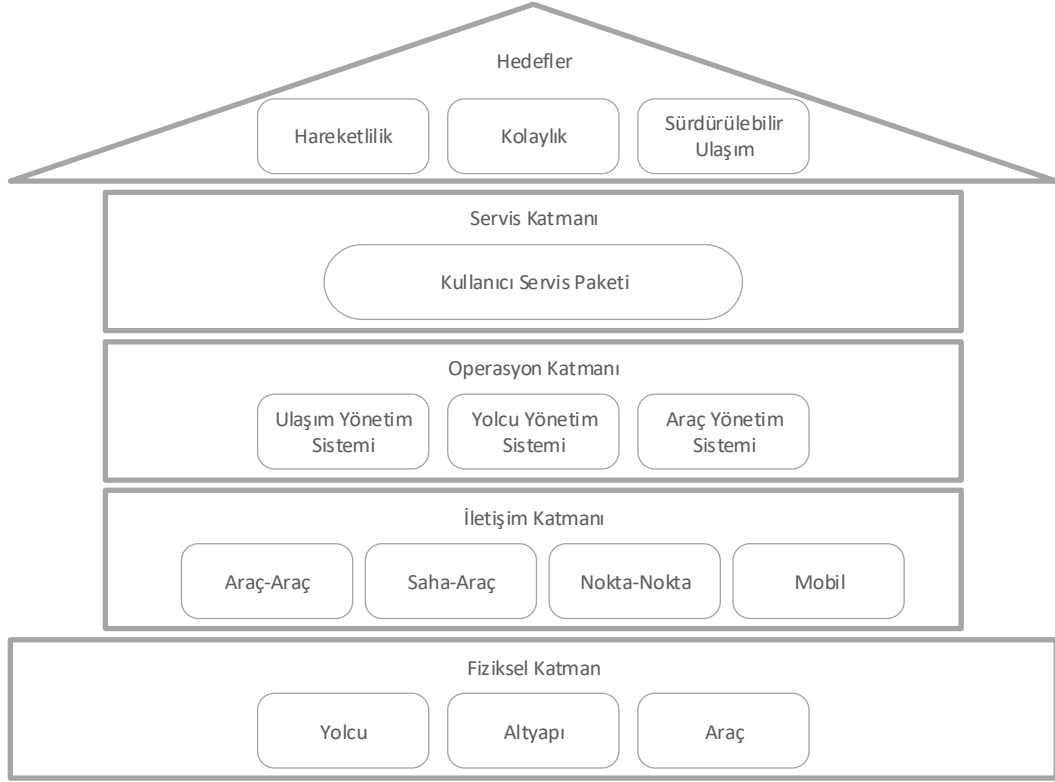
Dünyada ilk AUS uygulaması ise 1960'ların sonunda kullanılmaya başlanan elektronik değişken mesaj işaretleri ve kırmızı ışık kameraları olarak kabul edilmektedir. Dünyada öne çıkan ilk AUS uygulamaları arasında; ABD'de 1969'da geliştirilen Elektronik Güzergah Kılavuz Sistemi (Electronic Route Guidance System – ERGS), Japonya'da 1973'te sunulan Kapsamlı Araç Trafik Kontrol Sistemi (Comprehensive Automobile

Traffic Control System – CACS) ve Almanya’da 1974’te geliştirilen Sürücü Radyo Yayını Bilgi Sistemi (Autofahrer Rundfunk Informationssystem – ARI) gösterilmektedir (S. H. An, Lee ve Shin, 2011).

Türkiye’de ise 1984’te İstanbul’da gerçekleştirilen ve ana arterlerde bulunan kavşaklarda zaman dilimlerine göre yapılan sinyalizasyon çalışmaları ile AUS çalışmalarının temelini atıldığı söylenebilir. Bu çalışmaları, 1990’lı yıllarda çeşitli ücretlendirme sistemleri ve kartlı ödeme sistemleri takip etmiştir (Yardım ve Akyıldız, 2005). 1990’lı yılların sonunda ve 2000’li yılların başında kurulan trafik kontrol merkezleri, yol ve trafik bilgilendirme sistemleri, köprü ve ücretli yol geçiş sistemleri, elektronik denetleme sistemleri, adaptif kavşak kontrol sistemleri ve otomatik araç sayım sistemleri Türkiye’de AUS’un yaygınlaştırılması noktasında önemli adımlar olmuştur (Katanalp vd., 2018). Türkiye’de günümüzdeki anlamıyla, AUS kavramı ilk olarak 2000’lerde birtakım ulusal politika belgelerinde bir ihtiyaç olarak ele alınmıştır. Ancak tam anlamıyla ele alınması ve bu alanda ülkemizde izlenecek yolların belirlenmesi “Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi 2014-2023 ve Eki Eylem Planı 2014-2017” raporunun sunulması ile olmuştur (Meriç, 2018). Burada yer alan eylem kararınca 2016 yılında AUS Türkiye Derneği kurulmuştur ve günümüzde T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı’nın himayesinde faaliyet göstermektedir (Akıllı Ulaşım Sistemleri Derneği, 2017).

Şekil 2.1’de görüldüğü gibi AUS’un çok-katmanlı bir yapısı bulunmaktadır. Bu yapıyı oluşturan katmanlar ise (i) fiziksel katman, (ii) iletişim katmanı, (iii) operasyon katmanı ve (iv) servis katmanıdır. Fiziksel katman ulaşım sistemindeki altyapı, araçlar ve insanlar olmak üzere tüm fiziksel bileşenleri içermektedir. Bu katmanda yer alan veriler ise sensörler ve onların bulunduğu platformlar aracılığıyla elde edilmektedir. İletişim katmanı, AUS alt sistemleri arasında doğru ve zamanında bilgi alışverişini sağlayan katmandır. Operasyon katmanı ise AUS mimarisinin temel katmanı olup veriyi toplayarak bilgiye dönüştürmektedir. Operasyon katmanında üç temel bileşen bulunmaktadır, bunlar; (i) İleri Ulaşım Yönetim Sistemleri (Advanced Transportation Management Systems – ATMS), (ii) İleri Yolcu Bilgi Sistemleri (Advanced Traveler Information Systems – ATIS) ve (iii) İleri Araç Kontrol Sistemleri’dir (Advanced Vehicle Control Systems – AVCS). Servis katmanı ise servislerin sunulduğu ve çalıştırıldığı

katmandır. Operasyon katmanının sonucu kullanılarak daha iyi ulaşım sistemleri sağlanmaktadır ve kullanıcısı genel halk veya bir sistem operatörü olabilir (Y. Lin, Wang ve Ma, 2017).



Şekil 2.1. Çok-katmanlı AUS yapısı (Y. Lin, Wang ve Ma, 2017)

Akıllı şehirler ise yerel hizmetlerin sunumunda bilgi ve iletişim teknolojilerinden faydalanılarak ekonomik ve siyasi verimliliğin artırıldığı, sosyal, kültürel ve kentsel kalkınmanın sağlandığı, yaşam kalitesinin yüksek olduğu, kaynakların daha etkin kullanıldığı, hizmetlerin daha verimli bir şekilde yönetildiği, maliyet ve enerji tasarrufu sağlanan, çevre kirliliğinin azaltıldığı, sürdürülebilir şehirlerdir (Caragliu vd., 2011). Deakin ve Al Waer (2011) çalışmalarında, bir şehrin akıllı şehir olarak tanımlanması için bu dört özelliği içermesi gerektiğini vurgulamışlardır: (i) çok çeşitli elektronik ve dijital teknolojilerin uygulanması, (ii) bölgedeki yaşam ve çalışma ortamlarını dönüştürmek için bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanılması, (iii) bu tür bilgi ve iletişim teknolojilerinin kamu sistemlerine yerleştirilmesi ve (iv) sundukları yenilik ve bilgiyi geliştirmek için bilgi ve iletişim teknolojileri ile insanları bir araya getiren uygulamaların bölgeselleştirilmesi.

Geçmişte farklı tanımlar olduğu görülse de günümüzdeki anlamıyla akıllı şehir kavramının temelini 1990'lı yıllara dayandığı söylenebilir (Caragliu vd., 2011). Akıllı şehircilik uygulamalarını dünyada ilk başlatan ülkelerden biri ABD olup 2015 yılında ABD'de Akıllı Şehirler ve Topluluklar Çerçevesi yayınlanmıştır. Avrupa Komisyonu'nun Dijital Gündem girişimi ise Avrupa'da akıllı şehirleri teşvik etmektedir ve enerji verimli şehirlere odaklanan bir Akıllı Şehirler ve Topluluklar girişimi de mevcuttur. Japonya'nın vatandaş odaklı, güven verici ve canlı bir dijital toplum oluşturmaya çalışan stratejisi bulunmaktadır. Benzer şekilde, Singapur'da geleceğin akıllı şehirlerini inşa etmek için birçok proje mevcuttur. Çin ve Hindistan gibi ülkelerde de akıllı şehirlerin kurulması yönünde çeşitli girişimler yapılmaktadır (Yin vd., 2015).

Türkiye'deki akıllı şehir çalışmalarının ise 2023 yılı itibariyle yaklaşık sekiz-on yıllık bir geçmişinin olduğu söylenebilir (Ünsal ve Avcı, 2023). Ülkemizdeki akıllı şehircilik uygulamalarına örnek olarak; sinyalizasyon çalışmaları, akıllı kavşak uygulamaları, araç tanıma sistemleri, akıllı enerji sayaçları ve şebekeleri, akıllı güvenlik sistemleri, akıllı atık yönetim sistemleri, evde bakım ve uzaktan sağlık uygulamaları verilebilir (Erkek, 2017). Nohutçu ve Akpınar (2021) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'deki akıllı şehir yaklaşımları incelenmiş olup akıllı şehirlere dair hedef ve planların ulaşım, trafik, otopark, afet, tarım/sulama, katılım, veri seti oluşturma, iç örgütlenme, çevre/hava, aydınlatma gibi alanlarda yer aldığı belirtilmiştir.

Artan dünya nüfusuna karşılık hızla tükenen doğal kaynaklar ve nüfusun büyük çoğunluğunun şehirlerde yaşaması akıllı şehircilik uygulamalarına olan ihtiyacı her geçen gün daha da arttırmaktadır. Dolayısıyla, sürdürülebilir şehirlerin inşasında akıllı şehircilik uygulamalarının büyük öneme sahip olduğu söylenebilir. Akıllı şehircilik uygulamaları, günümüz ihtiyaçlarını daha iyi karşılarken gelecek kuşakların ihtiyaçlarının karşılanmasını engellemeyecek şekilde tasarlanmalıdır (Dal ve Özdemir, 2020).

2.2. Park Yeri Uygunluğunun Tahmini

Etkili bir park yönetimi için park yerlerinin uygunluğunun doğru bir şekilde tahmini kritik öneme sahiptir. Bir diğer ifadeyle, araç sahiplerinin park yerlerinin uygunlukları ile ilgili

bilgi sahibi olmaları, daha etkili bir şekilde uygun bir park yeri bulmalarına imkan sağlayabilir. Bu durum da park yeri ararken yapılan yolculuklar nedeniyle oluşan şehir içi trafik yoğunluğunu azaltmak açısından kritik öneme sahiptir. Günümüzde, gelişen bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde gerçek zamanlı olarak park yerlerinin uygun kapasitelerine ilişkin bilgiye ulaşılabilse de trafik koşullarındaki değişkenlik sebebiyle varış noktasına varıldığında parkın uygunluğu ve/veya fiyatı gibi parametreler değişebilmektedir. Bu nedenle, etkin bir tahmin modelinin varlığı kritik öneme sahiptir.

Çizelge 2.1’de literatürdeki park yeri uygunluğu tahmini yapan çalışmalar, kullanılan yöntem özelinde özetlenmiştir. Çizelgede de görüldüğü gibi, makine öğrenme yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır, bunların yanı sıra kuyruk teorisi ve Markov karar süreçleri gibi diğer analitik yöntemler de kullanılmaktadır. Makine öğrenme algoritmaları kullanılarak yapılan tahmin çalışmalarında ise yapay sinir ağı ve derin öğrenme tabanlı çalışmaların öne çıktığı söylenebilir. Vlahogianni vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, ilki çok katmanlı bir perceptron yapısı ile seçilen bir bölge için geçmiş verilere dayalı olarak park doluluk oranının (yüzdeler olarak) tahmini olmak üzere iki tip tahmin yapılmıştır. Çalışmada önerilen ikinci tahmin yönteminde ise farklı bölgeler için geliştirilen süre modelleri aracılığıyla boş bir park yerinin boş kalmaya devam etme olasılığı (zaman cinsinden) ele alınmaktadır. Pflugler vd. (2016) ise bir yapay sinir ağı aracılığıyla, konum, zaman, hava durumu, trafik ve olay verilerinin farklı kategorileri için park yerlerinin uygunluğunu tahmin etmektedirler. Tiedemann vd. (2015) çalışmalarında, park tahmini için sinirsel gaz kümeleme (neural gas clustering) tabanlı hibrit bir yöntem kullanmışlardır ve tahmin ile talep sorgu-yanıt sistemini birleştiren bir uygulama sunmuşlardır. J. Li, Li ve Zhang (2018) derin öğrenme tabanlı bir tahmin sistemi geliştirmişlerdir ve uzun-kısa vadeli hafıza ağı yapısını kullanmışlardır. Geçmiş park doluluk verilerinin yanı sıra, günün saat dilimi, hava durumu ve tatil günü verisi gibi bazı dışsal verileri de dikkate almışlardır. Camero vd. (2019) tekrarlayan sinir ağı yapısında derin öğrenme tekniği kullanarak park doluluk oranını tahmin etmişlerdir ve ağ mimarisini iki farklı evrimsel algoritma ile optimize etmişlerdir. Arjona vd. (2020) uzun-kısa vadeli hafıza ve geçitli tekrarlayan birim gibi farklı tekrarlayan sinir ağı yapıları ile otopark uygunluğunu tahmin etmektedirler. Tahmin performansını artırmak için yaklaşımlarına hava durumu ve takvim verilerini de dahil etmişlerdir. S. Yang, Ma, Pi ve

Qian (2019) yalnızca parkmetre verilerini değil, trafik ve hava durumu verilerini de dikkate alarak park yerlerinin hem mekansal hem de zamansal desenlerini modellemek için grafik-evrimsel sinir ağlarını ve uzun-kısa vadeli hafıza yöntemini birleştiren bir çözüm yaklaşımı önermişlerdir. X. Xiao, Jin, Hui, Xu ve Shao (2021) ise önerdikleri hibrit grafik-evrimsel sinir ağı yapısı ile anlık ve uzun-vadeli zamansal ve mekansal korelasyonları tespit etmişlerdir. Kasera ve Acharjee (2022) çalışmalarında, evrişimli sinir ağı ve uzun-kısa vadeli hafıza yöntemini kullanan hibrit bir yaklaşım önermişlerdir ve kapalı bir otopark için belirli tarih ve saatlerdeki geçmiş park bilgilerini kullanılarak park doluluk yüzdesini tahmin etmişlerdir. Zeng vd. (2022) ise geçmiş doluluk oranlarının yanı sıra hava koşullarını ve tatil günleri gibi takvim bilgilerini de dikkate alarak geçitli tekrarlayan birim ve uzun-kısa vadeli hafıza yöntemlerini birlikte kullanan hibrit bir yaklaşım önermişlerdir.

Literatürde park yeri uygunluğunun tahmini için diğer makine öğrenme yöntemlerini kullanan çalışmalar da mevcuttur. Rajabioun ve Ioannou (2015) zamansal ve mekansal ilişkileri dikkate alarak otoregresif bir model ile park yerlerinin uygunluğunu tahmin etmişlerdir. Tamrazian vd. (2015) çevrimiçi ve çevrimdışı veri ile çalışmak üzere sırasıyla k -ortalamar kümeleme algoritması ve k -en yakın komşu algoritması olmak üzere farklı makine öğrenme algoritmaları geliştirmiş ve çevrimiçi model ile çevrimdışı modelin desenlerinin farklı olduğunu gözlemlemişlerdir. Ziat vd. (2016) trafik yoğunluğunun önemli bir kısmına park yeri arayan sürücülerin sebep olması motivasyonu ile temsili öğrenme tabanlı bir makine öğrenme tekniği kullanarak hem trafik yoğunluğu hem de park yeri doluluğu tahmini yapmışlardır. Provoost vd. (2020) hem yapay sinir ağları hem de rassal ormanlar kullanarak nesnelerin interneti teknolojisinin park yeri uygunluğunun tahmini üzerindeki etkisini incelemişlerdir.

Birtakım çalışmalarda ise farklı makine öğrenme teknikleri kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır (Awan vd., 2020; Badii vd., 2018; Balmer vd., 2021; Errouso vd., 2022; Fabusuyi vd., 2014; Fokker vd., 2022; Inam vd., 2022; Kuhail vd., 2019; Morell vd., 2023; Stolfi vd., 2017; Stolfi vd., 2020; Z. Zhao, Zhang ve Zhang, 2020; Zheng vd., 2015). Lu ve Liao (2020) ise literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak, park yeri uygunluğunun tahmini ile park yeri atamasını birleştirmişlerdir. Öncelikle farklı

makine öğrenme teknikleri kullanarak park yeri doluluğunu tahmin etmektedirler, ardından eşleştirme tabanlı bir strateji ile park yerlerini tahsis etmektedirler. Richter vd. (2014) ise doğru tahmin için gerekli depolama alanının azalacağına dikkat çekerek farklı veri kümeleme yaklaşımları önermişlerdir. Benzer bir çalışmada, Mufida vd. (2023) hesaplama yükünün azaltılması ve doğru tahmin modellerinin geliştirilmesi için otoparkları mekansal-zamansal desenlerine göre gruplandırılan iki-aşamalı bir kümeleme tekniği önermişlerdir. Ionita vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada klasik makine öğrenme teknikleri ile park yeri doluluğu tahmin etmenin yanı sıra, park konumları için kümeleme ve benzerlik ilişkilerinin çıkarılması üzerinde de durulmuştur.

Çizelge 2.1. Park yeri uygunluğu tahmin çalışmaları

Yöntem	Çalışmalar
ARIMA Modelleri	Badii vd. (2018), Fokker vd. (2022), Kuhail vd. (2019), Morell vd. (2023), Z. Zhao, Zhang ve Zhang (2020)
Derin Öğrenme	Arjona vd. (2020), Camero vd. (2019), Fokker vd. (2022), Inam vd. (2022), J. Li, Li ve Zhang (2018), Kasera ve Acharjee (2022), Kuhail vd. (2019), Morell vd. (2023), S. Yang, Ma, Pi ve Qian (2019), X. Xiao, Jin, Hui, Xu ve Shao (2021), Zeng vd. (2022)
Destek Vektör Makineleri	Badii vd. (2018), Z. Zhao, Zhang ve Zhang (2020), Zheng vd. (2015)
Diğer Makine Öğrenme Yöntemleri	Awan vd. (2020), Errouso vd. (2022), Fokker vd. (2022), Inam vd. (2022), Kuhail vd. (2019), Lu ve Liao (2020), Morell vd. (2023), Rajabioun ve Ioannou (2015), Stolfi vd. (2017), Stolfi vd. (2020), Tamrazian vd. (2015), Z. Zhao, Zhang ve Zhang (2020), Ziat vd. (2016)
Karar Ağaçları	Awan vd. (2020), Errouso vd. (2022), Fabusuyi vd. (2014), Inam vd. (2022), Ionita vd. (2014), Lu ve Liao (2020), Zheng vd. (2015)
Kuyruk Modelleri	J. Xiao, Lou ve Frisby (2018), Tavafoghi vd. (2019)
Kümeleme	Ionita vd. (2014), Mufida vd. (2023), Richter vd. (2014), Stolfi vd. (2017), Stolfi vd. (2020), Tamrazian vd. (2015)
Markov Karar Problemleri	B. Li (2022), Caliskan vd. (2007), Tilahun ve Di Marzo Serugendo (2017)
Naive Bayes	Fabusuyi vd. (2014), Lu ve Liao (2020)
Rassal Ormanlar	Awan vd. (2020), Balmer vd. (2021), Inam vd. (2022), Lu ve Liao (2020), Provoost vd. (2020)
Yapay Sinir Ağları	Awan vd. (2020), Badii vd. (2018), Balmer vd. (2021), Errouso vd. (2022), Fabusuyi vd. (2014), Inam vd. (2022), Ionita vd. (2014), Pflugler vd. (2016), Provoost vd. (2020), Tiedemann vd. (2015), Vlahogianni vd. (2016), Z. Zhao, Zhang ve Zhang (2020), Zheng vd. (2015)

Literatürde yer alan bazı çalışmalarda ise problemin bir kuyruk sistemi veya Markov karar problemi olarak modellendiği göze çarpmaktadır. J. Xiao, Lou ve Frisby. (2018)

önerdikleri iki-aşamalı çözüm yaklaşımı ile kuyruk modeli aracılığıyla park doluluğunu tahmin etmektedirler. İlk aşamada model parametreleri, ikinci aşamada ise park doluluğu tahmin edilmektedir. Tavafoghi vd. (2019) yaptıkları çalışmada, kuyruk modeli temelli iki tahmin yöntemi geliştirilmişlerdir. Biri mikro diğeri makro düzeydedir ve gerçek-zamanlı olasılıksal park doluluk tahmini yapılmaktadır. Mikro düzeydeki model ile her park yeri ayrı ele alınmakta, makro düzeyde ise bütünlük olarak tüm park yerleri dikkate alınmaktadır. Caliskan vd. (2007) tarafından sunulan çalışmada, her bir park alanı bir kuyruk sistemi olarak modellenmiş ve sürekli-zamanlı homojen Markov zinciri olarak tanımlanarak park doluluk oranları tahmin edilmiştir. Bir diğeri çalışmada, Tilahun ve Di Marzo Serugendo (2017) ise ajan-tabanlı bir çözüm yaklaşımı geliştirerek her park için oluşturdukları ajanlar ile park uygunluğunu tahmin etmek için dinamik ve zamanla değişen Markov zincirlerini kullanmaktadırlar. Bu ajanlar bir mahalledeki park uygunluğunu tahmin etmek için birbiri ile iletişim halindedirler ve böylece sadece tek bir parkın değil, çevresindeki diğeri parkların da davranışları dikkate alınmaktadır. B. Li (2022) tarafından yapılan çalışmada ise sürücülerin zamanla değişen varış/ayrılış davranışlarını modellemek ve park yeri uygunluğunu tahmin etmek amacıyla birbirine bağlı iki Markov sürecinden oluşan stokastik bir model önerilmiştir. İlk olarak, kuyruk teorisine dayalı olarak kısa bir zaman dilimi içerisindeki park etme davranışları ele alınmaktadır. Ardından, daha uzun bir zaman diliminde sürücülerin varış/ayrılışlarındaki davranışsal değişiklikleri hesaplamak için, varış/ayrılış davranışının rejim değiştirme mekanizmasını tanımlamak üzere bir Markov rejim değiştirme süreci kapsama dahil edilmektedir.

2.3. Park Yönetim Sistemleri

Zaman ve yakıt tasarrufu sağlanması, park alanlarının verimli bir şekilde kullanılması, park arama sürecinden kaynaklı karbon emisyonunun ve buna bağlı olarak çevre kirliliğinin azaltılması açısından etkili bir park yönetim sisteminin varlığı kritik öneme sahiptir. Park yönetim sistemleri üzerine yapılan literatür araştırması, Çizelge 2.2'de kullanılan yöntem özelinde özetlenmiştir. Çizelgede de görüldüğü gibi park yönetiminde, ajan-tabanlı modelleme tekniklerinin sıklıkla kullanıldığı söylenebilir. Örneğin, Benenson vd. (2008) tarafından geliştirilen ajan-tabanlı simülasyon modeli ile her

sürücünün davranışı mekansal olarak simüle edilmektedir. Söz konusu model, park arama süresi, yürüme mesafesi ve park etme maliyetleri gibi değerlerin farklı sürücü gruplarına göre dağılımlarını dikkate almaktadır. Tasseron ve Martens (2017) ise Benenson vd. (2008) tarafından geliştirilen ajan-tabanlı modeli kullanarak rezervasyon kurgusunu da ele almışlardır. Söz konusu çalışmada, aşağıdan yukarıya bilgi aktarımıyla bir rezervasyon sistemi geliştirilmiştir. Normal ve akıllı olmak üzere iki tip araç dikkate alınmakta, akıllı araçlar park sensörlerinden ve diğer akıllı araçlardan bilgi alabilmektedirler. Sürüş ve yürüyüş mesafelerine göre olasılıklar hesaplanıp aday park yerleri, bu değerlere göre sıralanmakta bu sıralamaya göre iteratif olarak park rezervasyonu yapılmaktadır. Ni ve Sun (2017) tarafından yapılan çalışmada ise rezervasyon kurgusunun önemi ön plana çıkarılmaktadır ve rezervasyon sistemlerinin park problemine olan etkisi değerlendirilmektedir. Burada gerçek zamanlı veri ile çalışılarak hem akıllı hem de normal araçlar için rezervasyon kurgusu altında park yeri atamaları yapılmaktadır. Geliştirilen ajan-tabanlı sistemin aracılığıyla farklı senaryolar test edilmiştir. Yolculuk süresi, park yerindeki bekleme süresi, yürüyüş süresi ve park ücreti olmak üzere dört parametre dikkate alınarak her bir park yeri için olumsuz fayda değeri hesaplanmakta ve bir eşik değeri ile bu değerler kıyaslanmaktadır. Ardından Dijkstra algoritması kullanılarak en kısa yollar hesaplanmaktadır. Araç tipine ilişkin tanımlanan kurallar doğrultusunda iteratif olarak park rezervasyonları yapılmaktadır. Di Napoli vd. (2014) sürücülerin ve otopark sahiplerinin farklı ihtiyaçlarını ve tercihlerini karşılayacak şekilde uzlaşım-temelli ajan-tabanlı bir sistem geliştirmişlerdir. Otopark tarafında fayda fonksiyonu, talebin alındığı andaki otopark uygunluğuna ve otoparkın şehir merkezine olan uzaklığına bağlıken; sürücü tarafında ise otoparkın fiyatına ve talep edilen varış noktasına olan uzaklığına bağlıdır. Her iki tipteki kullanıcının da tek taraflı olarak tekliflerini sunduğu bir yapı aracılığıyla en faydalı eşleşmelerin bulunması hedeflenmektedir. Benzer bir çalışmada, Di Nocera (2014) park-seçim süreci için önerdikleri ajan-tabanlı modelleme yapısı ile hem sürücü tercihlerini hem de şehrin ihtiyaçlarını dikkate almışlardır ve uzlaşım-temelli bir yaklaşım sunmuşlardır. Böylelikle, çatışan hedefleri arasında bir uzlaşma bulan kullanıcıların ve şehir yöneticilerinin sosyal refahını en üst düzeye çıkarmayı amaçlanmaktadır. Chou vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada ise park ücretlerinin dinamik olarak belirlenmesi motivasyonu ile bir uzlaşım algoritması önerilmiştir ve geliştirilen ajan-tabanlı sistem aracılığıyla kullanıcı tercihleri

doğrultusunda en uygun park önerileri yapılmaktadır. Jioudi vd. (2019) geliştirdikleri ajan-tabanlı sistem ile gerçek-zamanlı park fiyatlandırma ve rezervasyon sistemi sunmuşlardır ve geliştirdikleri web-tabanlı bir uygulama ile bir gerçek hayat veri seti üzerinde uygulama yapmışlardır. Kullanıcı tercihleri doğrultusunda, uygun parklar listelenmekte ve yürüme mesafesi, park ücreti ve park doluluğu gibi kriterlere göre hesaplanan maliyet değeri dikkate alınarak en uygun park yeri belirlenmektedir. Belkhala vd. (2019) geliştirdikleri park yönetim sisteminde nesnelere interneti, yapay zeka ve ajan-tabanlı modelleme tekniklerini entegre ederek çok-katmanlı bir yapı sunmuşlardır. Böylelikle, park yönetiminde tüm tarafların birbirleriyle iletişim kurmasına ve sistem operatöründen yardım istemesine olanak sunarken park etme sürecini basitleştirmeyi amaçlamışlardır. Önerilen yapı, sürücülerin gerçek zamanlı olarak uygun park yerlerini kontrol etmelerine, uygun bir yere rezervasyon yapmalarına ve mevcut konumlarından sistem tarafından atanan park yerine optimum rota ile yönlendirilmelerine imkan sunmaktadır. Rizvi vd. (2018) ise geliştirdikleri ajan-tabanlı sistem ile park yeri türü, kabul edilebilir maksimum park ücreti ve varış noktası ile park yeri arasındaki yürüyüş mesafesinin üst sınırı gibi kullanıcıların farklı tercihleri için rezervasyon sürecini otomatikleştiren nesnelere interneti tabanlı bir sistem önermişlerdir. Literatürdeki diğer yaklaşımlardan farklı olarak çok-kriterli karar verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanarak en uygun park yerini bulmaktadırlar. Najmi vd. (2021) çalışmalarında, fiyat politikasının belirlenmesini ön plana çıkarmaktadırlar. Ajan-tabanlı bir simülasyon modeli ile park arama süreçleri farklı durumlar altında simüle edilerek park politikaları belirlenmekte ve park kullanımını arttıracak fiyat politikasının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Z. Mei, Feng, Ding, Zhang ve Wang (2019) ile Z. Mei, Feng, Kong, Zhang ve Chen (2020) çalışmalarında, ajan-tabanlı bir simülasyon modeli ile uygun park fiyatlandırma stratejilerinin belirlenmesini hedeflemişlerdir. İlk olarak, Z. Mei, Feng, Ding, Zhang ve Wang (2019) çalışmasında, park alanlarının verimliliğini artırmak için park ücreti ve rezervasyon mekanizmalarının literatürde sıklıkla kullanıldığı vurgulanmış ve bu yapıları analiz etmek amacıyla ajan-tabanlı simülasyon modeli geliştirilmiştir. Park ücreti ve rezervasyon mekanizmalarının ortalama seyahat süresine ve toplam park yeri kullanımına etkisi analiz edilmiştir. Burada bahsi geçen park ücreti mekanizmasında, park yerleri rezerve edilmemekte, park yerlerine ekstra ödeme yapmaya istekli kullanıcılara ilgili parklar tahsis edilerek popüler otoparkların park ücretinin farklı

değerleri için simülasyon yapılmaktadır. Diğer yapı olan rezervasyon mekanizmasında ise park ücreti sabit tutularak kullanıcıların ve park yerlerinin rezervasyon oranları değiştirilerek simülasyon yapılmıştır. Z. Mei, Feng, Kong, Zhang ve Chen (2020) çalışmasında ise ajan-tabanlı simülasyon modeli ile farklı fiyatlandırma stratejilerinin etkisi analiz edilmiştir. Mevcut durumda kullanılan iki farklı strateji ve optimize edilmiş bir park stratejisi sunulmaktadır. Mevcut stratejilerin ilkinde tüm otoparklar için sabit tek bir fiyat dikkate alınmaktadır, ikinci stratejide ise farklı otoparklar için farklı sabit fiyatlar söz konusudur. Optimize edilmiş strateji ise farklı konular ve zaman dilimleri için farklı fiyatlar önermektedir. Park doluluk oranları için alt ve üst eşik değerler belirlenerek dolulukların bu eşik değerlerin üstünde/altında kalınması durumunda farklı otoparklar için farklı fiyatlandırma stratejileri uygulanmaktadır. Benzer bir çalışmada, Z. Mei, Zhang, Zhang ve Wang (2020) tarafından genetik algoritma ile rezervasyon stratejilerinin optimizasyonu amaçlanmakta ve park süreçlerinin simüle edilmesinde geçmiş çalışmalarda (Z. Mei, Feng, Ding, Zhang ve Wang, 2019; Z. Mei, Feng, Kong, Zhang ve Chen 2020) sunulan ajan-tabanlı model kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında Kurgu – 2 kapsamında geliştirilen ajan-tabanlı sistem de bahsi geçen çalışmalarda önerilen ajan-tabanlı yapı temel alınarak tasarlanmıştır.

Park yönetimi alanındaki diğer çalışmalar incelendiğinde, bazı çalışmalarda tamsayılı programlama yönteminin kullanıldığı görülmektedir. Bu alanda bilinen en eski çalışmalardan biri Mouskos vd. (2000) tarafından yapılmış olup söz konusu çalışmada, atama ve kapasite kısıtları altında toplam park etme maliyetini minimize etmek amacıyla 0-1 tamsayılı programlama modeli önerilmiştir. Bir diğer çalışmada, Y. Geng ve Cassandras (2011a) park rezervasyonu için bir karışık-tamsayılı programlama modeli geliştirmişlerdir. Bu model aracılığıyla, varış noktasına yakınlık ve park maliyeti açısından sürücüler en uygun park yerine atanmakta ve park kapasitelerinin verimli bir şekilde kullanılması sağlanmaktadır. Sistemin mevcut durum bilgisine göre her karar noktasında söz konusu model yeniden çözülmektedir. Yazarlar daha sonra bu modeli geliştirerek iletişim kavramına da değinmişlerdir (Y. Geng ve Cassandras, 2012). Y. Geng ve Cassandras (2011b) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise algoritmik bir yapı içerisinde sürekli olarak rassal talep oluşturulmakta ve her bir talep için daha iyi bir karar verilemeye kadar karışık-tamsayılı programlama modeli yeniden çözümlenmektedir.

optimizasyon yapılmaktadır. X. Zhao, Zhao ve Hai (2014) park problemini, doğrusal atama problemi olarak formüle ederek problemin çözümü için bir yakınsama algoritması geliştirmişlerdir. Mejri vd. (2016) rezervasyon-tabanlı çok-amaçlı akıllı otopark sistemi için çok-amaçlı bir tamsayılı programlama modeli formüle etmişlerdir. Burada varış noktasına olan yürüme mesafesi, rezervasyon talebinin gönderildiği anda araç ile park yeri arasındaki mesafe ve talep edilen parkın sıkışıklığı dikkate alınmaktadır. Problemin çözümü için tavlama benzetimi algoritması kullanılmıştır. Boudali ve Ouada (2017) ise operasyonel kısıtlar altında kullanıcı tercihlerini optimize etmek amacıyla park rezervasyonu problemini çok-kriterli optimizasyon problemi olarak ele almışlardır. Çalışmalarında rezervasyon problemi için çok-kriterli bir formülasyon önermişlerdir ve farklı kriterleri ayrı ayrı optimize ederek bir dizi uzlaşma çözümü üretmişler, ardından Eleme ve Gerçeği İfade Eden Seçim (Elimination and Choice Translating Reality – ELECTRE) III yöntemiyle çözümleri sıralayarak en iyi çözümü seçmişlerdir.

Birtakım çalışmalarda ise algoritmik bir yaklaşımla problemin çözüldüğü görülmektedir. Shin ve Jun (2014) sürücüler ve otoparklar için maksimum faydalı park önerilerinin sunulması amacıyla sürüş süresi/mesafesi, yürüyüş mesafesi, park ücreti, trafik yoğunluğu ve uygun park yeri bulma olasılığı kriterlerini dikkate alarak algoritmik bir yaklaşım önermişlerdir. Söz konusu çalışmada, rezervasyon yapılabilen ve yapılamayan kurgular için maksimum faydalı park yerleri önerilmekte ve geliştirilen algoritma bir park yönlendirme sistemi çatısı altında sunulmaktadır. Farag vd. (2017) ise geliştirdikleri algoritma ile farklı maliyet parametrelerine göre kullanıcıların en düşük maliyet ile optimum bir yere park etme olasılığını artırmayı hedeflemektedirler. Söz konusu maliyet parametreleri ise kullanıcıların konumu ile park yeri arasındaki mesafe, park yeri ile servis alanı arasındaki mesafe, her bir park yerindeki boş alanların yüzdesi ve ilgili zamandaki park etme maliyetinden oluşmaktadır. Wu vd. (2014) tarafından sunulan çalışmada bir maliyet fonksiyonu tanımlanarak her bir park yeri için başarılı park etme olasılığı ve park yerine ulaşma süresi üzerinden bir park yeri öneri sistemi sunulmaktadır. Başarılı park etme olasılığı zamana göre değiştiğinden, olasılık değerleri belirli aralıklarla yenilenen kullanılabilir park yeri sayısı bilgisi üzerinden hesaplanmaktadır. Diaconu vd. (2013) ise sürücülerin önceden rezervasyon yapabildiği ve varış noktasına yakın aday park yerleri arasından en uygun çözümün bulunduğu bir uygulama geliştirmişlerdir.

Geliştirilen bu sisteme ödeme alt yapısı da entegre edilmiştir. Mainetti vd. (2015) nesnelere interneti tabanlı bir akıllı park yönetim sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistem aracılığıyla; çevresel parametreler ve park yerlerinin doluluk durumu ile ilgili bilgiler gerçek zamanlı olarak toplanarak belirli bir alandaki uygun park yerleri listelenebilmekte, kullanıcılar en yakın uygun park yerine yönlendirebilmekte, seçilen park yeri için yol tarifi alınabilmekte, park ücreti ödenebilmekte, kalan park süresi kontrol edilebilmekte ve satın alınan süre dolduğunda bildirim alınabilmektedir. Aydın vd. (2017) akıllı şehirler için navigasyon ve rezervasyon tabanlı bir park öneri sistemi geliştirilmişlerdir ve bu sistemin entegrasyonunda nesnelere interneti teknolojilerinden yararlanmışlardır. Araçların mevcut konumuna en yakın park yerleri ise genetik algoritma ile bulunmaktadır. Zajam ve Dholay (2018) çalışmalarında, bulut bilişim teknolojisini kullanarak park yerleri hakkında gerçek zamanlı bilgi ile kullanıcının yakınındaki en uygun park yerini belirlemektedirler. Söz konusu çalışmada, gerçek zamanlı trafiğe dayalı olarak kullanıcı ile park yeri arasındaki rotayı optimize eden bir algoritma önerilmektedir. Taherkhani vd. (2016) çalışmalarında, varış noktasına olan uzaklık ve park maliyeti cinsinden farklı kullanıcı davranışlarına göre varış noktasına en yakın otoparkı öneren nesnelere interneti tabanlı bir çözüm yaklaşımı önerilmiştir. Söz konusu çalışmada yolculuk süresi tahmin edilerek kullanıcılara uygun bir rota önerisi sunulmaktadır. Rehena vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada ise park rezervasyonu problemi, çok-kriterli karar verme problemi olarak ele alınmıştır ve problemin çözümü için çok-kriterli karar verme tabanlı bir algoritma geliştirilmiştir. Kullanıcıların farklı ihtiyaçları dikkate alınarak en uygun rezervasyon seçeneği önerilmekte ve üç farklı kullanıcı davranışı için simülasyon yapılmaktadır. Noor vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada kural-tabanlı teklif verme (bidding) yapısı aracılığıyla kullanıcıların uygun bir park yeri bulmaları hedeflenmektedir. Geliştirilen yapı en yakın park yerinin rezerve edilmesinin yanı sıra acil taleplerin karşılanmasını sağlayan bir kurguyu da teşvik etmektedir. Jin vd. (2012) önerdikleri park yönetim sisteminde, literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak eşitlik kavramına dikkat çekmişlerdir. Rezervasyon esnasında belirtilen tahmini varış anında, ilgili araç otoparka ulaşamazsa, söz konusu park yeri için yeni bir aday aracın seçimi mümkün hale gelmektedir. Eşitlik kavramı da buradan devreye girmekte ve otoparka 300 metre mesafedeki araçlara öncelik tanınmaktadır.

Çizelge 2.2. Park yönetim sistemi çalışmaları

Çalışma	Yöntem
Aydin vd. (2017)	Genetik algoritma
Belkhala vd. (2019)	Ajan-tabanlı modelleme
Benenson vd. (2008)	Ajan-tabanlı modelleme
Boudali ve Ouada (2017)	Çok-kriterli optimizasyon
Chou vd. (2008)	Ajan-tabanlı modelleme
Di Napoli vd. (2014)	Ajan-tabanlı modelleme
Di Nocera vd. (2014)	Ajan-tabanlı modelleme
Diaconu vd. (2013)	Uygulama geliştirme
Farag vd. (2017)	Algoritma geliştirme
Jin vd. (2012)	Algoritma geliştirme
Jioudi vd. (2019)	Ajan-tabanlı modelleme
Mainetti vd. (2015)	Uygulama geliştirme
Mejri vd. (2016)	Tavlama benzetimi algoritması
Mouskos vd. (2000)	Tamsayılı programlama
Najmi vd. (2021)	Ajan-tabanlı modelleme
Ni ve Sun (2017)	Ajan-tabanlı modelleme
Noor vd. (2017)	Teklif verme (bidding) algoritması
P. Zhao, Guan ve Wang (2020)	Ajan-tabanlı modelleme
P. Zhao, Guan, Wang ve Yan (2020)	Tamsayılı programlama
Rehena vd. (2018)	Çok-kriterli karar verme
Rizvi vd. (2018)	AHP + Ajan-tabanlı modelleme
Shao vd. (2016)	Tamsayılı programlama
Shin ve Jun (2014)	Algoritma geliştirme
Taherkhani vd. (2016)	Algoritma geliştirme
Tasserou ve Martens (2017)	Ajan-tabanlı modelleme
W. Zhang, Gao, Sun, Yu, Tang ve Liu (2020)	Parçacık sürü algoritması
Wu vd. (2014)	Algoritma geliştirme
X. Zhao, Zhao ve Hai (2014)	Algoritma geliştirme
Y. Geng ve Cassandras (2011a)	Tamsayılı programlama
Y. Geng ve Cassandras (2011b)	Tamsayılı programlama
Y. Geng ve Cassandras (2012)	Tamsayılı programlama
Yang vd. (2017)	Tamsayılı programlama
Z. Mei, Feng, Ding, Zhang ve Wang (2019)	Ajan-tabanlı modelleme
Z. Mei, Feng, Kong, Zhang ve Chen (2020)	Ajan-tabanlı modelleme
Z. Mei, Zhang, Zhang ve Wang (2020)	Ajan-tabanlı modelleme
Zajam ve Dholay (2018)	Algoritma geliştirme

Shao vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada ise literatürde yer alan diğer çalışmalardan farklı olarak paylaşımlı park yeri kavramı ele alınmış ve özel park yerlerinin kiraya verilerek halka açık hale getirilmesi sağlanmıştır. Burada hem bireylere ek gelir olması hem de park yerlerinin artırılması motivasyonu söz konusudur ve park alanlarının kullanımını maksimize etmek amacıyla 0-1 tamsayılı programlama modeli geliştirilmiştir. Yang vd. (2017) ise Shao vd. (2016) tarafından sunulan modeli

geliştirerek farklı zaman penceresi bilgileri altında çoklu-otoparklar için park yeri atama modeli önermişlerdir. P. Zhao, Guan ve Wang (2020) geliştirdikleri akıllı park yönetim sistemi ile hem kullanıcıların hem de paylaşımlı park sahiplerinin park davranışlarındaki belirsizlikleri zamansal ve mekansal boyutta simüle etmişlerdir. Böylelikle stokastik talep yapısı dikkate alınarak paylaşımlı parkların ve ön ödemeli park yerlerinin optimum atamaları yapılmaktadır. Benzer bir çalışmada, P. Zhao, Guan, Wang ve Yan (2020) paylaşımlı park yerlerinin atamasını gerçekleştirmek amacıyla hizmet verilen araç sayısını maksimize eden bir tamsayılı programlama modeli formüle etmişlerdir ve problemin çözümü için dal ve kesme algoritması kullanmışlardır. W. Zhang, Gao, Sun, Yu, Tang ve Liu (2020) ise paylaşımlı parkların kullanımını maksimize etmek ve park yerleri ile varış noktaları arasındaki yürüme mesafesini minimize etmek amacıyla paylaşımlı park yerlerinin ataması için çok-amaçlı bir matematiksel programlama modeli önermişlerdir. Problemin çözümü için parçacık-sürü algoritmasını kullanmışlardır.

Literatürde yer alan çalışmalarla kıyaslandığında, bu tez çalışmasının öne çıkan unsurları, (i) park tahmini ve önerisinin bütünlük yapı altında entegre edilmesi, (ii) rezervasyonlu ve rezervasyonsuz araçlar ile rassal arama yapan araçların birlikte ele alınması, (iii) mikro ölçekte fayda fonksiyonu parametrelerine verilen ağırlıklar cinsinden farklı kullanıcı davranışlarının ele alınması ve (iv) makro ölçekte ise sistemi oluşturan farklı aktörler (araçlar ve otoparklar) için farklı bakış açılarını yansıtacak şekilde yürüme mesafesi eşik değeri, ücret eşik değeri ve sistemi kullanan araç oranının farklı değerleri için farklı senaryoların dikkate alınması ile birlikte elde edilen sonuçların analiz edilmesidir. Önerilen çözüm yaklaşımının jenerik uygulama imkanının sunulması amacıyla bir kullanıcı arayüzü prototipi geliştirilmiştir. Böylelikle, özellikle büyük şehirlerdeki trafik yoğunluğunun önemli kısmını oluşturan park probleminin çözümü için sistematik bir yapı sunulduğu söylenebilir. Geliştirilen sistem, yerel ve merkezi yönetimlerin ulaşım planlamasında karar destek aracı olarak kullanılabilir. Böylelikle, uygun park yeri bulmak için yapılan yolculuklar azaltılarak hem yakıt tüketiminde hem de trafikte harcanan sürelerde azalışlar beklenmektedir. Yakıt tüketimindeki düşüşle birlikte karbon salınımı ve çevre kirliliğinin azaltılması sağlanacaktır. Bunlara ek olarak, insan ve toplum sağlığı için de önemli katkıları olacağı düşünülmektedir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde iki alt başlıkta sırasıyla materyal ve yönetime ilişkin detaylar sunulmaktadır. Materyal bölümü ise kendi içinde zaman serisi tahmini ve ajan-tabanlı modelleme ile ilgili alt bölümleri içermektedir.

3.1. Materyal

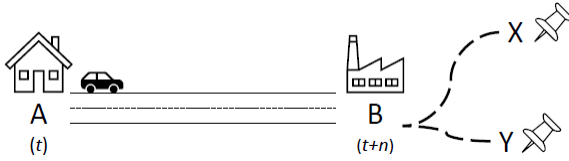
Tez kapsamında geliştirilen park yönetim sistemi, otoparkların uygunluğunun tahminin yapıldığı tahmin modülü ve her bir araç için park önerilerinin sunulduğu ajan-tabanlı öneri modülü olmak üzere iki ana modülden oluşmaktadır. Tahmin modülü kapsamında, ele alınan bölgede bulunan aday otoparkların geçmiş doluluk oranları dikkate alınarak gelecek doluluk oranları tahmin edilmektedir. Burada, park yerlerinin sadece geçmiş doluluk oranları değil, bu oranları etkileyen gün tipi ve saat dilimi olmak üzere dışsal değişkenler de dikkate alınmaktadır. Burada, literatürde yer alan üç farklı tahmin yöntemi kullanılmaktadır ve (3.1.1) numaralı bölümde çalışma kapsamında ele alınan zaman serisi tahmin yöntemlerine ilişkin teorik bilgi sunulmaktadır. Öneri modülü kapsamında ise park yönetim sistemi bir ajan-tabanlı sistem olarak modellenmiştir. (3.1.2) numaralı bölümde de ajan-tabanlı modelleme yaklaşımları ile ilgili genel bilgiler yer almaktadır.

3.1.1. Zaman serisi tahmini

Park yönetimi dar bir çerçeveden bakıldığında, araçların uygun park yerlerine bırakılması problemi gibi görülmektedir. Bununla birlikte, aslında park problemi; aracın kalkış noktasından hareket ederek varış noktasına olan yolculuğunu, varış noktası etrafında park yeri arama sürecini, aracın uygun bir park yerine bırakılmasını, park yerinden varış noktasına yürüme sürecini ve belli bir sürenin ardından park yerine geri dönerek aracın geri alınmasını içeren bütüncül ve karmaşık bir süreçtir. Özellikle varış noktasının etrafında park yeri arama süreci ciddi bir zaman kaybına ve yakıt tüketimine neden olmaktadır. Park problemi, birey özelinde zaman kaybına ve yakıt tüketimine neden olan bir problem olmakla birlikte, daha geniş bir perspektiften bakıldığında toplumsal açıdan ciddi trafik yoğunluğuna ve çevre açısından önemli miktarda hava kirliliği artışına neden olmaktadır. Bu nedenle, tez kapsamında ele alındığı şekliyle, aracın kalkış noktasından

itibaren aday park yerlerinin gelecekteki durumlarının dikkate alınmasıyla araçların park yerlerine yönlendirilmesi kritik önem taşımaktadır. Bir diğer ifadeyle, tahmin-tabanlı park önerilerinin sunulması ve park sürecinin bütünleşik bir çerçeve altında ele alınması park probleminin çözümünde önem arz etmektedir ve bu tez çalışmasının da özgün yanlarından birini oluşturmaktadır.

Günümüzde, bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte gerçek veriye ulaşmak da oldukça kolaylaşmıştır. Ancak gerçek veriye ulaşabilme noktasındaki önemli gelişmelere rağmen tahminin önemi ortadan kalkmış değildir. Güçlü bir tahmin modelinin varlığının, park yeri aramak için geçen süreyi büyük ölçüde azaltacağı öngörülmektedir. Örneğin, Şekil 3.1’de görüldüğü gibi bir aracın A lokasyonundan B lokasyonuna gideceğini ve buradaki aday park yerlerinin X ve Y lokasyonları olduğunu varsayalım. t anında henüz A lokasyonundayken B lokasyonunun yakınındaki X ve Y park yerlerinin $(t + n)$ anındaki uygunluklarının tahmin edildiği varsayalım. Bu park yerleri için aracın B lokasyonuna ulaşacağı $(t + n)$ anındaki doluluk tahmini bilgisine sahip olunması önemli bir tasarruf sağlayabilecektir. Aracın B lokasyonuna vardığında ve o bölgede gerçek zamanlı veriye sahip olduğunda kararını oluşturması veya değiştirmesi yerine, güçlü bir tahmin modelinden alacağı öneriler sayesinde yapacağı seyahat süresinin azaltılması ve doğrudan uygun park yerine yönlendirilmesi sağlanacaktır. Böyle bir tahmin modülünün olmaması, $(t + n)$ anında B lokasyonuna ulaşıldığında, B lokasyonu ile aday otoparklar arasında seyahat edilmesine neden olacaktır. Burada, aracın park edeceği yer değişirse de park yeri bulmak için harcadığı zaman değişebilecektir. Bir diğer ifadeyle, aracın her iki durumda da X aday park yerine park edeceğini varsayarsak, güçlü bir tahmin modeli sayesinde A lokasyonundan doğrudan X park yerine yönelerek genel anlamda trafik yoğunluğunun azalmasına katkı sağlayacak ve kendi açısından da önemli bir enerji-maliyet-zaman kazanımı sağlamış olacaktır.



Şekil 3.1. Park tahmininin önemini gösteren örnek park etme problemi

Çalışmanın ilk aşamasında, çeşitli tahmin modelleri aracılığıyla, aday otoparkların uygunluğu tahmin edilmektedir. Bir diğer ifadeyle, belirli bir zamanda belirli bir lokasyondaki otoparkın uygunluğu (doluluğu) tahmin edilmektedir. Elde edilen bu değerler her bir araç için otopark önerilerinin yapıldığı aşamada girdi olarak ele alınmaktadır. Her bir otopark için literatürde yer alan farklı yöntemler ile otoparkların uygun kapasiteleri tahmin edilmekte ardından söz konusu yöntemlerin performansları kıyaslanarak performans parametrelerince en iyi sonucu veren yöntemin tahmin sonucu, bir sonraki aşamada dikkate alınmaktadır. Çalışma kapsamında ele alınan yöntemler (i) ARIMA, (ii) SARIMA ve (iii) YSA olup öncelikle, bir defaya mahsus olmak üzere, ele alınan yöntemlerin her birinin farklı model yapıları ile tahminler yapılmış ve her bir yöntem için en iyi model tasarımı bulunmuştur. Bütünleşik park yönetim sistemi içerisinde ise söz konusu yöntemlerin en iyi tasarımları kullanılarak her bir otopark için uygun kapasite tahmini yapılmakta ve elde edilen sonuçlar ortalama karesel hatalar cinsinden değerlendirilmektedir. En iyi performansa ait yöntem ile hesaplanan uygun kapasite değerleri, ajan-tabanlı park öneri sisteminin girdisi olarak ele alınmaktadır.

Tahmin aşamasında kullanılan yöntemlerden ilki, Dışsal Değişkenli Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama (Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variable – ARIMAX) yöntemidir. ARIMA yöntemi, Box ve Jenkins (1976) tarafından sunulmuştur ve geçmiş verilere bağlı olarak tahmin yapılan Otoregresif (Autoregressive – **AR**) Model ile geçmiş tahminlerin hata değerlerine göre tahmin yapılan Hareketli Ortalama (Moving Average – **MA**) Model'inin entegrasyonudur. Buradaki entegrasyon (Integrated – **I**); geçmiş değerlerin, kendi değerleri ile kendinden önceki değerler arasındaki farkla yer değiştirildiğini ifade etmektedir. Fark alma işlemi, zaman serisine bağlı değişiklikleri, dolayısıyla trendi ve mevsimselliği ortadan kaldırmaktadır. Birinci dereceden fark alma işlemi $y'_t = y_t - y_{t-1}$ şeklinde ve ikinci mertebeden fark alma işlemi ise $y''_t = y_t - 2y_{t-1} + y_{t-2}$ şeklinde yazılabilir. ARIMA modelinin gösterimi $ARIMA(p, d, q)$ şeklindedir. Burada p , d ve q sırasıyla AR modelinin, fark alma işleminin ve MA modelinin derecelerini ifade etmektedir. Çalışma kapsamında kullanılan ARIMA yönteminde ise geçmiş verilere göre ele alınan parametrelere ilave olarak bu verileri etkileyen dışsal değişkenler (**X**) de dikkate alınmaktadır. (3.1) numaralı denklem ile çalışma kapsamında ele alınan ARIMA modelinin genel gösterimi verilmiştir. Burada,

c sabit katsayısı, $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_p$ AR modelinin parametrelerini, $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ MA modelinin parametrelerini, y'_t mevsimsellikten arındırılmış zaman serisinin mevcut değerini, $y'_{t-1}, y'_{t-2}, \dots, y'_{t-p}$ ise geçmiş dönemlerdeki $(t-1, t-2, \dots, t-p)$ değerlerini, $\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}, \dots, \varepsilon_{t-q}$ rassal hata değerlerini, β_1 ve β_2 regresyon katsayılarını ve x_{1t} ile x_{2t} gün tipi ve saat dilimine karşılık gelen dışsal değişkenleri ifade etmektedir.

$$y'_t = c + \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \varphi_1 y'_{t-1} + \dots + \varphi_p y'_{t-p} + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t \quad (3.1)$$

B geri öteleme (backshift) operatörü olmak üzere, $By_t = y_{t-1}$ olarak ifade edilmekte ve bu operatör ile veriler bir dönem geriye kaydırılabilmektedir. Böylelikle, d . dereceden fark alma işlemi $(1-B)^d y_t$ şeklinde yazılmaktadır. Çalışmada ele alınan ARIMA modelinin genel gösterimi, Denklem (3.2) ile B geri öteleme notasyonunda verilmiştir.

$$(1 - \varphi_1 B - \dots - \varphi_p B^p)(1 - B)^d y_t = c + \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + (1 + \theta_1 B + \dots + \theta_q B^q) \varepsilon_t \quad (3.2)$$

Çalışma kapsamında ele alınan bir diğer tahmin yöntemi olan, SARIMA modelleri ise ARIMA modellerinde mevsimselliğin (seasonality – S) dikkate alınmasıyla ortaya çıkan model yapısıdır. SARIMA modelinin gösterimi $SARIMA(p, d, q)(P_s, D_s, Q_s)_s$ şeklindedir. Burada p , d ve q sırasıyla AR modelinin, fark alma işleminin ve MA modelinin derecelerini ifade etmektedir. Küçük harfle yazılan parametreler mevsimsel olmayan, büyük harfle yazılan parametreler ise mevsimsel parametrelerdir. s ile periyot ifade edilmektedir. Çalışma kapsamında da tahmin edilen değer, zaman serisinin yanı sıra dışsal değişkenlere bağlı olarak tahmin edildiğinden Dışsal Değişkenli Mevsimsel Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variable – SARIMAX) modeli kullanılmaktadır. Çalışmada ele alınan SARIMA modelinin genel gösterimi, Denklem (3.3) ile verilmiştir.

$$(1 - \varphi_1 B - \dots - \varphi_p B^p)(1 - \Phi_1 B^s - \dots - \Phi_p B^{Ps})(1 - B)^d (1 - B^s)^D y_t = c + \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + (1 + \theta_1 B + \dots + \theta_q B^q) + (1 + \Theta_1 B^s + \dots + \Theta_Q B^{Qs}) \varepsilon_t \quad (3.3)$$

Literatürde etkin bir tahmin aracı olarak bilinen ve hem kategorik verilerle hem de zaman serisi verileriyle çalışabilen YSA, tez çalışması kapsamında bir diğer tahmin aracı olarak ele alınmaktadır. Yapay sinir ağları, insan sinir sisteminin çalışma mekanizmasından esinlenilerek geliştirilen ve tahmin, sınıflandırma, fonksiyon kestirimi, özellik belirleme gibi problemlerin çözümünde kullanılan bir modelleme tekniğidir. Bu çalışmada, ağın birkaç katmanını çevreleyen geri besleme bağlantıları nedeniyle tekrarlayan dinamik bir ağ olan dışsal girdili doğrusal olmayan otoregresif ağ (nonlinear autoregressive network with exogenous inputs – NARX) yapısı kullanılmaktadır. NARX yapısı, geçmiş girdi ve çıktı değerlerinden oluşan bir zaman penceresini girdi olarak alan ve mevcut çıktıyı hesaplayan çok-katmanlı bir perceptron yapısından oluşmaktadır (T. Lin, Horne, Tino ve Giles, 1996; Siegelmann vd., 1997). Denklem (3.4)'te, y_t ve x_t sırasıyla bağımlı çıktı ve bağımsız (dışsal) girdi değerlerinin zaman serisi verileri olmak üzere NARX modelinin genel formu verilmiştir. Burada f doğrusal olmayan bir fonksiyon olmak üzere, y_t ve x_t ile sırasıyla çıktı ve dışsal değişken değerleri gösterilmekte; $d_y \geq 1$, $d_x \geq 1$ ve $d_x \leq d_y$ olmak üzere d_y ve d_x ise gecikme (delay) derecelerini ifade etmektedir. j . gizli katmanının girdisi $y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-d_y}, x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_{t-d_x}$ olmak üzere çıktısı (z_j) Denklem (3.5)'te verilen ifade ile hesaplanmaktadır. Burada, f_1 genellikle doğrusal olmayan bir aktivasyon fonksiyonu, w_{ji} parametresi i . girdi nöronu ile j . gizli nöron arasındaki ağırlık değeri ve b_j ise j . gizli nöronun sabit sapma (bias) değeridir. Nihai çıktı (y_t) Denklem (3.6)'da verilen ifade ile hesaplanmakta ve burada f_2 genellikle doğrusal bir aktivasyon fonksiyonu, n_h gizli nöron sayısı, w_{oj} parametresi j . gizli nöron ile o . çıktı nöronu arasındaki ağırlık değeri ve b_o ise o . gizli nöronun sabit sapma (bias) değeridir. Çıktı değeri ağ üzerinde ileriye doğru ilerlenerek hesaplanmaktadır. Hata değeri hesaplandıktan sonra ağ üzerinden geriye doğru lokal gradyanlar hesaplanmakta ve ağırlık değerleri için düzeltmeler yapılmaktadır. Levenberg-Marquardt yöntemi literatürde sıklıkla kullanılan bir eğitim algoritması olup bu yöntemle göre Denklem (3.7)'de verilen ifade ile ağırlık değerleri $\Delta \mathbf{w}$ kadar güncellenmektedir. Burada \mathbf{g} gradyan vektörü, \mathbf{H} Hessian matrisi, \mathbf{I} birim matrisidir ve λ düzenleyici parametredir.

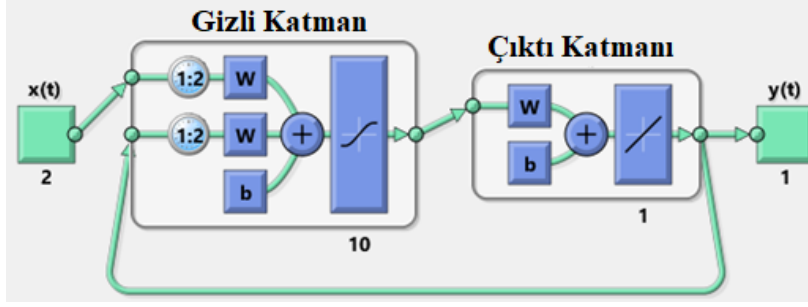
$$y_t = f(y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-d_y}, x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_{t-d_x}) \quad (3.4)$$

$$z_{j(t-1)} = f_1 \left(\sum_{i=1}^{d_y} w_{ji} y_{t-i} + \sum_{i=1}^{d_x} w_{ji} x_{t-i} + b_j \right) \quad (3.5)$$

$$y_t = f_2 \left(\sum_{j=1}^{n_h} w_{oj} z_{j(t-1)} + b_o \right) \quad (3.6)$$

$$\Delta \mathbf{w} = [\mathbf{H} + \lambda \mathbf{I}]^{-1} \mathbf{g} \quad (3.7)$$

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi kapalı döngü YSA yapısı ile zaman serisi tahmini yapılmaktadır. Burada öncelikle bir açık döngü YSA oluşturulmaktadır. Açık döngü YSA’lar hem girdi parametrelerine ait hem de çıktılara (gerçek değerlere) ait zaman serileri ile eğitilmektedirler. Başka bir deyişle, gecikmeli gerçek değerler yeni bir girdi gibi ele alınmaktadır. Dolayısıyla, girdi ve hedef değerler ile aynı zaman periyoduna ait çıktılar üretilebilmektedir. Açık döngü YSA’nın eğitilmesinin ardından bu ağ kapalı döngü ağa dönüştürülmektedir ve çalışmanın sonraki aşaması olan öneri modülünde kullanılabilir şekilde gelecek dönem için tahmin yapılabilen uygun yapıya dönüştürülmektedir. Kapalı döngü YSA’lar ise girdi parametrelerinin zaman serileri üzerinden tahmin yapmaktadırlar. Burada tahmin edilen çıktılara ait zaman serisi de ağın girdisi olarak ağ beslemektedir. Bir başka deyişle, açık döngü yapı ile karşılaştırıldığında gecikmeli hedef değeri gecikmeli çıktı ile yer değiştirmektedir. Bu nedenle, bu yapı aracılığıyla girdi ile aynı zaman periyoduna ait dönem için çıktı üretilebilmektedir. Bu yapının çok-adımlı tahmin için daha uygun olduğu söylenebilir (Boussaada vd., 2018; Xie vd., 2009). Şekil 3.2’de görüldüğü gibi girdi katmanında gün tipi (x_1) ve zaman dilimi (x_2) olmak üzere iki tür dışsal girdi ele alınmaktadır. Çıktı katmanında hem geçmiş zaman serisi değerleri hem de dışsal değişkenlerin değeri ile tahmin edilecek park doluluk oranını temsil eden tek bir nöron bulunmaktadır. Şekildeki örnek ağ gösteriminde bir gizli katman ve bu katmanda on gizli nöron bulunmaktadır. Çalışma kapsamında farklı ağ topolojileri dikkate alınarak bu yapıların performansı analiz edilmiştir.



Şekil 3.2. Örnek YSA yapısı gösterimi

3.1.2. Ajan-tabanlı modelleme

Ajan-tabanlı modelleme ile ajan olarak adlandırılan özerk karar verici birimlerin bir koleksiyonu olarak sistem aşağıdan yukarıya doğru modellenmektedir. Her ajan mevcut durumu ayrı ayrı değerlendirerek birtakım kurallara göre karar vermekte ve durumun sistem üzerindeki etkisi bir bütün olarak ele alınmaktadır. Bir diğer ifadeyle, ajan-tabanlı simülasyon, önceden tanımlanmış bir dizi basit mikro kurala sahip bir birey veya ajan popülasyonu kullanarak karmaşık sistemlerin en temel öğeleriyle temsil edilmesine olanak tanımaktadır. Modelin farklı simülasyonları ile bu ajanlar arasındaki etkileşim, sistemin ortaya çıkan davranışına veya makro etkilerine yol açmaktadır (Vargas-Perez vd., 2023). Ajan-tabanlı simülasyondaki bir ajan, kendi özellikleri ve davranışları olan bir özerk varlıktır. Ajan-tabanlı bir model geliştirilirken her bir ajan türü için ajanın davranışları, özellikleri ve diğer ajanlarla ve çevreyle etkileşim biçimi ayrıntılarıyla ele alınmaktadır. Ajan-tabanlı simülasyonun gücü, makro dinamik bilgisi gerektirmemesidir. Bunun yerine, mikro davranış kuralları kodlanmakta ve ardından ortaya çıkan makro düzeydeki sonuçlar ölçülmektedir (Rand ve Rust, 2011).

Ajan-tabanlı modelleme yaklaşımının tarihçesi incelendiğinde, bu tekniğin 1990'lı yıllarda popülerlik kazanmaya başladığı ve klasik simülasyon yaklaşımlarından ayrıldığı söylenebilir. Ajan-tabanlı modellemenin popülerliğinin ve diğer simülasyon paradigmalarından ayrılmasının birincil nedeni ise bu tekniğin karmaşık sistemleri simüle edebilmesi ve incelemeye yardımcı olabilmesidir. Bu da ajan-tabanlı modellerin birçok alt sistem etkileşiminden oluşan büyük sistemleri temsil edebileceği anlamına gelmektedir. Bu sistemler tipik olarak öngörülemez, merkezi olmayan ve neredeyse ayrıştırılabilir olarak nitelendirilir. (Heath vd., 2009) Ajan-tabanlı modelleme, insanın

sosyal, davranışsal, kültürel, fiziksel ve biyolojik sistemlerini kapsayan birçok alana uygulanmaktadır (Macal ve North, 2014).

Tipik bir ajan-tabanlı simülasyon, üç ana öge içermektedir (Shaikh ve Yayilgan, 2023):

- Muhtemel heterojen bir davranışsal spesifikasyonu kapsayan ajanlar,
- Ajanlara algılarını ve eylemlerini sağlayan bir ortam,
- Her ajanın davranışını ve diğer ajanlarla ve çevreyle olan yerel etkileşimlerini yöneten kurallar.

Ajan-tabanlı model, ajanların kararlarını yeniden verdiği simülasyon zamanı boyunca adım adım çalıştırılmaktadır. Hem ajan-ajan hem de ajan-çevre etkileşimleri kullanılarak ilerlenmektedir. Ajanlar, etraflarındaki durum değiştikçe kararlarını değiştirerek zaman içinde uyum sağlamaktadırlar. Aynı ajan farklı durumlarda farklı kararlar alabildiğinden ve aynı durumdaki farklı ajanlar farklı kararlar alabildiğinden, heterojenlik de barındırmaktadırlar. Bu nedenle ajan-tabanlı simülasyon, modellenen karmaşık sistem ile model arasında potansiyel olarak daha fazla aslına uygunluk sağlamaktadır. Buna karşılık bu uygunluk, model davranışından gerçek dünyadaki sistem davranışının tahminini desteklemektedir. Bu durum da modelden elde edilen kavramların, sistemi anlamak ve politika seçeneklerini karşılaştırmak için kullanılmasına olanak tanımaktadır (Badham vd., 2018). Ajan-tabanlı modelleme, bir teknolojiden çok bir zihniyettir. Bu zihniyet, bir sistemi onu oluşturan birimlerin perspektifinden tanımlamaya dayanmaktadır. Ajan-tabanlı simülasyonun diğer tekniklere göre avantajları şu şekilde özetlenebilir: (i) ortaya çıkan olayları yakalar; (ii) bir sistemin doğal bir tanımını sağlar ve (iii) esnektir. Bununla birlikte, ajan-tabanlı simülasyonun ortaya çıkan olaylarla başa çıkma yeteneğinin diğer faydaları yönlendirdiği açıktır (Bonabeau, 2002). Ajan-tabanlı modeller esnek bir yapıdadır ve esneklik birden çok boyutta gözlemlenebilir. Örneğin, ajan-tabanlı bir modele daha fazla ajan eklemek oldukça kolaydır. Ajan-tabanlı modelleme ayrıca ajanların karmaşıklığını ayarlamak için davranış, rasyonellik derecesi, öğrenme ve gelişme yeteneği ve etkileşim kuralları gibi konularda doğal bir çerçeve sağlamaktadır. Ajan-tabanlı simülasyonun uygulama alanları şu şekilde özetlenebilir (Bonabeau, 2002):

- Akışlar: Tahliye, trafik ve müşteri akış yönetimi
- Piyasalar: Borsa, alışveriş robotları ile yazılım ajanları ve stratejik simülasyon
- Organizasyonlar: Operasyonel risk ve tasarım
- Yayılma: İnovasyonun yayılması ve benimseme dinamikleri

Ajan-tabanlı model geliştirirken genel hatlarıyla aşağıdaki adımlar izlenmektedir (North ve Macal, 2007; Turgut ve Bozdag, 2023):

- Modellenen sistem hakkında ampirik kanıtlara dayanan teoriler aranmaktadır.
- Bu teorileri kullanarak kavramsal bir model oluşturulmaktadır. Bu adım aşağıdaki alt adımlardan oluşmaktadır:
 - Ajanların sınıflandırılması: Sistemdeki ajanlar, gerçek sistem veya literatürden alınan veriler kullanılarak sınıflandırılır.
 - Ajanlar arasındaki ve ajanlarla çevre arasındaki etkileşimlerin tanımlanması: Çevresel unsurların ve ajan etkileşimlerinin gerektiğinde yerinde olduğundan emin olunmalıdır. Diğer ajanlar ve çevre ile etkileşimler, bir ajanın davranışını şekillendirebilmektedir.
 - Ajan davranışlarının tanımlanması: Gerçek dünyadaki ajanları gözlemleyerek veya literatürdeki teori ve hipotezleri inceleyerek ajanların davranışı ile ilgili çıkarım yapılmalıdır.
 - Ajan mimarisinin tanımlanması: Kara kutu olarak ele alınan genel davranış tanımına dayalı olarak ajan mimarisine karar verilmelidir.
- Ajan-tabanlı simülasyon modeli, kavramsal ajan-tabanlı model girdileri kullanılarak oluşturulmaktadır. Bu adım, ajanların davranışlarının formüle edilmesini içermektedir. Bir ajanın davranışını ve etkileşimlerini simüle etmek için adım adım bir protokol izlenmektedir.
- Kavramsal model, bir programlama dili veya belirli bir simülasyon yazılımı kullanılarak bilgisayar ortamında uygulanmaktadır. Bu adım, bilgisayar modelinin kavramsal modelle tutarlı olmasını sağlayan bir doğrulama prosedürünü içermektedir.
- Ajan-tabanlı modelin parametreleri, ampirik veriler kullanılarak kalibre edilmektedir. Kalibrasyon adımının ardından ampirik verilere dayalı bir

doğrulama prosedürü kullanılmaktadır. Mikro düzeydeki verilerin yetersizliği nedeniyle literatürde yaygın olarak makro düzeyde doğrulama kullanılmaktadır. Buna ek olarak, üretilen modelleri doğrulamak için doğrulanmış simülasyon modelleri kullanılmaktadır.

Ajan-tabanlı simülasyonun aşağıdaki gibi birtakım zorlukları vardır (Turgut ve Bozdağ, 2023):

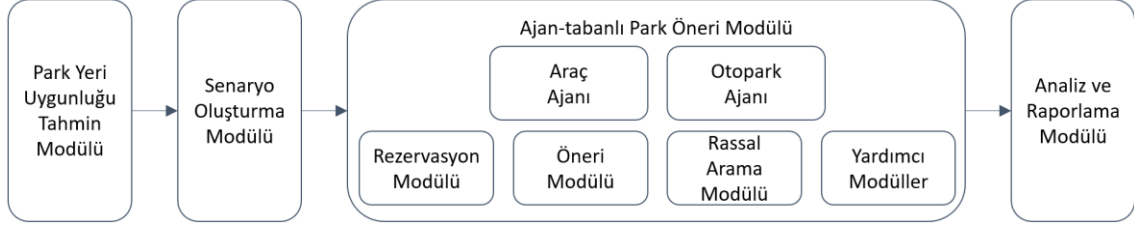
- **Tasarım:** Ajan-tabanlı simülasyonda karşılaşılan ilk zorluk, modeli tasarlamaktır. Bu, süreçlerin kurallar olarak formüle edilmesini ve temsil edilecek süreçlerin belirlenmesinin yanı sıra, modelin amaçlarına uygun ayrıntı düzeyinin tanımlanmasını içermektedir. Gerçek hayat davranışını bir dizi kural olarak tanımlamak, ajan-tabanlı model geliştirmenin karşılaştığı en zorlu görevdir. Model tasarımının zor kısmı, temel bir teorik soruyu özetlemek için yeterince basit ve düzenli olan, buna karşın ilgilenilen davranışı veren kuralların araştırılmasıdır. Simülasyon modelleri gerçekliğin basitleştirilmiş bir temsilidir. Bu nedenle, tüm önemli ayrıntıları içermezler, yalnızca en önemli yönleri içerirler. Bu bakımdan model temel bir teorik soruyu özetleyecek kadar basit olmalı ve modelde kurallar doğru bir şekilde tanımlanmalıdır.
- **Uygulama:** Ajan-tabanlı simülasyonda, bilgisayar modellerini geliştirme esnasında da zorluklarla karşılaşılabilir. Bu zorluklar donanımdan veya yazılımdan kaynaklanabilmektedir. Yazılım tarafında, model bir programlama dili kullanılarak veya mevcut simülasyon programları kullanılarak oluşturulabilmektedir. Donanım tarafında, üretilen model daha karmaşık olabilir ve yüksek derecede hesaplama karmaşıklığına sahip olabilmektedir.
- **Paylaşım:** Ajan-tabanlı simülasyona yöneltilen en yaygın eleştiri, modellerin bir defaya mahsus olarak geliştirilmeleridir. Öte yandan, araştırmacılar ajan-tabanlı simülasyonun paylaşarak yaygınlaştırılması ve başka çalışmalarda yeniden kullanılması gerektiğini öne sürmektedirler.

3.2. Yöntem

Bu tez çalışması kapsamında, akıllı şehirler için bütünleşik bir park yönetim sistemi önerilmekte olup birbirinden bağımsız iki ayrı kurgu tasarlanmıştır. Kurgu – 1 olarak sunulan yapı kesikli-olay simülasyonu olarak kurgulanarak sisteme daha yukarıdan bakmaktadır. Burada, olay-tabanlı bir yapı ile park süreci simüle edilmektedir ve ilerleyen sayfalarda detayları verildiği üzere bu kurguda araç ve otopark olmak üzere iki tip ajan yer almaktadır. Tahmin ve ajan-tabanlı park öneri modüllerine ek olarak, senaryo oluşturma, analiz yapma ve fayda fonksiyonu parametrelerini hesaplama gibi birtakım yardımcı işlemleri gerçekleştiren modüller de yer almaktadır. Kurgu – 2 olarak adlandırılan yapı ise dinamik trafik koşullarının da dikkate alındığı ve sürekli-zaman simülasyonu olarak geliştirilen sistemdir. Burada, yol ağı üzerinde araçların konumları ve trafik durumu da dikkate alındığından Kurgu – 1'e kıyasla sistem daha derinden ele alınmaktadır. Kurgu – 1'deki araç ve otopark ajanlarına ek olarak burada yol ağı ajanı da sisteme dahil edilmiştir. Araçların bu ağ üzerinde izledikleri rota Dijkstra algoritması kullanılarak optimize edilmekte ve araçların bu rota üzerindeki konumları takip edilerek park kararları dinamik koşullar dikkate alınarak güncellenebilmektedir. Kurgu – 1'de yer alan modüllere ek olarak bu yapıda rotalama modülü de geliştirilmiştir. Her iki kurguda da rezervasyonlu ve rezervasyonsuz araç olmak üzere farklı özellikte araçlar dikkate alınmaktadır. Tez kapsamında önerilen yapının önemini vurgulamak amacıyla, önerilen park yönetim sistemini kullanan rezervasyonlu ve rezervasyonsuz araçlara ek olarak sistemi kullanmayan ve rassal arama yapan araçlar da dikkate alınmaktadır. İlerleyen sayfalarda geliştirilen her iki kurgunun da bileşenleri ve uygulama adımları sunulmaktadır.

Şekil 3.3'te görüldüğü gibi çalışma kapsamında geliştirilen ilk kurgu, park yeri uygunluğu tahmini ve park önerisi olmak üzere iki ana modülden oluşmaktadır. Park önerisi modülü araç ve otopark ajanları olmak üzere iki tip ajan içermektedir. Bu modülün alt modüllerini ise rezervasyonlu araçlar için park önerisinin yapıldığı rezervasyon modülü, rezervasyonsuz araçlar için park önerisinin yapıldığı öneri modülü ve sistemi kullanmayarak park arayan diğer araçlar için geliştirilen rassal arama modülü oluşturmaktadır. Bu modüllere ek olarak, öneri için gerekli diğer parametrelerin

hesaplandığı yardımcı modüller de yer almaktadır. Bu kurgu, ikinci kurguya kıyasla sisteme daha yukarıdan bakan bir yapıya sahiptir ve olay-tabanlı simülasyon yapılmaktadır. Bu kurgunun büyük boyutlu gerçek hayat veri seti ile çalışabilecek bir park yönetim sistemi aplikasyonunun temelini oluşturacağı ön görülmektedir.



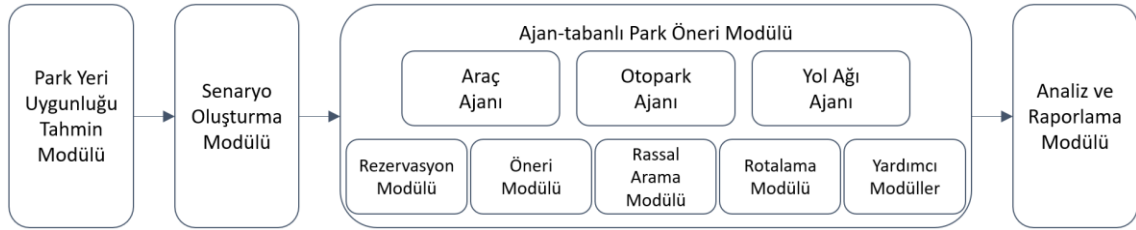
Şekil 3.3. Sistem bileşenleri: Kurgu – 1

Şekil 3.4’te bileşenleri verilen ve Kurgu – 2 olarak adlandırılan yapı ise Kurgu – 1’in aksine sistemi mikro ölçekte dikkate almaktadır. Yol ağı üzerindeki dinamik trafik koşullarının dikkate alınması ile birlikte araçların kalkış noktaları ile önerilen otopark arasındaki rotalama kararlarının da dinamik olarak verildiği ve değişen trafik koşullarına göre bu rotanın güncellenebildiği bir yapı kurgulanmıştır. Dolayısıyla dinamik trafik koşulları doğrultusunda park önerileri sunulmaktadır ve önceki kurgudaki olay-tabanlı yapının aksine sürekli-zaman simülasyonu yapılmaktadır. Kurgu – 1’de yer alan araç ve otopark ajanlarına ek olarak, Kurgu – 2’de yol ağı ajanı da sisteme entegre edilmiştir ve ajan-tabanlı park öneri modülünün bir alt modülü olarak Dijkstra algoritmasının kullanıldığı rotalama modülü geliştirilmiştir. Her iki yapıda da yer alan modüller ve kullanım amaçları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Park yeri uygunluğu tahmin modülü: Önceki bölümde detayları sunulan ARIMA, SARIMA ve YSA alt modüllerinden oluşmakta, park yeri uygunluğunun tahmini yapılmaktadır.
- Senaryo oluşturma modülü: Statik araç özelliklerinin, otopark özelliklerinin ve Kurgu – 2’deki ağ özelliklerinin oluşturulduğu alt modülleri içermektedir.
- Rezervasyon modülü: Rezervasyonlu araçlar için maksimum faydalı park önerisini sunmaktadır. Burada aracın rezervasyon için uygun alt yapısının olduğu

ve/veya araç sahibinin mobil cihazlar üzerinden rezervasyon yapma imkanının bulunduğu varsayılmaktadır.

- Öneri modülü: Rezervasyonsuz araçlar için maksimum faydalı park önerisini sunmaktadır.
- Rassal arama modülü: Akıllı park yönetimi sistemi kullanmayarak rassal olarak park arayan araçlar için park arama yapısını simüle etmektedir. Burada araçların varış noktalarına en yakın otoparka gitme eğiliminde olduğu varsayılmaktadır.
- Rotalama modülü: Dinamik ağ özellikleri dikkate alınarak kalkış noktası ile varış noktası arasındaki en kısa yol ve bu yolun maliyeti hesaplanmaktadır. Bu modül yalnızca Kurgu – 2’de yer almaktadır.
- Analiz ve raporlama modülü: İlgili senaryo için elde edilen simülasyon sonuçlarını performans parametrelerine göre analiz etmektedir.
- Diğer yardımcı modüller: Ele alınan senaryoya göre fayda fonksiyonu parametrelerini hesaplamaktadır.



Şekil 3.4. Sistem bileşenleri: Kurgu – 2

Rezervasyonlu araç için ele alınan fayda fonksiyonu parametreleri; (i) kalkış noktası ile aday park yerleri arasındaki sürüş süresi, (ii) aday park yerleri ile varış noktası arasındaki yürüyüş mesafesi, (iii) rezervasyon ücreti ve park ücretinin toplamından oluşan toplam ücret ve (iv) yönlendirilen araç derecesidir. Yönlendirilen araç derecesi kavramı, park yerlerine yönlendirilen araç sayısına göre hesaplanan ve otoparkların etrafındaki trafiği azaltmaya yönelik olarak ele alınan bir parametredir. Otoparka giden araç sayısı arttıkça otoparkın etrafındaki trafik de artacağından bu parametre fayda değeri üzerinden negatif etkiye sahiptir. Bir diğer ifadeyle, tez çalışmasının ana motivasyonu olan park yeri arama sürecinden kaynaklı trafik yoğunluğunu azaltma hedefine paralel olarak belirli bir otoparka çok sayıda araç yönlendirilmesi durumunda ortaya çıkabilecek trafik

yoğunluğunu engellemek amacıyla ele alınmaktadır. Rezervasyonsuz araç için ele alınan fayda fonksiyonu parametreleri ise (i) kalkış noktası ile aday park yerleri arasındaki sürüş mesafesi, (ii) aday park yerleri ile varış noktası arasındaki yürüyüş mesafesi, (iii) park ücreti, (iv) yönlendirilen araç derecesi ve (v) uygunluk derecesidir. Rezervasyonun yapıldığı andan itibaren park ücreti ödeneceği için sürüş süresi önem kazanmaktadır, bu nedenle rezervasyon durumunda sürüş süresi dikkate alınmaktadır. Rezervasyon olmaması durumunda ise sürüş mesafesi ele alınmaktadır. Rezervasyon olmaması durumunda, önerilen otoparka varıldığında daha önceden önerilen park yerinin uygun olmama ihtimali de bulunduğundan uygunluk derecesi de bir diğer parametre olarak ele alınmaktadır. Rezervasyonlu araçlar için fayda değeri hesaplanırken uygun kapasiteye sahip otoparklar filtrelenerek park önerisi sunulduğundan bu parametre ele alınmazken rezervasyonsuz araçlar için söz konusu parametrenin daha anlamlı olduğu söylenebilir.

İlerleyen sayfalarda, Kurgu – 1 kapsamında geliştirilen ajan-tabanlı park öneri modülünün alt bileşenleri sunulmaktadır. Araç ajanının on üçü statik ve on ikisi dinamik olmak üzere toplam yirmi beş özelliği bulunmaktadır. Çizelge 3.1’de görüldüğü gibi statik özellikler; aracın tanımlayıcı numarası (ID), kalkış noktası enlem ve boylamı, varış noktası enlem ve boylamı, araç tipi, üretilme zamanı, parkta kalma (servis) süresi, sürüş ağırlığı, yürüyüş ağırlığı, ücret ağırlığı, trafik ağırlığı, uygunluk ağırlığıdır. Dinamik özellikler ise hedef park, araç durumu, park etme zamanı, sürüş süresi, sürüş mesafesi, yürüyüş mesafesi, park ücreti, rezervasyon ücreti, toplam ücret, trafik derecesi, uygunluk derecesi ve sistemden/otoparktan çıkış zamanıdır. Burada bahsi geçen trafik derecesi önerilen otoparkın önerinin sunulduğu andaki yönlendirilen araç derecesi iken uygunluk derecesi de otoparkın uygunluğunu ifade etmektedir. Bu değerler, ilerleyen sayfalarda detayları sunulan performans parametrelerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Burada bahsi geçen araç tipinin aldığı değerler ise aşağıdaki gibidir:

- 0: sistemi kullanmayan rassal arama yapan araç
- 1: sistemi kullanan rezervasyonsuz araç
- 2: sistemi kullanan rezervasyonlu araç

Dinamik özelliklerden durum özelliği ise farklı durumlar için aşağıdaki değerleri almaktadır:

- 0: sisteme henüz giriş yapmamış araç (senaryo üretildiğindeki değer)
- 1: sisteme yeni giriş yapmış/üretilmiş araç
- 2: parka giriş yapmış araç
- 3: parktan çıkış yapmış araç
- 4: faydalı bir park önerilemeyen araç
- 5: başarısız park girişimi olan araç (faydalı bir otopark önerilmiş olmasına rağmen ilgili otoparka ulaşıldığında uygun park yeri bulunamaması durumu)

Çizelge 3.1. Araç ajanının özellikleri: Kurgu – 1

Statik Özellikler
id_v : Araç ID
o_v^{lt} : Kalkış noktası enlemi
o_v^{lg} : Kalkış noktası boylamı
d_v^{lt} : Varış noktası enlemi
d_v^{lg} : Varış noktası boylamı
r_v : Araç tipi
t_v^b : Üretilme zamanı
t_v^s : Parkta kalma (servis) süresi
α_1 : Sürüş mesafesi/süresi kriterine verilen ağırlık
α_2 : Yürüyüş mesafesi kriterine verilen ağırlık
α_3 : Ücret kriterine verilen ağırlık
α_4 : Yönlendirilen araç derecesi kriterine verilen ağırlık
α_5 : Uygunluk kriterine verilen ağırlık

Dinamik Özellikler
p_v : Hedef otopark
s_v : Araç durumu
t_v^p : Park etme zamanı
t_v^t : Sürüş süresi
t_v^d : Sürüş mesafesi
w_v : Yürüyüş mesafesi
c_v^p : Park ücreti
c_v^r : Rezervasyon ücreti
c_v : Toplam ücret
r_v^p : Yönlendirilen araç derecesi
a_v^p : Uygunluk derecesi
t_v^e : Çıkış zamanı

Otopark ajanının ise Çizelge 3.2’de görüldüğü gibi yedisi statik ve beşi dinamik tipte olmak üzere toplam on iki özelliği bulunmaktadır. Statik özellikler; otoparkın tanımlayıcı numarası (ID), blok numarası, toplam kapasitesi, bulunduğu enlem ve boylam değerleri, birim zamandaki park ücreti ve rezervasyon oranıdır. Dinamik özellikler; tahmin edilen uygun kapasite ve derecesi, yönlendirilen araç sayısı ve derecesi ile en iyi tahmin yöntemidir. Burada, her bir otopark için ortalama karesel hatalar cinsinden en iyi sonucu veren tahmin yönteminin bilgisi tutulmaktadır.

Çizelge 3.2. Otopark ajanının özellikleri: Kurgu – 1

Statik Özellikler
id_p : Otopark ID
b_p : Blok numarası
c_p : Toplam kapasite
o_p^{lt} : Enlem
d_p^{lg} : Boylam
f_p : Birim zamandaki park ücreti
r_p : Rezervasyon oranı
Dinamik Özellikler
x_p : Uygun kapasite
x_p^d : Uygunluk derecesi
t_p : Yönlendirilen araç sayısı
t_p^d : Yönlendirilen araç derecesi
m_p : Tahmin yöntemi

Kurgu – 1 kapsamında geliştirilen ajan-tabanlı park öneri sisteminin genel adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir. Burada bahsi geçen gelecek-olay-listesi 3-sütunlu bir yapıda olup her bir olay tipi için şu bilgileri içermektedir: (i) aracın tanımlayıcı numara (ID) değeri (id_v), (ii) olayın tipi (e_k) ve (iii) olay zamanı (t_k). Olay tipi ise sisteme yeni giriş olayı için 1, otoparka giriş olayı için 2 ve otoparktan/sistemden çıkış olayı için 3 değerini almaktadır. Şekil 3.5’te iş akış şeması verilen ve Kurgu – 1 kapsamında geliştirilen yapının adımları aşağıda özetlenmiştir:

Adım 0: Simülasyon ortamı başlangıç koşulları, durdurma kriteri (T) ve diğer simülasyon parametreleri tanımlanır. Simülasyonda dikkate alınacak senaryoya göre gelecek olay

listesi oluşturulur. Mevcut olayın sırası (k) bir değerine eşitlenir ve t_k ilgili olayın zamanını ifade etmektedir.

Adım 1: Durdurma kriterine ulaşıncaya kadar ($t_k < T$ olduğu sürece) aşağıdaki adımlar izlenir, aksi durumda algoritma sonlandırılır.

(i) Mevcut olay sisteme yeni giriş yapan rezervasyonlu bir araca aitse ($e_k = 1$, $r_v = 2$) bir diğer ifadeyle, (1), (2) ve (3) numaralı karar noktalarında “Evet” koşulları sağlandıysa, ele alınan fayda fonksiyonu parametrelerine göre maksimum faydalı rezervasyon önerisi yapılır. Burada fayda değeri parametrelerinin hesaplanmasında süre ve mesafe hesaplama gibi yardımcı modüller kullanılmaktadır. Önerilen hedef otopark, tahmini otoparka giriş zamanı, sistemden çıkış zamanı ve ilgili öneriye ait performans parametreleri gibi dinamik araç ajanı özellikleri güncellenir. Sisteme giriş yapan bu yeni aracın tahmini otoparka giriş zamanı ve sistemden çıkış zamanı parametreleri gelecek olay listesine eklenir ve liste olay zamanlarına göre yeniden sıralanır. Uygun kapasite ve yönlendirilen araç sayısına bağlı olarak dinamik otopark ajanı özellikleri güncellenir. Rezervasyon modülü ile hesaplanan fayda değeri (U_{vp}^1) ise Denklem (3.8) ile verilen ifadeye göre her v aracı ve p otoparkı için hesaplanırken denklemde de görüldüğü gibi ilgili parametrelerin normalize edilen değerleri ele alınmaktadır. Ağırlık değerleri ise araç özelinde farklı kullanıcı davranışlarını ifade edecek şekilde ilerleyen bölümde detayları verildiği üzere belirlenmektedir. Faydalı bir park bulunamaması durumunda ise olursuz (infeasible) çözümleri ortadan kaldırmak ve sistemin hata vermesini engellemek amacıyla ilgili aracın sonsuz kapasiteli hayali bir otoparka yönlendirildiği varsayılmaktadır. n tane otopark bulunan bir sistem için aracın yönlendirildiği hayali hedef otopark değeri de $(n + 1)$ olarak güncellenmekte ve bu aracın hayali bir süre kadar trafikte dolaşım sistemden çıktığı varsayılmaktadır.

$$U_{vp}^1 = \alpha_1 t_{vp}^* + \alpha_2 w_{vp}^* + \alpha_3 c_{vp}^* + \alpha_4 t_p^* \quad (3.8)$$

(ii) Mevcut olay sisteme yeni giriş yapan rezervasyonsuz bir araca aitse ($e_k = 1$, $r_v = 1$) bir diğer ifadeyle, (1), (2) ve (3) numaralı karar noktalarında sırasıyla “Evet”, “Evet” ve “Hayır” koşulları sağlandıysa, ele alınan fayda fonksiyonu parametrelerine göre maksimum faydalı park önerisi yapılır. Burada fayda değeri parametrelerinin hesaplanmasında rezervasyon sürecinde olduğu gibi yardımcı modüller (süre ve mesafe hesaplama modülleri) kullanılmaktadır. Önerilen hedef otopark, tahmini otoparka giriş zamanı, sistemden çıkış zamanı ve ilgili öneriye ait performans parametreleri gibi dinamik araç ajanı özellikleri güncellenir. Sisteme giriş yapan bu yeni aracın tahmini otoparka giriş zamanı ve sistemden çıkış zamanı parametreleri gelecek olay listesine eklenir ve liste olay zamanlarına göre yeniden sıralanır. Yönlendirilen araç sayısına bağlı olarak yönlendirilen araç derecesi gibi dinamik otopark ajanı özellikleri güncellenir. Burada rezervasyon kurgusu olmadığından otoparkın kapasitesi bu aşamada güncellenmemektedir. Park öneri modülünde dikkate alınan fayda değeri (U_{vp}^2) ise Denklem (3.9) ile verilen ifadeye göre her v aracı ve p otoparkı için hesaplanırken denklemde de görüldüğü gibi ilgili parametrelerin normalize edilen değerleri ele alınmaktadır. Faydalı bir park bulunamaması durumunda ise olursuz çözümleri ortadan kaldırmak ve sistemin hata vermesini engellemek amacıyla ilgili aracın sonsuz kapasiteli hayali bir otoparka yönlendirildiği varsayılmaktadır. n tane otopark bulunan bir sistem için aracın yönlendirildiği hayali hedef otopark değeri de $(n + 1)$ olarak güncellenmekte ve bu aracın hayali bir süre kadar trafikte dolaşıp sistemden çıktığı varsayılmaktadır.

$$U_{vp}^2 = \alpha_1 t_{vp}^{t*} + \alpha_2 w_{vp}^* + \alpha_3 c_{vp}^* + \alpha_4 t_p^* + \alpha_5 x_p^{d*} \quad (3.9)$$

(iii) Mevcut olay park-öneri sistemini kullanmayan ve simülasyona yeni giriş yapan bir araca aitse ($e_k = 1$, $r_v = 0$) bir diğer ifadeyle, (1) ve (2) numaralı karar noktalarında sırasıyla “Evet” ve “Hayır” koşulları sağlandıysa, bu aracın yürüme mesafesi cinsinden varış noktasına en yakın otoparka yönlendiği varsayılmaktadır. Bu araç için hedef otopark, tahmini otoparka giriş zamanı, sistemden çıkış zamanı ve performans parametreleri gibi dinamik araç ajanı özellikleri güncellenir. Sisteme giriş yapan bu yeni aracın tahmini otoparka giriş

zamanı ve sistemden çıkış zamanı parametreleri gelecek olay listesine de eklenir ve liste olay zamanlarına göre yeniden sıralanır. Yönlendirilen araç sayısına bağlı olarak yönlendirilen araç derecesi gibi dinamik otopark ajanı özellikleri güncellenir. Burada rezervasyon kurgusu olmadığından otoparkın kapasitesi bu aşamada güncellenmemektedir.

(iv) Mevcut olay sistemde var olan rezervasyonlu bir aracın otoparka girişi ($e_k = 2$, $r_v = 2$) ise bir diğer ifadeyle, (1), (4) ve (5) numaralı karar noktalarında sırasıyla “Hayır”, “Evet” ve “Evet” koşulları sağlandıysa, park süreci tamamlanır. Aracın hedef parka ulaştığını gösteren dinamik araç ajanı özelliği güncellenir.

(v) Mevcut olay sistemde var olan rezervasyonsuz bir aracın (sistemi kullanıp rezervasyonu olmayan veya sistemi kullanmayarak rassal arama yapan aracın) otoparka girişi ($e_k = 2$, $r_v = 1$ veya $r_v = 0$) ise bir diğer ifadeyle, (1), (4) ve (5) numaralı karar noktalarında sırasıyla “Hayır”, “Evet” ve “Hayır” koşulları sağlandıysa, önerilen hedef otoparkta uygun bir park yeri olup olmadığı ($x_p > 0$) kontrol edilir. Bu otoparkta uygun bir park yeri varsa, (6) numaralı karar noktasında “Evet” koşulu sağlandıysa, park süreci tamamlanır. Aracın hedef parka ulaştığını gösteren dinamik araç ajanı özelliği ve otoparkın uygun kapasitesini gösteren dinamik otopark ajanı özelliği güncellenir.

(vi) Mevcut olay sistemde var olan rezervasyonsuz bir aracın (sistemi kullanıp rezervasyonu olmayan veya sistemi kullanmayarak rassal arama yapan aracın) otoparka girişi ($e_k = 2$, $r_v = 1$ veya $r_v = 0$) ise bir diğer ifadeyle, (1), (4) ve (5) numaralı karar noktalarında sırasıyla “Hayır”, “Evet” ve “Hayır” koşulları sağlandıysa, önerilen hedef otoparkta uygun bir park yeri olup olmadığı ($x_p > 0$) kontrol edilir. Bu otoparkta uygun bir park yeri yoksa, (6) numaralı karar noktasında “Hayır” koşulu sağlandıysa, olursuz çözümleri ortadan kaldırmak ve sistemin hata vermesini engellemek amacıyla ilgili aracın sonsuz kapasiteli hayali bir otoparka yönlendirildiği varsayılmaktadır. Söz konusu araca ait dinamik özelliklerden olan performans parametreleri sıfır olarak güncellenir. n tane otopark bulunan bir sistem için aracın yönlendirildiği hayali hedef otopark değeri

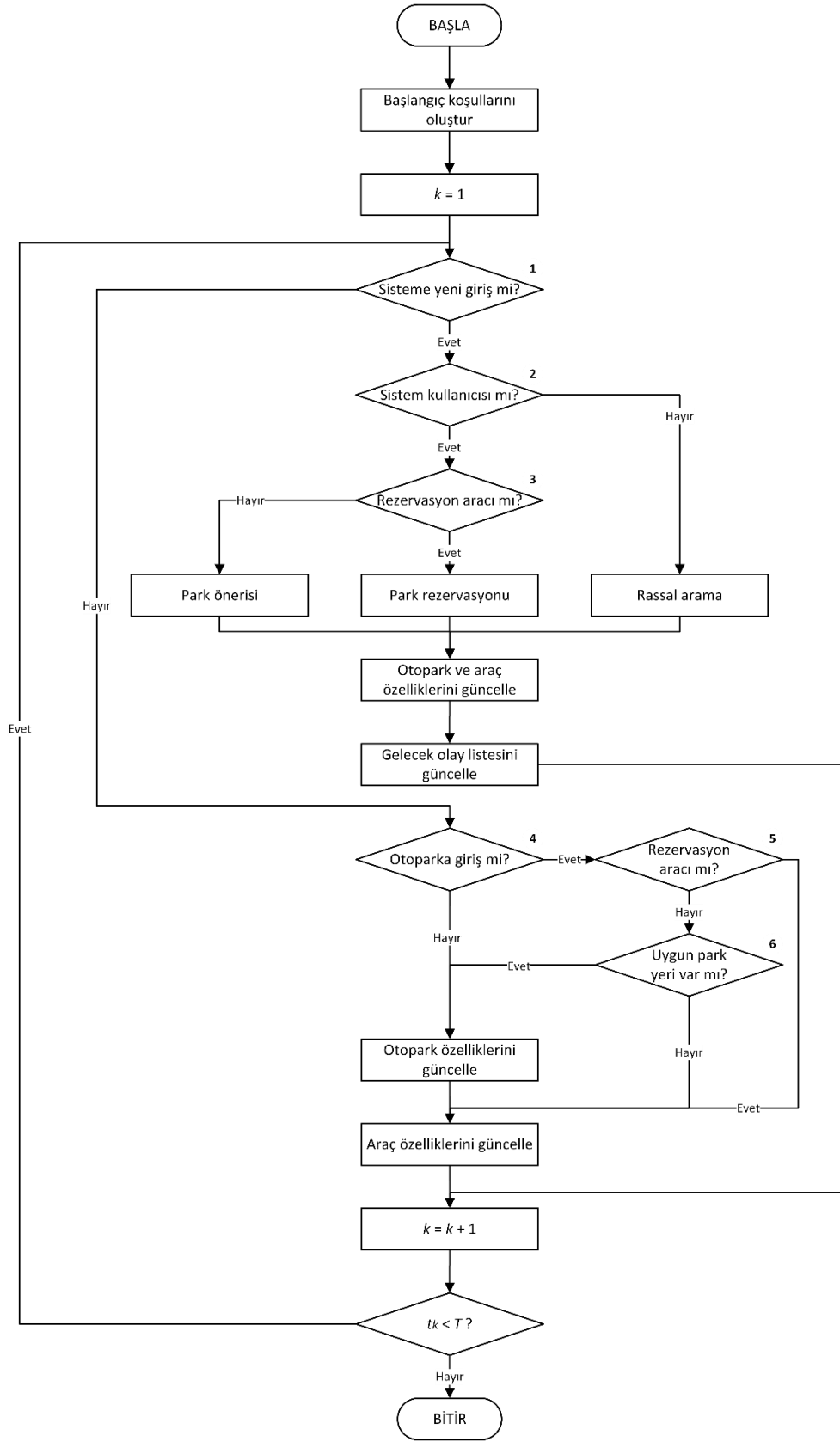
de $(n + 1)$ olarak güncellenir ve bu aracın hayali bir süre kadar trafikte dolaşım sistemden çıktığı varsayılmaktadır.

(vii) Mevcut olay sistemden çıkış yapan herhangi bir araca aitse ($e_k = 3$) bir diğer ifadeyle, (1) ve (4) numaralı karar noktalarında “Hayır” koşulları sağlandıysa, çıkış süreci için dinamik araç ajanı özellikleri ve ilgili otoparkın kapasitesine ilişkin özellikler güncellenmektedir.

Adım 2: Bir sonraki olaya geçilir ve Adım 1’e gidilir.

Yukarıda da bahsedildiği gibi Kurgu – 2 kapsamında, diğer kurgudan farklı olarak yol ağı üzerindeki dinamik trafik koşullarının dikkate alınması ile araçların kalkış noktaları ile önerilen otopark arasındaki rotalama kararlarının da dinamik olarak verildiği ve değişen trafik koşullarına göre bu rotanın güncellenebildiği bir yapı kurgulanmıştır. Dolayısıyla dinamik trafik koşulları doğrultusunda park önerileri sunulmaktadır ve önceki kurgudaki olay-tabanlı yapının aksine sürekli-zaman simülasyonu yapılmaktadır. Kurgu – 1’de yer alan araç ve otopark ajanlarına ek olarak, Kurgu – 2’de yol ağı ajanı da sisteme entegre edilmiştir ve ajan-tabanlı park öneri modülünün bir alt modülü olarak Dijkstra algoritmasının kullanıldığı rotalama modülü geliştirilmiştir.

Araç ajanının on biri statik ve yirmisi dinamik tipte olmak üzere toplam otuz bir özelliği bulunmaktadır. Çizelge 3.3’te görüldüğü gibi statik özellikler; araç tanımlayıcı numarası (ID), kalkış düğüm noktası, varış düğüm noktası, araç tipi, üretilme zamanı, parkta kalma süresi, sürüş ağırlığı, yürüyüş ağırlığı, ücret ağırlığı, trafik ağırlığı, uygunluk ağırlığıdır. Dinamik özellikler ise hedef park, araç durumu, tahmini park etme zamanı, ağ üzerinde bulunulan geçmiş düğüm noktası, ağ üzerindeki bulunulacak gelecek düğüm noktası, geçmiş düğüm noktasına olan uzaklık (zaman cinsinden), gelecek düğüm noktasına olan uzaklık (zaman cinsinden), gelecek düğüm noktasının park olma durumu (gelecek düğüm noktası parksa 1, aksi durumda 0), ilk parka gidiş zamanı, park edilemeyen (başarısız olunan) son park, park etme zamanı, sürüş süresi, sürüş mesafesi, yürüyüş mesafesi, park ücreti, rezervasyon ücreti, toplam ücret, yönlendirilen araç derecesi, uygunluk derecesi ve çıkış zamanıdır. Araç tipi ve durumu Kurgu – 1’de sunulduğu gibi değer almaktadır.



Şekil 3.5. Ajan-tabanlı park öneri modülü iş akış şeması: Kurgu – 1

Çizelge 3.3. Araç ajanının özellikleri: Kurgu – 2

Statik Özellikler
id_v : Araç ID
o_v : Kalkış düğüm noktası
d_v : Varış düğüm noktası
r_v : Araç tipi
t_v^b : Üretilme zamanı
t_v^s : Parkta kalma (servis) süresi
α_1 : Sürüş mesafesi/süresi kriterine verilen ağırlık
α_2 : Yürüyüş mesafesi kriterine verilen ağırlık
α_3 : Ücret kriterine verilen ağırlık
α_4 : Yönlendirilen araç derecesi kriterine verilen ağırlık
α_5 : Uygunluk kriterine verilen ağırlık

Dinamik Özellikler
p_v : Hedef otopark
s_v : Araç durumu
t_v^{pp} : Tahmini park etme zamanı
a_v : Ağ üzerindeki geçmiş düğüm noktası
b_v : Ağ üzerindeki gelecek düğüm noktası
t_v^1 : Geçmiş düğüm noktasına olan uzaklığı (süre)
t_v^2 : Gelecek düğüm noktasına olan uzaklığı (süre)
s_v^p : Gelecek düğüm noktasının park olma durumu; gelecek düğüm noktası parksa 1, aksi durumda 0
t_v^{p1} : İlk parka gidiş zamanı
p_v^l : Park edilemeyen son park
t_v^p : Park etme zamanı
t_v^t : Sürüş süresi
t_v^d : Sürüş mesafesi
w_v : Yürüyüş mesafesi
c_v^p : Park ücreti
c_v^r : Rezervasyon ücreti
c_v : Toplam ücret
r_v^p : Yönlendirilen araç derecesi
a_v^p : Uygunluk derecesi
t_v^e : Sistemden/otoparktan çıkış zamanı

Bu yapıda, Kurgu – 1’den farklı olarak, aracın önerilen otoparka gittiğinde park sürecinin başarısız olması ve ilgili aracın yeniden yol ağına katılarak park öneri sürecine dahil olması dikkate alınmaktadır. Konum bilgileri ise önceki kurgudaki gibi enlem boylam cinsinden değil, ağ üzerindeki düğüm noktası bilgisi olarak tutulmaktadır. Böylelikle yol ağı ajanının sisteme entegrasyonu için gerekli alt yapı oluşturulmuştur. Aracın ağ üzerinde bulunduğu son düğüm noktası ve bulunacağı gelecek düğüm noktası ile bu

noktalara olan uzaklıklar ilerleyen sayfalarda da bahsedildiği gibi aracın konumunun belirlenmesi ve bu konuma bağlı olarak kararların verilmesi için kritik öneme sahiptir.

Otopark ajanının, Çizelge 3.4'te görüldüğü gibi altısı statik ve beşi dinamik tipte olmak üzere toplam on bir özelliği bulunmaktadır. Statik özellikler; otoparkın tanımlayıcı numarası (ID), blok numarası, toplam kapasite, ağ üzerinde bulunduğu düğüm noktası, birim zamandaki park ücreti ve rezervasyon oranıdır. Dinamik özellikler; tahmin edilen uygun kapasite ve derecesi, yönlendirilen araç sayısı ve derecesi ile en iyi tahmin yöntemidir.

Çizelge 3.4. Otopark ajanının özellikleri: Kurgu – 2

Statik Özellikler
id_p : Otopark ID
b_p : Blok numarası
c_p : Toplam kapasite
n_p : Düğüm noktası
f_p : Birim zamandaki park ücreti
r_p : Rezervasyon oranı
Dinamik Özellikler
x_p : Uygun kapasite
x_p^d : Uygunluk derecesi
t_p : Yönlendirilen araç sayısı
t_p^d : Yönlendirilen araç derecesi
m_p : Tahmin yöntemi

Ağ ajanının ise Çizelge 3.5'te sunulduğu gibi on biri statik ve üçü dinamik tipte olmak üzere toplam on dört özelliği bulunmaktadır. Söz konusu statik özelliklerin ilk ikisi ağ üzerindeki tüm elemanlar için tanımlanırken diğer özelliklerin dördü düğüm noktaları, beşi arklar için tanımlanmaktadır. Statik özellikler; ağ elemanı tanımlayıcı numarası (ID), ağ elemanı tipi, düğüm noktası numarası, düğüm noktası tipi, düğüm noktasının enlemi, düğüm noktasının boylamı, ark numarası, ark başlangıç düğüm noktası, ark bitiş düğüm noktası, ark uzunluğu ve ark kapasitesidir. Dinamik özellikler; ark aktif trafik hacmi, ark seyahat hızı ve ark seyahat süresidir. Ağın başlangıç durumlarını ifade eden her bir ark için seyahat hızı ve seyahat süresi değerleri, Bureau of Public Roads (BPR) fonksiyonu kullanılarak sırasıyla Denklem (3.10) ve (3.11) ile verilen ifadelerdeki gibi

hesaplanmaktadır. Burada v_n^0 serbest akış trafik hızı iken α_n ve β_n ise BPR modeli katsayılarıdır.

$$v_n(0) = v_n^0 / \left(1 + \alpha_n \left(\frac{q_n(0)}{c_n} \right)^{\beta_n} \right) \quad (3.10)$$

$$t_n(0) = \frac{l_n}{v_n(0)} \quad (3.11)$$

Yol ağının ilgili arkında araç akışı gerçekleştikçe bu arka ait dinamik özellikler ise Denklem (3.12) ve (3.13) ile verilen ifadelerle güncellenmektedir.

$$v_n(t) = v_n^0 / \left(1 + \alpha_n \left(\frac{q_n(t)}{c_n} \right)^{\beta_n} \right) \quad (3.12)$$

$$t_n(t) = \frac{l_n}{v_n(t)} \quad (3.13)$$

Çizelge 3.5. Yol ağı ajanının özellikleri: Kurgu – 2

Statik Özellikler
id_n : Ağ elemanı ID
s_p : Ağ elemanı tipi, düğüm noktası ise 1, ark ise sıfır
n_n : Düğüm noktası numarası
n_n^t : Düğüm noktası tipi; kalkış noktasıysa 1, varış noktasıysa 2, otoparksa 3, ara düğüm noktasıysa 4
lt_n : Düğüm noktasının enlemi
lg_n : Düğüm noktasının boylamı
a_n : Ark numarası
a_n^b : Ark başlangıç düğüm noktası
a_n^e : Ark bitiş düğüm noktası
l_n : Ark uzunluğu
c_n : Ark kapasitesi
Dinamik Özellikler
q_n : Ark aktif trafik hacmi
v_n : Ark seyahat hızı
t_n : Ark seyahat süresi

Bu kurgu kapsamında geliştirilen ajan-tabanlı park öneri modülünün iş akış şeması Şekil 3.6'da verilmiş olup adımları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Adım 0: Simülasyon ortamı başlangıç koşulları oluşturulur. Durdurma kriteri (T), iterasyon adımı (t) ve diğer simülasyon parametreleri tanımlanır.

Adım 1: Sistemdeki her bir araç için aracın durumu, konumu gibi özellikler kontrol edilerek aşağıdaki olası durumlara karşı ilgili adımlar izlenir:

(i) Sisteme yeni giriş yapan ($t_v^b = t$) rezervasyonlu araç ($r_v = 2$) ise bir diğer ifadeyle, (1), (2) ve (3) numaralı karar noktalarında “Evet” koşulları sağlandıysa, maksimum faydalı park rezervasyonu yapılır. Burada Denklem (3.14) ile verilen ifadeye göre maksimum faydalı rezervasyon önerisi yapılmaktadır. Ele alınan parametreler sırasıyla sürüş süresi, yürüyüş mesafesi, park ücreti ve yönlendirilen araç derecesinin normalize edilen değerleridir. Buradaki sürüş süresi dinamik ağ koşulları dikkate alınarak Dijkstra algoritması ile hesaplanmaktadır. Rezervasyon ücreti de bu değer ile ilişkilendirilmektedir. Başarılı bir rezervasyon yapıldıysa hedef otopark, tahmini otoparka giriş zamanı gibi araç ajanı özellikleri ve ilgili otoparkın uygun kapasitesi, yönlendirilen araç sayısına bağlı olarak otoparkın etrafındaki trafik derecesi gibi otopark ajanı özellikleri güncellenir.

$$U_{vp}^1 = \alpha_1 t_{vp}^{t*} + \alpha_2 w_{vp}^* + \alpha_3 c_{vp}^* + \alpha_4 t_p^* \quad (3.14)$$

(ii) Sisteme yeni giriş yapan ($t_v^b = t$) rezervasyonsuz araç ($r_v = 1$) ise bir diğer ifadeyle, (1), (2) ve (3) numaralı karar noktalarında sırasıyla “Evet”, “Evet” ve “Hayır” koşulları sağlandıysa, maksimum faydalı park önerisi yapılmaktadır. Burada Denklem (3.15) ile verilen ifadeye göre maksimum faydalı rezervasyon önerisi sunulmaktadır. Ele alınan parametreler sırasıyla, sürüş mesafesi, yürüyüş mesafesi, park ücreti, yönlendirilen araç derecesi ve uygunluk derecesinin normalize edilen değerleridir. Park önerisinin sunulmasının ardından önerilen hedef otopark ve tahmini otoparka giriş zamanı gibi araç ajanı özellikleri güncellenir. Burada yalnızca öneri sunulduğu ve rezervasyon kurgusu olmadığı için otoparka ilişkin dinamik özelliklerden kapasite değeri güncellenmemekte yalnızca yönlendirilen araç sayısı ve derecesi değerleri güncellenmektedir.

$$U_{vp}^2 = \alpha_1 t_{vp}^{t*} + \alpha_2 w_{vp}^* + \alpha_3 c_{vp}^* + \alpha_4 t_p^* + \alpha_5 x_p^{d*} \quad (3.15)$$

(iii) Sisteme yeni giriş yapan ($t_v^b = t$) park öneri sistemini kullanmayarak rassal arama yapan araç ($r_v = 0$) ise bir diğer ifadeyle, (1) ve (2) numaralı karar noktalarında sırasıyla “Evet” ve “Hayır” koşulları sağlandıysa, varış noktasına yürüme mesafesi cinsinden en yakın otoparka yönlendiği varsayılır. Bu araç için hedef otopark, tahmini otoparka giriş zamanı, sistemden çıkış zamanı gibi dinamik araç ajanı özellikleri güncellenir. İlgili otopark için yönlendirilen araç sayısına bağlı olarak yönlendirilen araç derecesi dinamik özelliği güncellenir. Bu araçların yol ağı üzerinde takibinin yapılması ve buna bağlı olarak yol ağı özelliklerinin güncellenmesi için bir kereye mahsus olmak üzere araç rotası oluşturulur ve rotaya ilişkin dinamik araç özellikleri ve yol ağı özellikleri güncellenir. Sistemi kullanan araçlar içinse rotalama süreci her düğüm noktasında yeniden yapılmaktadır.

(iv) Sistemde daha önceden var olan ($t_v^b < t$) ve ağ üzerinde herhangi bir arkta bulunan araç ($s_v^p = 0, t_v^1 > 0, t_v^2 > 0$) ise bir diğer ifadeyle (1), (4), (5) ve (6) numaralı karar noktalarında “Hayır” koşulları sağlandıysa, ilgili arkin aktif trafik hızı ve süresine göre araç konumu güncellenir.

(v) Sistemde daha önceden var olan ($t_v^b < t$) herhangi bir düğüm noktasındaki rezervasyon aracı ($s_v^p = 0, t_v^1 = 0, r_v = 2$) ise bir diğer ifadeyle (1), (4), (5), (6), (7) ve (10) numaralı karar noktalarında “Hayır”, “Hayır”, “Hayır”, “Evet”, “Evet” ve “Evet” koşulları sağlandıysa, hedef otoparka olan rotası, trafik koşullarının dikkate alındığı Dijkstra algoritması kullanılan rotalama modülü aracılığıyla oluşturulur. Tahmini park etme zamanı, aracın geçmiş ve gelecek konumları ve bu konumlara olan uzaklıkları gibi araç ajanı özellikleri güncellenir. İzlediği rota üzerindeki seyahat süresi ve mesafesi içinde bulunulan dinamik koşullara göre güncellenir. Seçilen rota üzerinde takip edilecek arka ilişkin aktif trafik hacmi, seyahat hızı ve süresi gibi ağ ajanı özellikleri güncellenir. Benzer şekilde, mevcut düğüm noktasına geline arka ilişkin dinamik özellikler de güncellenir.

(vi) Sistemde daha önceden var olan ($t_v^b < t$) herhangi bir düğüm noktasındaki rezervasyonsuz araç ($s_v^p = 0, t_v^1 = 0, r_v = 1$) ise bir diğer ifadeyle (1), (4), (5), (6), (7) ve (10) numaralı karar noktalarında “Hayır”, “Hayır”, “Hayır”, “Evet”, “Evet” ve “Hayır” koşulları sağlandıysa, maksimum faydalı park önerisi yapılır ve ardından dinamik trafik koşulları dikkate alınarak ilgili hedefe olan minimum maliyetli rota oluşturulur. Önerilen hedef otopark, tahmini otoparka giriş zamanı, aracın geçmiş ve gelecek konumları ve bu konumlara olan uzaklıkları gibi araç ajanı özellikleri güncellenir. Seçilen rota üzerinde takip edilecek arka ilişkin aktif trafik hacmi, seyahat hızı ve süresi gibi ağ özellikleri güncellenir. Benzer şekilde, mevcut düğüm noktasına geline arka ilişkin dinamik özellikler de güncellenir. Burada, rezervasyon yapısı olmadığından ve dinamik koşullar altında önceden önerilen parka göre daha faydalı bir otopark olabileceğinden yeniden öneri mekanizması çalışmaktadır.

(vii) Sistemde daha önceden var olan ($t_v^b < t$) herhangi bir düğüm noktasındaki rassal arama yapan araç ($s_v^p = 0, t_v^1 = 0, r_v = 0$) ise bir diğer ifadeyle (1), (4), (5), (6) ve (7) numaralı karar noktalarında “Hayır”, “Hayır”, “Hayır”, “Evet” ve “Hayır” koşulları sağlandıysa, ilgili aracın önceden oluşturulan rotasına göre yol ağı üzerindeki konumu güncellenir. Tahmini otoparka giriş zamanı, aracın geçmiş ve gelecek konumları ve bu konumlara olan uzaklıkları gibi araç ajanı özellikleri güncellenir. Rota üzerinde takip edilecek arka ilişkin aktif trafik hacmi, seyahat hızı ve süresi gibi ağ ajanı özellikleri güncellenir. Benzer şekilde, mevcut düğüm noktasına geline arka ilişkin dinamik özellikler de güncellenir.

(viii) Sistemde daha önceden var olan ($t_v^b < t$), bir sonraki lokasyonu hedef park düğüm noktası olan ($s_v^p = 1$) ve bu parka belli bir mesafede bulunan herhangi bir araç ise bir diğer ifadeyle (1), (4), (5) ve (8) numaralı karar noktalarında “Hayır”, “Hayır”, “Evet” ve “Hayır” koşulları sağlandıysa, aracın konumu rotası boyunca güncellenir. Tahmini otoparka giriş zamanı, aracın geçmiş ve gelecek konumları ve bu konumlara olan uzaklıkları gibi araç ajanı özellikleri güncellenir. Ağ üzerinde takip edilecek arka ilişkin aktif trafik hacmi, seyahat hızı ve süresi gibi

ağ ajanı özellikleri güncellenir. Burada araç, parktan önceki son düğüm noktasında bulunduğu için diğer düğüm noktalarında olduğu gibi araç tipine bağlı olarak yeniden park önerme ve rotalama süreçleri gerçekleşmemektedir.

(ix) Sistemde daha önceden var olan ($t_v^b < t$), otoparka giriş yapan ($s_v^p = 1, t_v^2 = 0$) rezervasyon aracı ($r_v = 2$) ise bir diğer ifadeyle (1), (4), (5), (8) ve (9) numaralı karar noktalarında “Hayır”, “Hayır”, “Evet”, “Evet” ve “Evet” koşulları sağlandıysa, parka giriş zamanı, araç durumu, performans parametreleri, konum bilgileri gibi dinamik özellikler güncellenir. Burada yürüme rotası, Dijkstra algoritması ile belirlenmektedir. Mevcut düğüm noktasına geline arka ilişkin aktif trafik hacmi, seyahat hızı ve süresi dinamik özellikleri de güncellenir.

(x) Sistemde daha önceden var olan ($t_v^b < t$), bir sonraki lokasyonu hedef park düğüm noktası olan ($s_v^p = 1, t_v^2 = 0$) ve başarılı bir rezervasyonu olmamasına rağmen ilgili parkta uygun park yeri bulan araç ($r_v \neq 2, x_p > 0$) ise bir diğer ifadeyle (1), (4), (5), (8), (9) ve (11) numaralı karar noktalarında “Hayır”, “Hayır”, “Evet”, “Evet”, “Hayır” ve “Evet” koşulları sağlandıysa, park süreci tamamlanır. Parka giriş zamanı, araç durumu, performans parametreleri, konum bilgileri gibi araç ajanı özellikleri güncellenir. Burada yürüme rotası, Dijkstra algoritması ile belirlenmektedir. İlgili otoparkın uygun kapasitesi güncellenir. Mevcut düğüm noktasına geline arka ilişkin aktif trafik hacmi, seyahat hızı ve süresi dinamik özellikleri de güncellenir.

(xi) Sistemde daha önceden var olan ($t_v^b < t$), bir sonraki lokasyonu hedef park düğüm noktası olan ($s_v^p = 1, t_v^2 = 0$), başarılı bir rezervasyonu olmayan ve önerilen hedef otoparkta da uygun park yeri bulamayan ($x_p = 0$) araç ise bir diğer ifadeyle (1), (4), (5), (8), (9) ve (11) numaralı karar noktalarında “Hayır”, “Hayır”, “Evet”, “Evet”, “Hayır” ve “Hayır” koşulları sağlandıysa, araç yeniden yol ağına girerek aday park yerleri arar. Başarısız olarak gidilen son park özelliği güncellenir. Araç kalkış noktası bulunulan otoparkın konumu olarak güncellenir ve buradan yeniden araç yol ağına girer. Aracın tipine (r_v) bağlı olarak park rezervasyonu/önerisi/araması yapılır ve buna bağlı olarak ilgili araç ajanı

özellikleri güncellenmektedir. Eğer yeniden uygun bir park önerilemezse araç sistemden çıkış yapar ve performans parametreleri hesaplanır.

(xii) Otoparktan çıkan herhangi bir araç ise bir diğer ifadeyle (1) ve (4) numaralı karar noktalarında “Hayır” ve “Evet” koşulları sağlandıysa, araç durumu ve çıkış zamanı güncellenir. İlgili otoparka ait kapasite değeri güncellenir.

Adım 2: Durdurma kriteri sağlanıncaya kadar ($t < T$ olduğu sürece) bir sonraki zaman dilimine geçilir ve Adım 1'e gidilir, aksi durumda durulur.

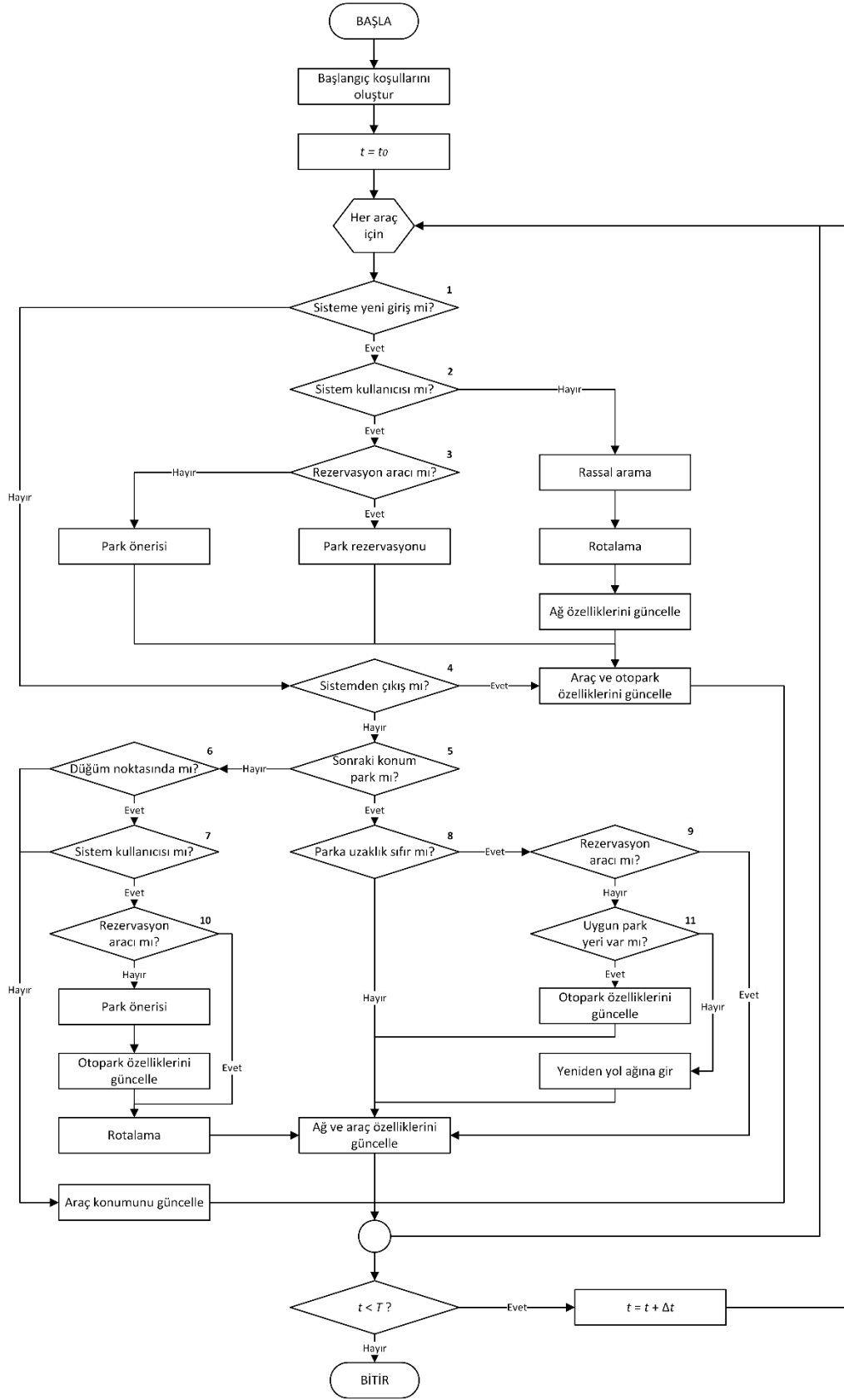
Rotalama modülünde kullanılan Dijkstra algoritması, etiketleme mantığı ile hareket etmektedir. Her bir düğüm noktası için o düğüme hangi düğüm noktasından geldiği ve ilgili rotanın maliyeti ile düğümün durumu (geçici/kalıcı) bilgileri birer etiket aracılığıyla tutulmaktadır. Başlangıçta tüm düğüm noktaları geçici olarak etiketlidir ve kalıcı bir etiketi olan düğüm noktası için bulunan maliyet değeri, başlangıç düğümünden ilgili düğüme olan en kısa mesafeyi ifade etmektedir. Algoritma, her adımda geçici etiketli düğüm noktaları arasından en küçük maliyet etiketli düğüm noktasını seçerek ilerler ve bu düğümü kalıcı olarak işaretler. Ardından, seçilen düğüm ile bağlantısı olan düğüm noktalarının geçici etiketlerini güncelleyerek bunlar arasından ve en küçük mesafe etiketli düğüm noktasını bulmak için karşılaştırmalar yapar. Algoritmanın genel adımları aşağıda özetlenmektedir (Dijkstra, 1959):

Adım 0: Başlangıç noktasını kalıcı olarak etiketle, bu noktadan kendisine olan uzaklığı sıfır olarak al ve ele alınan düğüm yap. Diğer düğüm noktalarını geçici olarak etiketle ve maliyet (uzaklık) değerlerini sonsuz olarak işaretle.

Adım 1: Ele alınan düğüm noktasından ulaşılabilen ve geçici etiketi olan düğümlerin uzaklık etiketlerini hesapla.

Adım 2: Minimum maliyeti (uzaklığı) bul ve bu maliyeti veren noktayı kalıcı olarak etiketleyerek ele alınan düğüm yap.

Adım 3: Ele alınan düğüm noktasından ulaşılabilen tüm noktalar kalıcı etiketliyse dur. Aksi durumda Adım 1'e dön.



Şekil 3.6. Ajan-tabanlı park öneri modülü iş akış şeması: Kurgu – 2

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu bölümde üç alt başlıkta uygulama aşamasında elde edilen bulgular sunulmaktadır. Öncelikle ilk alt bölümde, uygulama aşamasında kullanılan veri seti ve bu veri setine yapılan birtakım ön-işlemler hakkında bilgi verilmektedir. Ardından uygun tahmin yönteminin belirlenmesi amacıyla yapılan deneysel çalışmalar sunulmuştur. Üçüncü ve son alt başlıkta ise bütünleşik park yönetim sistemi çerçevesinde yapılan uygulama ve elde edilen sonuçlar verilmiştir.

4.1. Veri Ön-İşleme

Önerilen yaklaşımın geçerliliğinin test edilmesi amacıyla San Francisco’da yapılan SFpark uygulamasının veri seti kullanılmıştır (SFMTA, 2013). Söz konusu veri seti hem kapalı hem de yol-üstü otoparklar için lokasyon ve zaman cinsinden park yerlerinin uygunluğu ve ödenen ücrete ilişkin bilgileri içermektedir. Bunun yanı sıra, projenin gerçekleştirildiği döneme ait işgücü ve vergi ödemeleri ile ilgili verilerden hava durumu ve yakıt fiyatları gibi verilere kadar kapsamlı bir veri seti sunulmaktadır. Tez çalışması kapsamında, SFpark kapalı otopark verilerini (Off-Street Data: SFpark Garage Data Payment Transactions) ve yol-üstü otopark verilerini (On-Street Occupancy and Rate Data: SFpark Parking Sensor Data Hourly Occupancy) içeren veri setleri kullanılmaktadır. Burada San Francisco’nun 10 bölgesinde yer alan 14 kapalı otoparka ve toplam 117 sokağın 409 bloğunda yer alan yol-üstü otoparklara ait Nisan 2011’den Temmuz 2013’ün sonuna kadar olan süreye ait veri bulunmaktadır. Çizelge 4.1’de kapalı otoparklara ait veri setinin içerdiği alanlar ve açıklamaları verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi her otoparka gelen her bir aracın giriş ve çıkış zamanları gün-ay-yıl-saat-dakika cinsinden yer almaktadır. Buna ek olarak, otoparka ödenen miktar ve ödeme tipi bilgisi de bulunmaktadır. Çalışma kapsamında bu veri seti, senaryo oluşturma modülünde araçlar için gelişler arası sürelerin ve servis sürelerinin analizi için kullanılmıştır. Yapılan bu analizler doğrultusunda araç talepleri oluşturulmaktadır. Bir diğer ifadeyle, araçların sisteme geliş zamanları ve parkta kalma süreleri (servis zamanları) üretilmektedir.

Çizelge 4.1. Kapalı otopark veri seti açıklamaları (SFMTA, 2013)

Alan İsmi	Açıklama
FACILITY_NAME	Kapalı otoparkın ismi
ENTRY_DATETIME	Giriş zamanı (tarih ve saat)
EXIT_DATETIME	Çıkış zamanı (tarih ve saat)
PAYMENT_AMOUNT	Ödenen miktar
PAYMENT_TYPE	Ödeme tipi

Yol-üstü otopark verileri, yol üstünde bulunan sensörler aracılığıyla elde edilmektedir. Veri seti, her blokta bulunan otoparklar için gün-ay-yıl-saat dilimi özelinde park yerlerinin dolu/boş olmasına bağlı olarak veri içermektedir. Gün tipi için hafta içi/sonu ayrımı yapılarak günün her bir saat dilimine karşılık gelen doluluk verileri mevcuttur. Çizelge 4.2’de veri setinin içerdiği alanlar ve açıklamaları sunulmaktadır. Burada blok ID için ilk 3-basamak sokağı, son 2-basamak ise blok numarasını ifade etmektedir.

Elde edilen bu veriler tahmin aşamasında kullanılmak üzere MS Excel Visual Basic for Applications (VBA) ortamında yazılan kodlar aracılığıyla birtakım ön işlemlerden geçirilmektedir. Çizelge 4.3’te görüldüğü gibi beş adet yeni alan eklenmiştir. Mevcut veri setinde gün tipi için sözel olarak “weekday” ve “weekend” ayrımı yapılmıştır. Bu alan hafta içi ise 1, hafta sonu ise 0 olacak şekilde sayısal değere dönüştürülmüştür. Ardından 24-saatlik zaman dilimi cinsinden ilgili satırdaki veri girişinin zamanı eklenmiştir. Saatlik doluluk oranı (do) ise Denklem (4.1)’de verildiği gibi hesaplanmıştır. Burada; t_a park yerinin dolu olduğu toplam zamanı, t_b ise park yerinin boş olduğu toplam zamanı ifade etmektedir.

$$do = \frac{t_a}{t_a + t_b} \quad (4.1)$$

Gün-ay-yıl-saat-dakika cinsinden verilen veri giriş zamanı tarih (gün-ay-yıl) ve saat (saat-dakika) olarak ayrıştırılmıştır. Mevcut durumda, ay bilgisinin metin tipinde olması nedeniyle böyle bir değişikliğe gidilmiş ve ay bilgisi sayısal değere dönüştürülmüştür. Buna ek olarak, tarih (gün-ay-yıl) ve saat (saat-dakika) ayrıştırması yapılarak, mevcut durumda yapılan hafta içi/sonu ayrımına ek olarak gelecekte haftanın yedi-günü için analiz yapılmasına imkan sunulmuştur. Toplam ölçüm yapılan zaman ise ilgili bloktaki

park yeri sayısı ile bir saate karşılık gelen 3 600 saniyenin çarpımına eşittir. Bu bilgi doğrultusunda her bir blokta bulunan park yeri sayısı (toplam kapasite) elde edilmiştir.

Çizelge 4.2. Yol-üstü otopark veri seti açıklamaları (SFMTA, 2013)

Alan İsmi	Açıklama
BLOCK_ID	Her bloğa atanan tanımlayıcı numara (ID)
STREET_NAME	Sokak ismi
BLOCK_NUM	Blok numarası
STREET_BLOCK	Sokak ismi ve blok numarası
AREA_TYPE	Bölge tipi (pilot / kontrol)
PM_DISTRICT_NAME	Park yönetim bölgesinin ismi
RATE	O blokta park yerleri için saatlik ücret
RATE_TYPE	Ücret tipi
START_TIME_DT	Gün-ay-yıl-saat-dakika cinsinden veri giriş zamanı
TOTAL_TIME	Toplam süre
TOTAL_OCCUPIED_TIME	Toplam dolu zaman
TOTAL_VACANT_TIME	Toplam boş zaman
TOTAL_UNKNOWN_TIME	Toplam bilinmeyen zaman
OP_TIME	Sayaçların çalıştığı sürenin toplamı
OP_OCCUPIED_TIME	Sayaçların çalıştığı dönemdeki toplam dolu zaman
OP_VACANT_TIME	Sayaçların çalıştığı dönemdeki toplam boş zaman
OP_UNKNOWN_TIME	Sayaçların çalıştığı dönemdeki toplam bilinmeyen zaman
NONOP_TIME	Sayaçların devre dışı kaldığı sürenin toplamı
NONOP_OCCUPIED_TIME	Sayaçların çalışmadığı dönemdeki toplam dolu zaman
NONOP_VACANT_TIME	Sayaçların çalışmadığı dönemdeki toplam boş zaman
NONOP_UNKNOWN_TIME	Sayaçların çalışmadığı dönemdeki toplam bilinmeyen zaman
GMP_TIME	Tüm araçlara açık olunan (GMP) zaman diliminde park etme süresi
GMP_OCCUPIED_TIME	GMP zaman dilimi için dolu zaman
GMP_VACANT_TIME	GMP zaman dilimi için boş zaman
GMP_UNKNOWN_TIME	GMP zaman dilimi için bilinmeyen zaman
COMM_TIME	Ticari zaman diliminde park etme süresi
COMM_OCCUPIED_TIME	Ticari zaman dilimi için dolu zaman
COMM_VACANT_TIME	Ticari zaman dilimi için boş zaman
COMM_UNKNOWN_TIME	Ticari zaman dilimi için bilinmeyen zaman
CAL_MONTH_NAME	Ay ismi
CAL_YEAR	Yıl
CAL_DATE	Tarih
DAY_TYPE	Gün tipi (hafta içi / hafta sonu)

Veri setine eklenen yeni alanlar üzerinden MS Excel VBA ortamında yazılan kodlar aracılığıyla, tarih alanında yapılan düzenlemeler sonunda San Francisco’da bulunan 409

bloğun her biri için ayrı ayrı doluluk oranı bilgilerini içeren bilgiler çekilmiş ve ayrı dosyalarda kaydedilmiştir. Burada tarihe göre büyükten küçüğe sıralama yapılarak her blok için zaman serisi verisi düzenlenmiştir.

Çizelge 4.3. Yol-üstü otopark veri setine eklenen alanlar

Alan İsmi	Açıklama
Gün_tipi	Gün tipi için sayısal değer (hafta içi ise 1, hafta sonu ise sıfır)
Saat_dilimi	24-saatlik zaman dilimi cinsinden veri girişi zamanı
Doluluk_oranı	İlgili zaman dilimindeki doluluk oranı
Tarih	Gün-ay-yıl cinsinden veri girişi zamanı
Saat	Saat-dakika cinsinden veri girişi zamanı

Uygulama aşamasında, yeterli büyüklükte veri içermesi nedeniyle Fillmore bölgesinde yer alan Japan Center Garage kapalı otoparkı ve bu otoparkın etrafındaki yol-üstü otoparklara ait Temmuz 2012 – Ağustos 2012 aralığındaki veri seti kullanılmaktadır. Veri setinin içerdiği bilgilerin niteliği gereği, kapalı otopark verileri araç taleplerinin tahmin edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Tahmin ve öneri süreçlerinin gerçekleştirildiği bütünleşik yapıda ise yol-üstü otoparklar ve bu otoparklara ait veri seti ele alınmaktadır. Her bir otopark için Google Haritalar aracılığıyla enlem ve boylam bilgileri elde edilmiştir. Bu otoparkların toplam kapasitesi ile tahmin modeli aracılığıyla tahmin edilen uygunluk oranları ilişkilendirilerek park önerilerinin yapıldığı aşamadaki uygun kapasiteler belirlenmiştir.

Simülasyon aşamasında kullanılacak araç taleplerinin oluşturulması amacıyla, yukarıda da bahsedildiği gibi Japan Center Garage kapalı otoparkına ait veriler üzerinden gelişler arası süreler ve servis süreleri analiz edilerek uygun istatistiksel dağılım ve parametreleri belirlenmiştir. Burada öncelikle, MS Excel VBA ortamında bir veri filtreleme mekanizması geliştirilmiştir. Uygulama aşamasında ele alınan otopark ve tarih aralığı için gerekli veriler çekilerek MATLAB ortamında analiz edilmiştir. Çizelge 4.4'te ve Çizelge 4.5'te sırasıyla gelişler arası sürelerin ve servis sürelerinin analizine ilişkin sonuçlar verilmiştir. Çizelgelerde, ele alınan her bir istatistiksel dağılım için tahmin edilen parametre(ler) ve yapılan analiz sonucu yer almaktadır. Hipotez testi sonucunda $H_0 = 0$ değerini alması durumunda ilgili parametrelerin kabul edilebileceği ifade edilirken Log-

Likelihood değerinin küçük olması daha iyi bir sonuç elde edildiğini göstermektedir. Çizelgelerde de görüldüğü gibi gelişler arası sürelerin $a = 1,1594$ ve $b = 0,0061$ parametreleri ile Gama dağılıma uygun olduğu söylenebilir. Servis sürelerinin ise $a = 0,1066$ ve $b = 2,3572$ parametreleri ile Weibull dağılımına uygun olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.4. Gelişler arası sürelerin analizi

İstatistiksel Dağılım	Parametreler	Log-Likelihood Değeri	Hipotez Testi
Beta	$a = 1,1522$ $b = 161,9570$	$L = -748,3050$	$H_0 = 0$
Üstel	$\mu = 0,0071$	$L = -747,1215$	$H_0 = 0$
Gama	$a = 1,1594$ $b = 0,0061$	$L = -748,3700$	$H_0 = 0$
Lojistik	$\mu = 0,0060$ $\sigma = 0,0035$	$L = -686,4113$	$H_0 = 1$
LogLojistik	$\mu = -5,3945$ $\sigma = 0,6298$	$L = -742,5218$	$H_0 = 0$
LogNormal	$\mu = -5,4427$ $\sigma = 1,0700$	$L = -748,2071$	$H_0 = 0$
Normal	$\mu = 0,0071$ $\sigma = 0,0069$	$L = -673,5010$	$H_0 = 1$
Weibull	$a = 0,0073$ $b = 1,0694$	$L = -747,8188$	$H_0 = 0$

Çizelge 4.5. Servis sürelerinin analizi

İstatistiksel Dağılım	Parametreler	Log-Likelihood Değeri	Hipotez Testi
Beta	$a = 3,8580$ $b = 37,1546$	$L = -101,5017$	$H_0 = 0$
Üstel	$\mu = 0,0942$	$L = -79,0271$	$H_0 = 0$
Gama	$a = 4,1878$ $b = 0,0225$	$L = -101,1611$	$H_0 = 0$
Lojistik	$\mu = 0,0926$ $\sigma = 0,0262$	$L = -97,2724$	$H_0 = 0$
LogLojistik	$\mu = -2,4537$ $\sigma = 0,3087$	$L = -97,7857$	$H_0 = 0$
LogNormal	$\mu = -2,4867$ $\sigma = 0,5297$	$L = -99,2819$	$H_0 = 0$
Normal	$\mu = 0,0942$ $\sigma = 0,0437$	$L = -99,8005$	$H_0 = 0$
Weibull	$a = 0,1066$ $b = 2,3572$	$L = -102,0403$	$H_0 = 0$

4.2. Uygun Tahmin Modeli Yapılarının Belirlenmesi

Araç taleplerinin analiz edilmesinin ardından, park yerlerinin doluluğunun tahmini için uygun tahmin yöntemlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Uygun yöntemlerin belirlenmesinin ardından kullanılan her modelin farklı parametre kombinasyonları için performans analizi yapılarak bu yöntemlerin uygun parametreleri bulunmuştur. Her bir yöntemin, ortalama karesel hatalar cinsinden en iyi sonucu veren kurgusu ise park tahmini ve park önerisini entegre eden yapı içerisinde kullanılmak üzere ele alınmıştır.

Çalışma kapsamında, belli bir otoparkın belli bir zaman dilimindeki doluluk oranlarının ve dolayısıyla uygun kapasite miktarlarının tahmin edilmesi amacıyla söz konusu otoparkların geçmiş doluluk oranlarına ek olarak, gün tipi ve saat dilimi olmak üzere iki dışsal değişken de ele alınmaktadır. Uygun tahmin modeli yapısının belirlenmesi amacıyla öncelikle uygulama aşamasında ele alınan veri setinde yer alan yol-üstü otoparklara ilişkin veri seti MS Excel VBA ortamında geliştirilen kodlar aracılığıyla birtakım ön işlemlerden geçirilmiştir ve her bir otoparka ait geçmiş doluluk oranları, gün tipi ve saat dilimi özelinde analiz edilmiştir. Burada bahsi geçen doluluk oranı değerleri sıfır ile bir arasında değer almaktadır. Gün tipi hafta içi ise bir değerini, hafta sonu ise sıfır değerini almakta ve saat dilimi 24-saatlik zaman dilimi cinsinden ifade edilmektedir. Söz konusu veri seti, önceki bölümde de bahsedildiği gibi Nisan 2011'den Temmuz 2013'ün sonuna kadar San Francisco'nun 10 bölgesindeki 117 sokağın 409 bloğunda yer alan yol üstü otoparklara ait verileri içermektedir. Bu veriler, her otopark ve zaman dilimi özelinde ilgili park yerlerinin dolu veya boş olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada, öncelikle 409 otopark için zaman dilimi özelinde ortalama doluluk oranı desenleri analiz edilmiştir. Şekil 4.1'de örnek olarak farklı bölgelerde yer alan ve farklı doluluk oranı eğilimlerine sahip 12 blok için ortalama doluluk oranlarını gösteren grafikler sunulmuştur. Burada x -ekseninde, ilk 24 kategori hafta içinde yer alan saat dilimlerini, sonraki 24 kategori ise hafta sonunda yer alan saat dilimlerini ifade etmekte, dolayısıyla gün tipi-saat dilimi çiftlerini gösteren 48 kategori bulunmaktadır. y -ekseni ise ilgili zaman dilimine karşılık gelen ortalama doluluk oranlarını göstermektedir. Şekilde görüldüğü gibi, farklı otoparkların farklı doluluk oranı eğilimlerine sahip olduğu söylenebilir. Örneğin, 41103 ID numaralı otoparkın ortalama doluluk oranı değeri bire

yakın ve nispeten düzgündür. 20100 ID numaralı otoparkın da ortalama doluluk oranı değerleri diğer otoparklara kıyasla daha az dalgalanma içermekte ve yaklaşık %50'dir. Öte yandan, 38003 ve 52001 ID numaralı otoparklarda görüldüğü gibi bazı otoparkların ortalama doluluk oranları oldukça düzensizdir ve bazı zaman dilimlerinde neredeyse %0'dır. Tipik bir günlük doluluk oranı trendi olarak hem hafta içi hem de hafta sonlarında gece boyunca düşük ve gündüz boyunca yüksek doluluk oranlarına sahip yapıdan bahsedilebilir. 61418 ve 70102 ID numaralı otoparklara ait doluluk oranı desenleri, bu yapıya örnek olarak verilebilir. 61418 ID numaralı otopark için bu yapı ortalama olarak daha yüksek doluluk oranına sahipken 70102 ID numaralı otopark için doluluk değeri daha düşük oranlarda seyretmektedir.



Şekil 4.1. Ortalama doluluk oranları

A) Otopark ID: 41103 B) Otopark ID: 44304 C) Otopark ID: 46400 D) Otopark ID: 70102
E) Otopark ID: 20100 F) Otopark ID: 38003 G) Otopark ID: 52001 H) Otopark ID: 52003
I) Otopark ID: 65001 J) Otopark ID: 44016 K) Otopark ID: 61418 L) Otopark ID: 30500

Yukarıda da bahsedildiği gibi öncelikle park yerlerinin doluluğunun tahmini için uygun tahmin yöntemlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, ARIMA, SARIMA ve YSA yapıları ele alınmıştır ve tatmin edici sonuçlara ulaşıldığından söz konusu yöntemler kullanılmıştır. Yeterli büyüklükte veri içermesi nedeniyle Temmuz 2012 – Ağustos 2012 aralığındaki veri seti ele alınmıştır. Öncelikle her bir otopark için ele alınan veri setinin %85'i kullanılarak her bir tahmin modeli için parametre tahmini yapılmıştır. Ardından

verilerin kalan %15'i ise belirlenen bu model parametreleri ile park yeri uygunluğunun tahmin edilmesi aşamasında kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar ise ortalama karesel hatalar açısından analiz edilmiştir. Tüm yaklaşımlar MATLAB ortamında uygulanmıştır.

Çizelge 4.6'da San Francisco'nun farklı bölgelerinde yer alan otoparklar için ARIMA modelinin farklı tasarımları ile yapılan tahminlere ilişkin analizler sunulmuştur. Çizelgede de görüldüğü gibi p , d ve q için 1 ve 2 değerlerinin kombinasyonlarından oluşan model kurguları ele alınmıştır. Satırlar her bir model yapısını, sütunlar ise otoparkları temsil etmektedir. Son üç sütun ise sırasıyla her bir modelin minimum, maksimum ve ortalama performans değerlerini içermektedir. Çizelgede de görüldüğü gibi d değerinin bire eşit olması durumunda, d değerinin ikiye eşit olduğu durumlara kıyasla performansın önemli ölçüde arttığı gözlemlenmiştir. MATLAB'da ARIMA modellerinde izin verilen en yüksek d değeri de ikidir. “-” yer alan hücreler ise tahmin edilen modelin tersinir olmadığı anlamına gelmektedir. Son üç satır, her bir otopark için yapılan tahminlerin sırasıyla minimum, maksimum ve ortalama performans değerlerini göstermektedir. Her otopark için elde edilen en iyi sonuç çizelgede gri renkle vurgulanmıştır.

Genel olarak, ARIMA modelleri ile yapılan tahminlerin, 41103 ID numaralı otopark gibi doluluk oranları büyük dalgalanmalar içermeyen otoparklar için performans parametreleri açısından daha tatmin edici sonuçlar verdiği söylenebilir. Öte yandan, 61418 ID numaralı otopark gibi doluluk oranlarının gece ve gündüz arasında büyük farklılık gösterdiği ve dalgalanmalara sahip olduğu bazı otoparklar için performans değerleri uç değerlerdedir. ARIMA modellerinin genel performansını ölçmek için hesaplanan minimum ve maksimum değerler sırasıyla yeşil ve turuncu renkle gösterilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi, bu modelin performansı 0,0066 ile 6,5651 değerleri arasında değişmektedir. d değerinin bire eşit olduğu durumlarda genel olarak daha iyi sonuçlar gözlemlendiğinden, bu değer bire sabitlendiği durumda p ve q parametrelerinin farklı değerlerinin etkileri analiz edilmiş, ancak çizelgede sunulan değerlerden daha tatmin edici sonuçlar gözlemlenmemiştir.

Farklı SARIMA model yapıları için elde edilen sonuçlar Çizelge 4.7'de verilmiştir. Burada ARIMA modelinden farklı olarak 12 saatlik, 6 saatlik ve 4 saatlik mevsimsellik etkisi de ele alınmıştır. Çizelgenin son üç sütunu sırasıyla her bir modelin minimum, maksimum ve ortalama performans değerlerini içermektedir. Son üç satır da sırasıyla, her otopark için yapılan tahminlerin minimum, maksimum ve ortalama performans değerleri verilmiştir. ARIMA sonuçlarının sunulduğu çizelgede olduğu gibi burada da “-” yer alan hücreler tahmin edilen modelin tersinir olmadığı anlamına gelmektedir ve her otopark için elde edilen en iyi sonuç çizelgede gri renkle vurgulanmıştır. SARIMA modellerinin genel performansını ölçmek için hesaplanan minimum ve maksimum değerler ise sırasıyla yeşil ve turuncu renkle gösterilmiştir ve bu modelin performansı 0,0124 ile 184,0139 değerleri arasında değişmektedir. Her bir otopark için SARIMA modelleri ile elde edilen en iyi performans değerleri ile ARIMA modelleri ile edilen en iyi performans değerleri arasında önemli bir fark olmadığı söylenebilir. Öte yandan, entegrasyon parametresinin (d) ikiye eşit olduğu durumlarda belirgin bir şekilde performans değerleri kötüleşmektedir.

Çizelge 4. 8'de farklı YSA topolojileri için elde edilen sonuçlar verilmiştir. Burada HL gizli katman sayısını, HN ise her bir gizli katmandaki gizli nöron sayısını temsil etmektedir. Her ağ topolojisi için ilgili ağ 100 kez eğitilmiştir ve her eğitim için ortalama karesel hata cinsinden performans parametreleri sunulmuştur. Çizelgede satırlar her bir ağ topolojisini, sütunlar ise otoparkları temsil etmektedir. Her topoloji için 100 eğitimin minimum, maksimum ve ortalama performans değerleri verilmiştir. Son üç sütun ise her bir ağ topolojisi için sırasıyla genel minimum, maksimum ve ortalama performans değerlerini içermektedir. Her bir otopark için en iyi performans sonucu, çizelgede gri renkle vurgulanmıştır. Burada, ağ topolojisindeki değişikliklerin performans ölçütleri üzerinde önemli etkilerinin olmadığı açıkça görülmektedir. Öte yandan, YSA modellerinin genel performansının ARIMA (hem ARIMA hem de SARIMA) modellerinden daha iyi olduğu gözlemlenmektedir. Tüm ağ topolojileri için en iyi performans değerlerinin birbirine oldukça yakın ve tatmin edici düzeyde olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.6. ARIMA tasarımlarının sonuçları

Model	41103	44304	46400	70102	20100	38003	52001	52003	65001	44016	61418	30500	min	maks	ort
(1,1,1)	0,0257	0,2534	0,0481	0,0069	0,0160	0,0917	0,0896	0,0852	0,0446	0,1447	0,1317	0,1430	0,0069	0,2534	0,0901
(1,2,1)	0,3948	2,5736	0,1532	0,0511	0,5774	1,5874	2,5254	4,3960	0,1125	0,1135	6,3232	0,8102	0,0511	6,3232	1,6349
(1,1,2)	0,0245	0,1677	0,0494	0,0070	0,0160	0,0956	0,0780	0,1125	0,0446	0,1464	0,1237	0,1411	0,0070	0,1677	0,0839
(1,2,2)	0,4677	4,0585	0,2219	-	0,5845	0,1345	2,3168	0,3902	0,5309	0,5278	6,5651	0,0656	0,0656	6,5651	1,4421
(2,1,1)	0,0204	0,1114	0,0493	0,0066	0,0191	0,0991	0,0680	0,0979	0,0432	0,1491	0,1290	0,1040	0,0066	0,1491	0,0748
(2,2,1)	0,7031	2,3228	0,1681	0,0491	0,6029	0,8587	0,3931	3,5926	1,8328	0,1346	4,0114	0,6327	0,0491	4,0114	1,2752
(2,1,2)	0,0145	-	0,0479	-	0,0191	0,1234	0,0669	0,0678	0,0442	0,1229	0,1209	0,0944	0,0145	0,1234	0,0722
(2,2,2)	0,7114	1,9275	0,0914	0,0599	0,0297	1,1796	0,3532	0,3232	1,2776	0,3699	1,9974	0,1031	0,0297	1,9974	0,7020
min	0,0145	0,1114	0,0479	0,0066	0,0160	0,0917	0,0669	0,0678	0,0432	0,1135	0,1209	0,0656			
maks	0,7114	4,0585	0,2219	0,0599	0,6029	1,5874	2,5254	4,3960	1,8328	0,5278	6,5651	0,8102			
ort	0,2953	1,6307	0,1037	0,0301	0,2331	0,5213	0,7364	1,1332	0,4913	0,2136	2,4253	0,2618			

min: minimum, maks: maksimum, ort: ortalama

Çizelge 4.7. SARIMA tasarımlarının sonuçları

Model	41103	44304	46400	70102	20100	38003	52001	52003	65001	44016	61418	30500	min	maks	ort
(1,1,1)(1,1,1) ₁₂	0,0250	0,3898	0,4122	0,0666	0,0368	0,0948	0,1043	0,2559	0,2155	0,1615	0,3551	0,1700	0,0250	0,4122	0,1906
(1,2,1)(1,2,1) ₁₂	2,8894	0,0504	6,8110	0,2166	0,3747	13,9116	0,6766	0,8638	14,9299	48,7462	36,5618	0,2733	0,0504	48,7462	10,5254
(1,1,2)(1,1,2) ₁₂	0,0349	0,0671	0,1007	-	0,0253	0,2026	0,0594	-	0,2575	0,1310	0,1579	0,0915	0,0253	0,2575	0,1128
(1,2,2)(1,2,2) ₁₂	0,1241	0,1238	0,2463	0,0336	0,4182	16,5403	0,5206	2,7069	7,9254	29,5158	12,1946	0,2662	0,0336	29,5158	5,8847
(2,1,1)(2,1,1) ₁₂	0,0979	0,0819	0,1230	0,0553	0,0385	0,1481	0,1574	0,2329	0,2666	0,0673	0,1202	0,3047	0,0385	0,3047	0,1412
(2,2,1)(2,2,1) ₁₂	10,5542	39,3704	0,1750	0,2189	0,0410	3,5331	0,0567	3,7426	11,8478	0,5462	31,6452	13,8224	0,0410	39,3704	9,6295
(2,1,2)(2,1,2) ₁₂	0,1079	0,0912	0,0964	-	-	0,0936	0,0730	0,1169	0,3469	0,0905	0,1155	0,1179	0,0730	0,3469	0,1250
(2,2,2)(2,2,2) ₁₂	0,0329	12,2927	-	-	0,0465	18,1968	0,0947	0,6628	22,0309	5,3069	15,7708	0,9760	0,0329	22,0309	7,5411
(1,1,1)(1,1,1) ₆	0,0188	2,8139	0,0674	0,1817	0,0525	1,0033	0,2243	0,1075	0,1542	0,7172	7,1533	0,2458	0,0188	7,1533	1,0617
(1,2,1)(1,2,1) ₆	5,7949	6,5273	0,1270	0,2322	1,2457	5,4339	0,4917	19,7664	3,3386	5,6490	81,0662	0,7995	0,1270	81,0662	10,8727
(1,1,2)(1,1,2) ₆	0,0613	1,3921	0,1533	0,9429	0,0951	0,6653	0,8541	0,0727	0,5104	0,9396	0,5213	0,0947	0,0613	1,3921	0,5252
(1,2,2)(1,2,2) ₆	1,6543	0,3470	0,1851	0,2955	0,9354	11,8654	0,6065	1,1481	16,9839	20,4058	121,9488	-	0,1851	121,9488	16,0342
(2,1,1)(2,1,1) ₆	0,0124	0,3998	0,1231	0,0172	0,0294	0,1907	0,1037	0,1176	0,4824	0,0644	1,7358	0,2917	0,0124	1,7358	0,2974
(2,2,1)(2,2,1) ₆	27,4214	35,9238	0,0910	0,1918	0,1023	0,3297	0,4980	132,6521	4,0970	11,8519	31,9383	3,9734	0,0910	132,6521	20,7559
(2,1,2)(2,1,2) ₆	0,0232	0,5756	0,0679	0,0149	0,0490	0,1161	0,0509	0,0867	0,3886	0,1166	0,1948	0,1179	0,0149	0,5756	0,1502
(2,2,2)(2,2,2) ₆	35,4279	12,9549	-	0,2129	0,0296	0,3802	-	44,9302	1,6804	5,1799	153,5769	1,2030	0,0296	153,5769	25,5576
(1,1,1)(1,1,1) ₄	0,2775	2,1208	0,1672	0,0188	0,0611	0,7427	0,0338	1,1246	0,3730	0,2855	5,4036	0,2356	0,0188	5,4036	0,9037
(1,2,1)(1,2,1) ₄	7,7359	44,6646	18,0968	1,0058	2,1480	55,9088	0,4667	0,3363	3,3735	24,4097	184,0139	8,9167	0,3363	184,0139	29,2564
(1,1,2)(1,1,2) ₄	0,1958	0,9020	0,1064	0,0312	0,0278	0,7027	0,0668	0,2676	0,2774	0,2218	5,0735	0,1788	0,0278	5,0735	0,6710
(1,2,2)(1,2,2) ₄	15,4695	52,1808	7,4216	0,3184	0,3515	65,3474	0,5691	5,9605	2,2043	60,9320	163,1550	1,2388	0,3184	163,1550	31,2624
(2,1,1)(2,1,1) ₄	0,0586	1,5773	0,2190	0,0186	0,0211	0,1146	0,4918	0,2651	0,4911	0,0777	1,4611	0,2644	0,0186	1,5773	0,4217
(2,2,1)(2,2,1) ₄	1,3854	1,4773	11,6067	0,1923	0,2790	8,1183	27,7042	28,2866	3,2912	0,8987	53,6236	18,1039	0,1923	53,6236	12,9139
(2,1,2)(2,1,2) ₄	0,0208	0,2283	0,1450	0,2314	0,0303	0,1395	0,0435	0,3037	0,4949	0,0544	1,1098	-	0,0208	1,1098	0,2547
(2,2,2)(2,2,2) ₄	-	1,7328	0,2875	0,1894	-	0,2055	4,2846	-	0,0482	0,1929	183,5629	1,3710	0,0482	183,5629	21,3194
min	0,0124	0,0504	0,0674	0,0149	0,0211	0,0936	0,0338	0,0727	0,0482	0,0544	0,1155	0,0915			
maks	35,4279	52,1808	18,0968	1,0058	2,1480	65,3474	27,7042	132,6521	22,0309	60,9320	184,0139	18,1039			
ort	4,7576	9,0952	2,1286	0,2231	0,2927	8,4994	1,6623	11,0913	4,0004	9,0234	45,5192	2,4117			

min: minimum, maks: maksimum, ort: ortalama

Çizelge 4.8. YSA tasarımlarının sonuçları

Model		41103	44304	46400	70102	20100	38003	52001	52003	65001	44016	61418	30500	min	maks	ort
<i>1HL – 5 HN</i>	min	0,0082	0,0176	0,0280	0,0046	0,0134	0,0419	0,0265	0,0232	0,0308	0,0270	0,0186	0,0594			
	maks	0,0285	3,2258	0,3584	0,0169	0,0502	0,6271	0,1701	0,0635	5,6557	0,1286	9,0389	0,5519	0,0046	9,0389	0,5860
	ort	0,0139	0,0968	0,0631	0,0077	0,0192	0,1725	0,0391	0,0357	0,1356	0,0579	0,1600	0,0811			
<i>1 HL – 10 HN</i>	min	0,0096	0,0174	0,0352	0,0047	0,0131	0,0482	0,0237	0,0217	0,0313	0,0260	0,0150	0,0558			
	maks	0,7094	0,7355	0,8630	0,1020	0,0407	2,3872	0,1081	0,6442	0,1602	0,7581	2,1286	2,3646	0,0047	2,3872	0,3378
	ort	0,0218	0,0666	0,0792	0,0102	0,0195	0,2615	0,0413	0,0454	0,0493	0,0563	0,0854	0,1193			
<i>1 HL – 20 HN</i>	min	0,0082	0,0165	0,0334	0,0048	0,0117	0,0617	0,0205	0,0208	0,0326	0,0279	0,0121	0,0631			
	maks	0,1992	1,4078	1,0722	0,1830	0,0904	3,2901	1,4766	0,1381	3,2948	3,3473	1,6149	4,2929	0,0048	4,2929	0,6104
	ort	0,0203	0,1145	0,0902	0,0143	0,0218	0,4260	0,0587	0,0454	0,1332	0,0796	0,0973	0,1530			
<i>2 HL – 5/5 HN</i>	min	0,0089	0,0151	0,0250	0,0050	0,0135	0,0309	0,0222	0,0223	0,0331	0,0283	0,0164	0,0613			
	maks	0,0407	0,2535	0,1550	0,3435	0,0552	1,5327	0,2099	0,0949	0,3629	0,1035	0,2375	0,8823	0,0050	1,5327	0,1446
	ort	0,0148	0,0392	0,0559	0,0121	0,0183	0,1938	0,0362	0,0399	0,0493	0,0549	0,0504	0,0858			
<i>2 HL – 5/10 HN</i>	min	0,0088	0,0158	0,0261	0,0050	0,0123	0,0377	0,0195	0,0230	0,0299	0,0299	0,0162	0,0607			
	maks	0,0504	1,3495	0,1358	0,0385	0,0430	3,3123	0,2728	0,0736	0,3403	0,1861	0,9107	0,6014	0,0050	3,3123	0,2311
	ort	0,0155	0,0673	0,0576	0,0089	0,0196	0,2142	0,0413	0,0386	0,0559	0,0618	0,0551	0,0837			
<i>2 HL – 5/20 HN</i>	min	0,0087	0,0149	0,0257	0,0048	0,0132	0,0414	0,0213	0,0263	0,0331	0,0254	0,0154	0,0602			
	maks	0,2769	0,5491	3,4006	0,0749	0,1516	1,4048	0,3093	0,1092	2,7424	0,2950	3,4418	0,6466	0,0048	3,4418	0,4037
	ort	0,0242	0,0627	0,0978	0,0103	0,0218	0,2126	0,0425	0,0423	0,0758	0,0586	0,1017	0,0892			

min: minimum, maks: maksimum, ort: ortalama

Çizelge 4.8. YSA tasarımlarının sonuçları (devam)

Model		41103	44304	46400	70102	20100	38003	52001	52003	65001	44016	61418	30500	min	maks	ort
<i>2 HL – 10/5 HN</i>	min	0,0089	0,0191	0,0262	0,0046	0,0133	0,0439	0,0171	0,0202	0,0313	0,0282	0,0133	0,0626			
	maks	0,0723	2,3390	0,1117	0,0338	0,0584	0,9034	0,1060	0,2169	1,2567	0,3308	0,1324	0,1548	0,0046	2,3390	0,1866
	ort	0,0168	0,0930	0,0567	0,0085	0,0193	0,2072	0,0365	0,0411	0,0604	0,0563	0,0408	0,0775			
<i>2 HL – 10/10 HN</i>	min	0,0084	0,0176	0,0243	0,0047	0,0115	0,0444	0,0181	0,0179	0,0312	0,0260	0,0101	0,0575			
	maks	0,0487	0,5835	0,4023	0,4368	0,0585	0,7715	0,0955	0,1374	3,9846	0,0945	1,8689	1,5100	0,0047	3,9846	0,3076
	ort	0,0167	0,0504	0,0669	0,0150	0,0195	0,2261	0,0383	0,0448	0,1183	0,0504	0,0671	0,0953			
<i>2 HL – 10/20 HN</i>	min	0,0085	0,0170	0,0250	0,0047	0,0138	0,0407	0,0187	0,0169	0,0349	0,0258	0,0155	0,0591			
	maks	0,5560	1,5688	0,4842	0,0713	0,0718	3,0185	1,1628	1,6521	1,7475	0,1087	1,0172	0,2121	0,0047	3,0185	0,3608
	ort	0,0295	0,1231	0,0833	0,0101	0,0209	0,3528	0,0617	0,0588	0,0974	0,0493	0,0668	0,0842			
<i>2 HL – 20/5 HN</i>	min	0,0086	0,0162	0,0336	0,0049	0,0128	0,0444	0,0172	0,0190	0,0312	0,0271	0,0135	0,0619			
	maks	0,1506	1,2633	0,2333	0,0238	0,0652	1,6962	0,2939	0,5136	1,8483	0,1135	0,2252	0,9988	0,0049	1,8483	0,2363
	ort	0,0178	0,0578	0,0651	0,0083	0,0221	0,2581	0,0461	0,0465	0,0841	0,0517	0,0478	0,0867			
<i>2 HL – 20/10 HN</i>	min	0,0090	0,0154	0,0333	0,0047	0,0120	0,0609	0,0165	0,0225	0,0330	0,0241	0,0104	0,0592			
	maks	0,0377	1,4927	0,2780	0,0507	0,0541	5,6170	2,1637	1,4603	1,2685	0,1027	0,4089	0,2815	0,0047	5,6170	0,4021
	ort	0,0126	0,0877	0,0753	0,0086	0,0210	0,3504	0,0796	0,0599	0,0892	0,0485	0,0458	0,0799			
<i>2 HL – 20/20 HN</i>	min	0,0085	0,0174	0,0317	0,0047	0,0113	0,0531	0,0218	0,0124	0,0313	0,0236	0,0164	0,0603			
	maks	0,0886	2,3575	0,2260	0,0672	0,1089	2,5729	0,3865	0,2056	2,7945	0,1184	1,8642	1,8981	0,0047	2,7945	0,3928
	ort	0,0206	0,1551	0,0788	0,0108	0,0224	0,3427	0,0505	0,0425	0,1627	0,0498	0,0813	0,1416			

min: minimum, maks: maksimum, ort: ortalama

Önceki sayfalarda detayları sunulduğu gibi park yerlerinin doluluğunun tahmini için öncelikle, uygun tahmin yöntemleri belirlenmiştir. Yapılan ön analizler otoparkların farklı doluluk oranı eğilimlerine göre farklı yöntemlerle daha iyi sonuçlar elde edilebildiğini göstermiştir. Bu yöntemlerin belirlenmesinin ardından kullanılan her modelin farklı parametre kombinasyonları için performans analizleri yapılmıştır. Her bir yöntem için farklı parametre kurguları ile tahmin yapılarak her bir yöntemin kendi içerisinde uygun parametreleri belirlenmiştir. Her bir yöntemin, ortalama karesel hatalar cinsinden en iyi sonucu veren kurgusu ise park tahmini ve park önerisini entegre eden yapı içerisinde diğer yöntemlerle karşılaştırılarak kullanmak üzere ele alınmıştır. Tez çalışmasının uygulama aşamasında, önceki bölümde de belirtildiği gibi, yeterli büyüklükte veri içermesi nedeniyle San Francisco'nun Fillmore bölgesinde yer alan Japan Center Garage kapalı otoparkı ve bu otoparkın etrafındaki yol-üstü otoparklara ait Temmuz 2012 – Ağustos 2012 aralığındaki veri seti kullanılmaktadır. Veri setinin içerdiği bilgilerin niteliği gereği, kapalı otopark verileri araç taleplerinin tahmin edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Tahmin ve öneri süreçlerinin gerçekleştirildiği bütünlük yapıda ise yol-üstü otoparklar ve bu otoparklara ait veri seti ele alınmaktadır. Burada ele alınan bölgenin merkezinde bulunan 72215 ID numaralı yol-üstü otoparka ait veriler referans alınarak bir defaya mahsus olmak üzere ele alınan bölge için en uygun ARIMA, SARIMA ve YSA tasarımları belirlenmiştir. Ajan-tabanlı park öneri sisteminde bu tasarımlar kullanılarak her bir otopark için uygun kapasite tahmini yapılmakta ve öneri sisteminin girdisi olarak bu modeller arasından da en iyi performansa sahip model ile hesaplanan uygun kapasite değeri ele alınmaktadır.

Çizelge 4.9'da ARIMA modeli için yapılan deneylerin sonuçları verilmiştir. Burada, p , d ve q için 1 ve 2 değerlerinin kombinasyonlarından oluşan model kurguları ele alınmıştır. Çizelgede görüldüğü gibi $ARIMA(1,2,2)$ kurgusu ortalama karesel hatalar cinsinden en iyi sonucu vermektedir. Yapılan çalışmalar d değerinin 2 olması durumunda performansın önemli ölçüde iyileştiğini göstermiştir. Bu nedenle, d değerinin 2'ye sabitlendiği durumda p ve q parametrelerinin etkileri analiz edilmiştir fakat bulunan en iyi değerden daha tatmin edici sonuçlar ortaya çıkmamıştır. Örneğin, $ARIMAX(2,2,4)$ ve $ARIMAX(8,2,2)$ kurguları ile nispeten iyi sonuçlar gözlemlense de ortalama karesel hata

değerleri yaklaşık 0,0500 olarak elde edilmiştir. Bu nedenle, park tahmini ve önerisinin yapıldığı ana kurguda $ARIMAX(1,2,2)$ modeli ele alınmaktadır.

Çizelge 4.9. Ele alınan bölge için ARIMA tasarımlarının sonuçları

Model	Performans	Model	Performans
$ARIMA(1,1,1)$	0,4892	$ARIMA(2,1,1)$	0,4579
$ARIMA(1,2,1)$	0,1187	$ARIMA(2,2,1)$	0,0644
$ARIMA(1,1,2)$	0,6165	$ARIMA(2,1,2)$	0,4762
$ARIMA(1,2,2)$	0,0595	$ARIMA(2,2,2)$	0,0830

SARIMA modeli için yapılan deneylerin sonuçları Çizelge 4.10’da verilmiştir. Burada ARIMA modelinden farklı olarak mevsimselliğin etkisi de ele alınmaktadır ve çizelgede görüldüğü gibi 4-saatlik periyotların ele alındığı $SARIMAX(1,1,2)(1,1,2)_4$ kurgusu uygun model kurgusu olarak belirlenerek park tahmini ve önerisinin yapıldığı ana yapıda ele alınmaktadır.

Çizelge 4.10. Ele alınan bölge için SARIMA tasarımlarının sonuçları

Model	Performans	Model	Performans
$SARIMA(1,1,1)(1,1,1)_{12}$	0,1281	$SARIMA(2,1,1)(2,1,1)_6$	0,3523
$SARIMA(1,2,1)(1,2,1)_{12}$	0,3470	$SARIMA(2,2,1)(2,2,1)_6$	12,8706
$SARIMA(1,1,2)(1,1,2)_{12}$	0,1906	$SARIMA(2,1,2)(2,1,2)_6$	0,3347
$SARIMA(1,2,2)(1,2,2)_{12}$	0,1760	$SARIMA(2,2,2)(2,2,2)_6$	35,7757
$SARIMA(2,1,1)(2,1,1)_{12}$	0,8131	$SARIMA(1,1,1)(1,1,1)_4$	0,0823
$SARIMA(2,2,1)(2,2,1)_{12}$	9,6169	$SARIMA(1,2,1)(1,2,1)_4$	215,1758
$SARIMA(2,1,2)(2,1,2)_{12}$	0,6056	$SARIMA(1,1,2)(1,1,2)_4$	0,0521
$SARIMA(2,2,2)(2,2,2)_{12}$	6,4483	$SARIMA(1,2,2)(1,2,2)_4$	78,9442
$SARIMA(1,1,1)(1,1,1)_6$	0,2493	$SARIMA(2,1,1)(2,1,1)_4$	0,3536
$SARIMA(1,2,1)(1,2,1)_6$	0,2610	$SARIMA(2,2,1)(2,2,1)_4$	6,1302
$SARIMA(1,1,2)(1,1,2)_6$	0,1795	$SARIMA(2,1,2)(2,1,2)_4$	0,1650
$SARIMA(1,2,2)(1,2,2)_6$	2,7785	$SARIMA(2,2,2)(2,2,2)_4$	0,3511

Çizelge 4.11’de farklı YSA tasarımları için elde edilen sonuçlar verilmiştir. Burada D ile ele alınan gecikme derecesi, HL ile gizli katman sayısı ve HN ile her bir gizli katmandaki gizli nöron sayısı ifade edilmektedir. Ele alınan her kurgu için ağ 100 kere eğitilerek elde edilen en iyi sonuca ait ağ kaydedilmiş ve performans değerleri sunulmuştur. Çizelgede de görüldüğü gibi ağ topolojisindeki değişikliklerin sonuç üzerinde önemli bir etkisinin

olmadığı, öte yandan, gecikme derecesinin 1 değerinden 2 değerine çıkarıldığı durumlarda nispeten daha iyi sonuçların elde edildiği söylenebilir. Çizelgede görüldüğü gibi 2 gizli katman ve her katmanda 10 gizli nöron bulunan $2D-2HL-10/10HN$ tasarımı en iyi sonucu vermektedir. Çizelgede yer alan sonuçlara ek olarak, nöron sayısının etkisini gözlemlemek amacıyla farklı nöron sayıları için de deneyler yapılmıştır. Nöron sayısı artırılarak 50'ye çıkarılması durumunda elde edilen sonuçların mevcut durumdan daha iyi olmadığı gözlemlenmiştir. Nöron sayısı 100'e artırıldığında ise sonuçlarda kötüleşme görülmüştür. Gecikme derecesi artırıldığında ise $D = 4$ için mevcut duruma yakın değerler gözlemlenirken $D = 6$ için nispeten daha kötü değerler gözlenmiştir. $D = 12$ olarak ele alındığında ise sonuçlar önemli ölçüde kötüleşmiştir. Dolayısıyla $2D-2HL-10/10HN$ tasarımı park önerilerinin sunulduğu ana kurguda ele alınmıştır.

Çizelge 4.11. Ele alınan bölge için YSA tasarımlarının sonuçları

Model	Performans	Model	Performans
$1D-1HL-5HN$	0,0288	$2D-1HL-5HN$	0,0256
$1D-1HL-10HN$	0,0271	$2D-1HL-10HN$	0,0229
$1D-1HL-20HN$	0,0272	$2D-1HL-20HN$	0,0235
$1D-2HL-5/5HN$	0,0260	$2D-2HL-5/5HN$	0,0234
$1D-2HL-5/10HN$	0,0249	$2D-2HL-5/10HN$	0,0250
$1D-2HL-5/20HN$	0,0274	$2D-2HL-5/20HN$	0,0225
$1D-2HL-10/5HN$	0,0277	$2D-2HL-10/5HN$	0,0227
$1D-2HL-10/10HN$	0,0243	$2D-2HL-10/10HN$	0,0198
$1D-2HL-10/20HN$	0,0250	$2D-2HL-10/20HN$	0,0203
$1D-2HL-20/5HN$	0,0269	$2D-2HL-20/5HN$	0,0217
$1D-2HL-20/10HN$	0,0232	$2D-2HL-20/10HN$	0,0211
$1D-2HL-20/20HN$	0,0223	$2D-2HL-20/20HN$	0,0201

Uygun gizli katman ve her katmandaki gizli nöron sayılarının belirlenmesi aşamasında, MATLAB Neural Network uygulamasının varsayılan yöntemi olan Levenberg-Marquardt eğitim algoritması (*trainlm*) kullanılmıştır. Bir diğer eğitim fonksiyonu olan Bayes Düzenlemesi ile Levenberg-Marquardt eğitim algoritmasının kullanıldığı (*trainbr*) yöntem ile elde edilen ortalama karesel hata değeri ise 0,0094 olarak gözlenmiştir. Bu yöntemde ağırlık ve sapma değerleri Levenberg-Marquardt algoritmasına göre güncellenmektedir. Karesel hatalar ve ağırlıkların doğru kombinasyonunu minimize eden ağ yapısı belirlenmekte ve bu sürece Bayes Düzenlemesi (Bayesian Regularization)

denmektedir. Bu yöntem diğer fonksiyonlarla kıyaslandığında daha uzun işlem süreleri ile bilinmektedir. Son olarak, küçük veri kümelerinde daha iyi sonuçlar verdiği bilinen Ölçeklendirilmiş Eşlenik Gradyan (Scaled Conjugate Gradient) yöntemine göre ağırlık ve sapma değerlerini fonksiyon (*trainscg*) ile eğitim yapıldığında ise ortalama karesel hata değeri 0,0280 olarak elde edilmiştir. Böylelikle, her bir yöntem için en uygun model tasarımlarının belirlenmesinin ardından park tahmini ve önerilerinin yapıldığı bütünleşik park yönetim sisteminde kullanılacak tahmin modeli yapıları belirlenmiştir.

4.3. Uygulama, Bulgular ve Tartışma

Yöntem bölümünde genel adımları verilen yapı, sistemi kullanan farklı aktörlerin farklı stratejilerini yansıtmak ve akıllı park yönetim sisteminin kullanımının önemini vurgulamak amacıyla (i) sistemi kullanan araç oranı, (ii) yürüyüş mesafesi eşik değeri ve (iii) ücret eşik değeri olmak üzere senaryo parametrelerinin farklı değerleri doğrultusunda analiz edilmiştir. Burada sistemi kullanan araç oranı için 0,25, 0,50 ve 0,75 olmak üzere 3 seviye; yürüme mesafesi eşik değeri için 0,25, 0,50, 0,75, 1,00 ve 2,00 olmak üzere 5 seviye ücret eşik değeri için 2,50, 5,00, 10,00, 20,00 ve 40,00 olmak üzere 5 seviye mevcuttur. Böylelikle 75 farklı senaryo ortaya çıkmaktadır. Sistemi kullanan araçların yarısının rezervasyonlu yarısının ise rezervasyonsuz olduğu varsayılmaktadır. Araç tarafında fayda fonksiyonu kriterlerine tekil olarak ağırlık verme ya da vermeme olmak üzere farklı kullanıcı davranışları dikkate alınmaktadır. Örneğin, yürüyüş mesafesine ağırlık veren bir araç kullanıcısı için $\alpha_2 = 10$ iken $\alpha_1 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 1$ değerini almaktadır. Benzer şekilde, otopark ücretine ağırlık veren bir kullanıcı için $\alpha_3 = 10$ iken $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_4 = \alpha_5 = 1$ değerini almaktadır. Sırasıyla, her araç için fayda fonksiyonu parametrelerine tekil ağırlık verecek şekilde, rassal olarak ilgili ağırlık parametreleri belirlenmiştir. Sistemi kullanan araçlar için her bir senaryo özelinde, senaryo parametresi olan eşik değerlerle ilişkilendirebilmek adına, yürüme mesafesinin ve toplam ücretin ortalamaları üzerinden global maliyet parametresi hesaplanmaktadır. Burada, $w_{ort}(C_{ort})$ ortalama yürüme mesafesi (toplam ücret), $w_{min}(C_{min})$ minimum yürüme mesafesi (toplam ücret), $w_{maks}(C_{maks})$ maksimum yürüme mesafesi (toplam ücret) ve γ ölçek faktörü olmak üzere her bir senaryo için global maliyet değeri (C) Denklem (4.2) ile verilen ifadeye göre hesaplanmaktadır. Uygulama aşamasında ölçek faktörü bir olarak ele

alınmıştır. Yürüme mesafesi ve ücret ile ilgili parametrelerse simülasyon sonucundaki ilgili araç ajan özelliklerinin değerleri üzerinden hesaplanmaktadır.

$$C = \frac{W_{ort}}{W_{maks} - W_{min}} + \gamma \frac{C_{ort}}{C_{maks} - C_{min}} \quad (4.2)$$

Geliştirilen kurgunun geçerliliğinin test edilmesi amacıyla, San Francisco veri seti kullanılarak MATLAB ortamında uygulama yapılmıştır. San Francisco'nun Fillmore bölgesinde yer alan Japan Center Garage bölgesinin 1 km çapındaki yol-üstü otoparklar ele alınmıştır. Bu otoparkların, Temmuz 2012 – Ağustos 2012 verileri kullanılarak hafta içi bir gün ve saat 08:00 için park yeri uygunluğu tahmin edilmiştir. Burada, ARIMA, SARIMA ve YSA kurguları aracılığıyla park yerleri için uygun kapasite tahmini yapılmıştır. İlgili otoparkların birim zamandaki ücret değerleri [1,10] aralığında tamsayı değerler olacak şekilde rassal olarak oluşturulmuştur. Ardından önceden belirlenen talep tahmini parametreleri doğrultusunda araçların sisteme gelişleri arasındaki süreler ve servis (parkta kalma) süreleri oluşturulmuştur. Araç kalkış noktaları San Francisco sınırları içerisinde rassal olarak oluşturulurken varış noktaları ele alınan Japan Center Garage bölgesinde olacak şekilde rassal olarak belirlenmiştir. Araç tipleri ise her bir senaryoda ele alınan sistem kullanım oranı çerçevesinde rassal olarak belirlenmiştir. Durdurma kriteri olarak 12 saat belirlenmiştir. Senaryolar rassal unsurlar içerdiği için her bir senaryo 100 replikasyon boyunca çalıştırılmıştır ve Çizelge 4.12'de Kurgu – 1 için elde edilen özet sonuçlar sunulmuştur. Araç durumunun dört (faydalı otopark bulunamaması) veya beş (önerilen otoparkta uygun kapasite bulunamaması) olması durumunda ilgili araçlar gezinen araç olarak ele alınmakta ve bu araçların sayısının sisteme giriş yapan toplam araç sayısına bölünmesi ile gezinen araç oranı hesaplanmaktadır. Çizelge 4.12'de yer alan sonuçlar incelendiğinde, beklenildiği üzere sistem kullanım oranının ve yürüme mesafesi ile ücret eşik değerlerinin azalmasıyla birlikte, gezinen araç oranı ve global maliyet değeri önemli ölçüde artmaktadır. Örneğin; sistem kullanım oranının 0,75, yürüme mesafesi eşik değerinin 2,00 km ve toplam otopark ücreti eşik değerinin 40,00 birim olduğu 75. senaryoda gezinen araç oranı %1 ve global maliyet değeri 0,5628 iken yürüme mesafesi eşik değerinin 1,00 km olduğu 60. senaryoda bu gezinen araç oranı %4 ve global maliyet değeri 0,7839 olmaktadır.

Çizelge 4.12. Kurgu – 1 için elde edilen sonuçların özeti

Senaryo	Sistem Kullanım Oranı	Yürüme Mesafesi Eşik Değeri	Toplam Ücret Eşik Değeri	Gezinen Araç Oranı	Global Maliyet Değeri
1	0,25	0,25	2,50	%97	23,3600
2	0,50	0,25	2,50	%97	5,0636
3	0,75	0,25	2,50	%97	2,4960
4	0,25	0,25	5,00	%84	1,9649
5	0,50	0,25	5,00	%84	1,6640
6	0,75	0,25	5,00	%84	1,5381
7	0,25	0,25	10,00	%69	1,5060
8	0,50	0,25	10,00	%70	1,3456
9	0,75	0,25	10,00	%70	1,2909
10	0,25	0,25	20,00	%65	1,1597
11	0,50	0,25	20,00	%65	1,0914
12	0,75	0,25	20,00	%65	1,0643
13	0,25	0,25	40,00	%63	1,0147
14	0,50	0,25	40,00	%63	0,9854
15	0,75	0,25	40,00	%63	0,9506
16	0,25	0,50	2,50	%93	4,2076
17	0,50	0,50	2,50	%93	2,4046
18	0,75	0,50	2,50	%94	1,8735
19	0,25	0,50	5,00	%72	1,6700
20	0,50	0,50	5,00	%72	1,4928
21	0,75	0,50	5,00	%73	1,4057
22	0,25	0,50	10,00	%46	1,3481
23	0,50	0,50	10,00	%46	1,2605
24	0,75	0,50	10,00	%46	1,2314
25	0,25	0,50	20,00	%41	1,0828
26	0,50	0,50	20,00	%41	1,0278
27	0,75	0,50	20,00	%41	1,0216
28	0,25	0,50	40,00	%39	0,9329
29	0,50	0,50	40,00	%38	0,8975
30	0,75	0,50	40,00	%38	0,8886
31	0,25	0,75	2,50	%89	2,5433
32	0,50	0,75	2,50	%90	1,7605
33	0,75	0,75	2,50	%90	1,5952
34	0,25	0,75	5,00	%61	1,6136
35	0,50	0,75	5,00	%61	1,4339
36	0,75	0,75	5,00	%61	1,3970
37	0,25	0,75	10,00	%28	1,3089
38	0,50	0,75	10,00	%26	1,2553
39	0,75	0,75	10,00	%24	1,2396
40	0,25	0,75	20,00	%18	1,0242
41	0,50	0,75	20,00	%18	1,0117
42	0,75	0,75	20,00	%17	1,0113
43	0,25	0,75	40,00	%21	0,9065
44	0,50	0,75	40,00	%17	0,8818
45	0,75	0,75	40,00	%16	0,8589

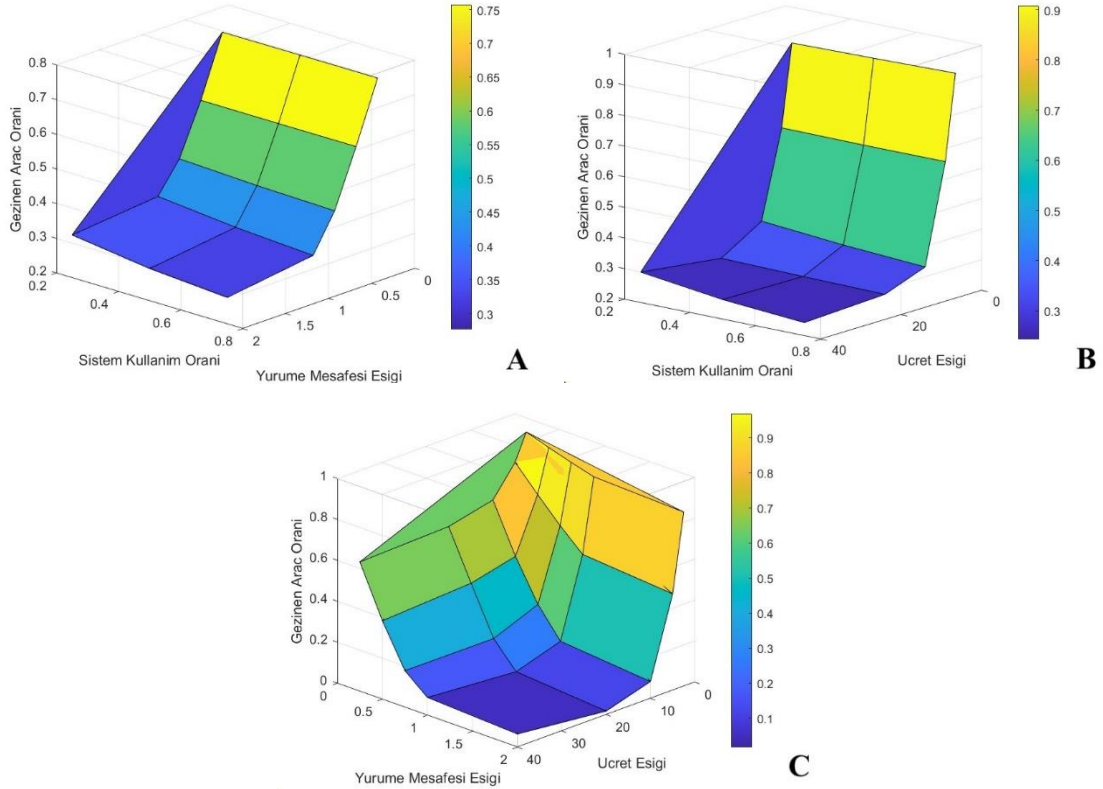
Çizelge 4.12. Kurgu – 1 için elde edilen sonuçların özeti (devam)

Senaryo	Sistem Kullanım Oranı	Yürüme Mesafesi Eşik Değeri	Toplam Ücret Eşik Değeri	Gezinen Araç Oranı	Global Maliyet Değeri
46	0,25	1,00	2,50	%86	2,4386
47	0,50	1,00	2,50	%87	1,6509
48	0,75	1,00	2,50	%88	1,5201
49	0,25	1,00	5,00	%51	1,5683
50	0,50	1,00	5,00	%50	1,4133
51	0,75	1,00	5,00	%50	1,3789
52	0,25	1,00	10,00	%16	1,2538
53	0,50	1,00	10,00	%12	1,2157
54	0,75	1,00	10,00	%9	1,1997
55	0,25	1,00	20,00	%6	0,9514
56	0,50	1,00	20,00	%5	0,9398
57	0,75	1,00	20,00	%5	0,9419
58	0,25	1,00	40,00	%14	0,8070
59	0,50	1,00	40,00	%8	0,7731
60	0,75	1,00	40,00	%4	0,7839
61	0,25	2,00	2,50	%84	2,0063
62	0,50	2,00	2,50	%85	1,4956
63	0,75	2,00	2,50	%86	1,3542
64	0,25	2,00	5,00	%48	1,3267
65	0,50	2,00	5,00	%47	1,2293
66	0,75	2,00	5,00	%46	1,1859
67	0,25	2,00	10,00	%13	1,0287
68	0,50	2,00	10,00	%7	1,0047
69	0,75	2,00	10,00	%4	0,9955
70	0,25	2,00	20,00	%3	0,7358
71	0,50	2,00	20,00	%2	0,7234
72	0,75	2,00	20,00	%1	0,7288
73	0,25	2,00	40,00	%13	0,6018
74	0,50	2,00	40,00	%5	0,5608
75	0,75	2,00	40,00	%1	0,5628

57. senaryoda ücret eşik değerinin de 20,00 birime çekilmesi ile birlikte gezinen araç oranı %5 ve global maliyet değeri 0,9419 olarak elde edilmiştir. Sistem kullanım oranının da etkisi, aynı yürüme mesafesi ve ücret eşik değerleri için kıyaslandığında gezinen araç oranı ve global maliyet değeri üzerinde açıkça göze çarpmaktadır. Bir diğer ifadeyle, gri rengin farklı tonları ile ayrıştırılan her üç satırda sistem kullanım oranının artışına karşılık olarak gezinen araç oranı ile global maliyet değerlerinin azaldığı görülmektedir. Örneğin; yukarıda da bahsedildiği gibi sistem kullanım oranının 0,75, yürüme mesafesi eşik değerinin 2,00 km ve toplam otopark ücreti eşik değerinin 40,00 birim olduğu 75. senaryoda gezinen araç oranı %1 ve global maliyet değeri 0,5628 olarak elde edilmiştir.

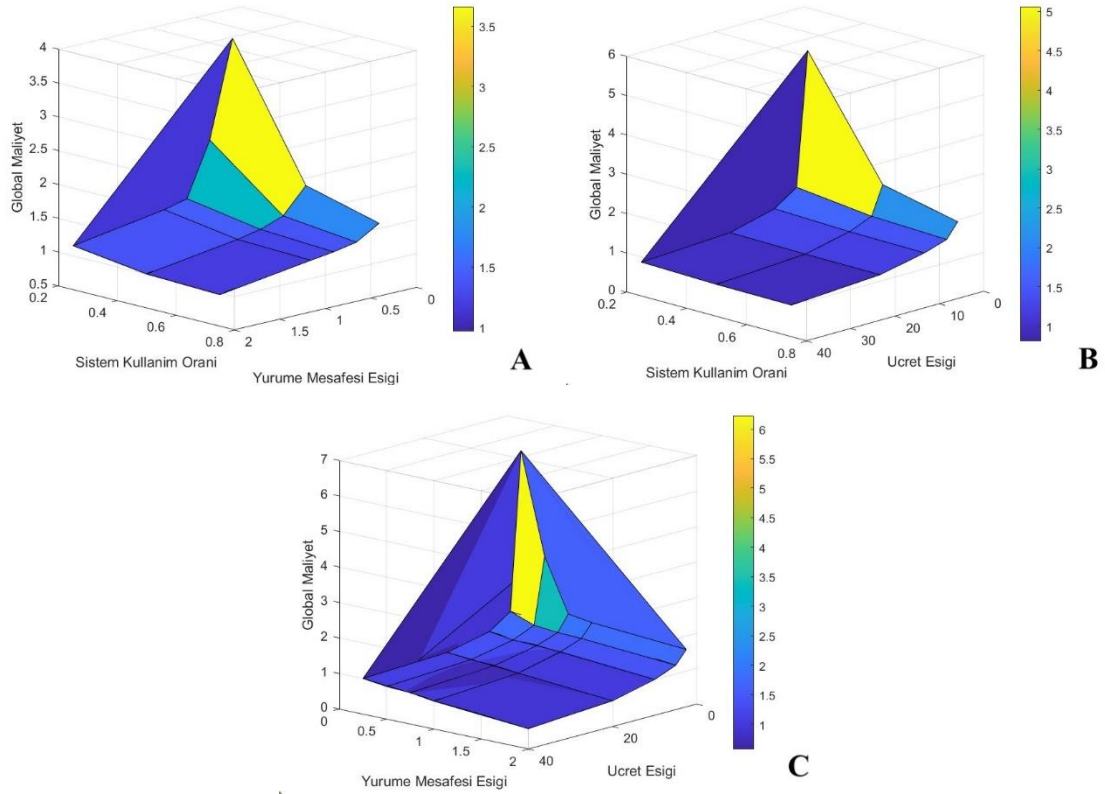
Sistem kullanım oranının 0,50 olduğu 74. senaryoda bu değerler sırasıyla %5 ve 0,5608 olarak gözlenmiştir. Sistem kullanım oranının 0,25 olduğu 73. senaryoda ise gezinen araç oranı %13 ve global maliyet değeri 0,6018 olarak elde edilmiştir.

Şekil 4.2’de senaryo parametrelerinin ikili kombinasyonlarının gezinen araç oranına olan etkisi yüzey grafiği üzerinde gösterilmiştir. Şekil A ve B’de sistem kullanım oranının eşik değerler ile birlikte etkisi incelendiğinde beklendiği şekilde bu oran arttıkça gezinen araç oranı iyileşmektedir. Sistem kullanım oranının 0,75 olduğu durumlarda gezinen araç oranı için en iyi değerler gözlenmektedir. Şekilde C’de ise görüldüğü gibi yürüme mesafesi ve ücret eşik değerlerinin azalmasıyla birlikte gezinen araç oranı önemli ölçüde artmaktadır. Beklenildiği üzere yürüme mesafesi eşik değerinin 2,00 km ve ücret eşik değerinin 40,00 birim olduğu durumda gezinen araç oranı için en tatmin edici sonuçlar ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4.2. Senaryo parametrelerinin gezinen araç oranına etkisi: Kurgu – 1
A) Sistem kullanım oranı ve yürüme mesafesi eşik değerinin gezinen araç oranına etkisi
B) Sistem kullanım oranı ve ücret eşik değerinin gezinen araç oranına etkisi
C) Yürüme mesafesi ve ücret eşik değerlerinin gezinen araç oranına etkisi

Şekil 4.3'te ise senaryo parametrelerinin ikili kombinasyonlarının global maliyete olan etkisi yüzey grafiği üzerinde gösterilmiştir. Şekil A ve B'de sistem kullanım oranının eşik değerler ile birlikte etkisi incelendiğinde beklendiği şekilde bu oran arttıkça global maliyet değeri azalmaktadır. Şekilde C'de de görüldüğü gibi yürüme mesafesi ve ücret eşik değerlerinin artmasıyla birlikte global maliyet değeri önemli ölçüde azalmaktadır. Özetle, sistem kullanım oranının azaldığı ve eşik değerlerin de küçük değerler aldığı durumlarda global maliyet değerinin arttığı söylenebilir. Sistem kullanım oranının 0,75, yürüme mesafesi eşik değerinin 2,00 km ve ücret eşik değerinin 40,00 birim olduğu durumlarda global maliyet en iyi değerler gözlenmektedir.



Şekil 4.3. Senaryo parametrelerinin global maliyete etkisi: Kurgu – 1

A) Sistem kullanım oranı ve yürüme mesafesi eşik değerinin global maliyete etkisi

B) Sistem kullanım oranı ve ücret eşik değerinin global maliyete etkisi

C) Yürüme mesafesi ve ücret eşik değerlerinin global maliyete etkisi

Yukarıda da belirtildiği gibi Çizelge 4.12'de sunulan değerler 75 senaryo için 100 replikasyon sonucunda elde edilen sonuçların ortalamalarını özet olarak içermektedir. Bir

diğer ifadeyle, sisteme yukarıdan bakarak senaryo parametresi olarak ele alınan sistem kullanım oranı ile yürüme mesafesi ve ücret eşik değerlerin gezinen araç oranına ve global maliyet değerine etkisi gösterilmiştir. Her bir senaryo ve replikasyon için ayrıntılı sonuçlar fayda fonksiyonu parametreleri ile ilişkilendirilen performans parametrelerince elde edilmiş olup farklı kullanıcı davranışlarının bu performans parametreleri etkisi analiz edilmiştir. İlerleyen sayfalarda sunulan çizelgede bu analizlere ilişkin örnekler sunulmaktadır. Burada her bir sütunda performans parametreleri; sürüş süresi, sürüş mesafesi, yürüyüş mesafesi, park ücreti, rezervasyon ücreti, toplam ücret, yönlendirilen araç derecesi ve uygunluk derecesi için elde edilen performans skorları verilmiştir. Kullanıcıların ilgili kriterlere ağırlık vermesi/vermemesi ve araçların önerilen park yönetim sistemini kullanıp/kullanmaması olmak üzere farklı durumlar için bu performans parametrelerinin ortalama, minimum ve maksimum değerleri analiz edilmiştir. Burada, gri renkle vurgulanan satırlarda, park yönetim sistemini kullanarak yapılan araç-otopark eşleşmeleri için elde edilen sonuçlar verilmiştir. Beyaz renkle vurgulanan satırlar ise sistemi kullanmayarak (rassal arama sonucu) yapılan eşleşmelere ait sonuçları içermektedir. Açık gri renkle vurgulanan ilk üç satırda, her bir sütunda yer alan ilgili kritere ağırlık verilmesi durumunda elde edilen performans değerleri; koyu gri renkle vurgulanan sonraki üç satırda ise ilgili kritere ağırlık verilmemesi durumunda elde edilen performans değerleri sunulmuştur. Her bir senaryo için bu şekilde 9 satır olduğundan 75 senaryonun 100 replikasyonu sonunda 67 500 satırlık detaylı analiz çizelgesi elde edilmiş olup bu sonuçlar için anlamlı kesitler sunulmuştur. 100 replikasyon için yapılan analizlerin tüm senaryolar için elde edilen ortalama performansları ise Ek 1’de verilmiştir. Burada eksi bir olan değerler ilgili senaryoda ilgili satır sütundaki kombinasyona karşılık gelen bir talep olmadığı veya öneri sunulmadığı anlamına gelmektedir. Çizelge 4.13’te 75. senaryo için elde edilen performans parametrelerinin değerleri verilmiştir. Yukarıda da bahsedildiği gibi açık gri renkle vurgulanan ilk üç satırda, park yönetim sistemini kullanan ve her bir sütunda yer alan ilgili kritere ağırlık veren kullanıcılar; koyu gri renkle vurgulanan takip eden üç satırdaki ise park yönetim sistemini kullanan fakat ilgili sütundaki kritere düşük ağırlık veren kullanıcılar için hesaplanan performans değerleri sunulmuştur. Dolayısıyla, genel olarak, ilk üç satırdaki sonuçların sonraki üç satırdaki sonuçlara göre performans parametreleri cinsinden daha tatmin edici olması beklenmektedir. Beyaz renkle vurgulanan satırlar ise sistemi kullanmayarak (rassal arama

sonucu) yapılan eşleşmelere ait sonuçları içermektedir. Örneğin, sistemi kullanıp yürüme mesafesine ağırlık veren araçlar için yapılan park önerileri sonucunda, ortalama 0,4354 km yürüyüş mesafesi kat edilmiştir. Bu değerler [0,0212, 1,2406] aralığında değer almaktadır. Sistemi kullanan ve yürüme mesafesine ağırlık vermeyen araçlar için yapılan park önerileri sonucunda ise ortalama yürüyüş mesafesi beklendiği üzere artarak 0,8392 km değerini almıştır. Yürüme mesafelerinin aldığı değerler beklendiği üzere daha geniş bir aralıkta değer alarak minimum 0,0388 ve maksimum 1,9213 olarak gözlenmiştir. Sistemi kullanmayan araçların rassal arama yaparak yürüme mesafesi açısından en yakın otoparka gittikleri varsayıldığından ve ilgili araçlar için en yakın uygun otoparkla eşleştirme yapıldığından bu araçlar için yürüme mesafesi performansının nispeten daha iyi olması (ortalama 0,4065 km) beklenen bir durumdur. Toplam ücret parametresi açısından sonuçlar incelendiğinde, sistemi kullanıp ücret parametresine ağırlık veren araçlar için yapılan park önerileri sonucunda, ortalama 4,7578 birim ücret ödenmiştir. Bu değerler [0,7801, 9,0303] aralığında değer almaktadır. Sistemi kullanan ve ücret parametresine ağırlık vermeyen araçlar için yapılan park önerileri sonucunda ise ortalama ücret değeri beklendiği üzere artarak 10,7577 değerini almıştır. Ücret değerleri beklendiği üzere daha geniş bir aralıkta minimum 0,2645 ve maksimum 34,4237 olarak gözlenmiştir. Sistemi kullanmayan araçların için elde edilen sonuçlar incelendiğinde ise bu değerler beklendiği üzere daha da kötüleşerek ortalama değer 15,1251, minimum 1,1627 ve maksimum 35,4320 olarak elde edilmiştir. Diğer performans parametreleri için de benzer bir yapı söz konusudur.

Çizelge 4.13. Performans parametrelerinin analizi: Kurgu – 1 / 75. senaryo

	SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
ort	0,0073	5,2482	0,4354	4,5345	0,4395	4,7578	0,0169	0,6896
min	0,0013	0,9661	0,0212	0,5156	0,1430	0,7801	0,0067	0,1547
maks	0,0148	10,6834	1,2406	8,8451	0,7239	9,0303	0,0512	0,7857
ort	0,0085	6,0891	0,8392	10,3605	0,8037	10,7577	0,0629	0,5554
min	0,0008	0,5671	0,0388	0,1870	0,0555	0,2645	0,0122	0,0909
maks	0,0166	11,9362	1,9213	33,8098	2,9017	34,4237	0,8728	0,7848
ort	0,0085	6,1009	0,4065	15,1251	-	15,1251	0,0811	0,5511
min	0,0013	0,9320	0,0154	1,1627	-	1,1627	0,0109	0,1137
maks	0,0161	11,6215	1,1151	35,4320	-	35,4320	0,6395	0,7774

SS: Sürüş Süresi, SM: Sürüş Mesafesi, YM: Yürüyüş Mesafesi, PÜ: Park Ücreti, RÜ: Rezervasyon Ücreti, TÜ: Toplam Ücret, YAD: Yönlendirilen Araç Derecesi, UD: Uygunluk Derecesi, ort: ortalama, min: minimum, maks: maksimum

Çizelge 4.13'te 75. senaryo için verilen değerler ilerleyen sayfalarda referans alınarak senaryo parametrelerinin performans ölçütlerine etkisi analiz edilmektedir. Söz konusu senaryoda sistem kullanım oranı 0,75, yürüme mesafesi eşik değeri 2,00 ve toplam ücret eşik değeri 40,00 olup gezinen araç oranı %1 ve global maliyet değeri 0,5628 olarak elde edilmiştir. Senaryo parametrelerinden yürüme mesafesi ve toplam ücret eşik değerleri direkt olarak fayda fonksiyonu parametreleri ile de ilişkili olduğundan bu parametrelerin sonuçlara etkisi analiz edilmektedir.

Yürüme mesafesi eşik değerinin performans parametrelerine etkisini göstermek amacıyla Çizelge 4.14'te örnek sonuçlar sunulmaktadır. Bu sonuçlar 60. senaryoya ait olup ilgili senaryoda sistem kullanım oranı 0,75, yürüme mesafesi eşiği 1,00 ve ücret eşiği 40,00'dır. 75. senaryoda %1 olan gezinen araç oranı burada kötüleşerek %4 ve 0,5628 olan global maliyet değeri artarak 0,7839 olarak elde edilmiştir. Yürüme mesafesi eşik değerinin 2,00 km'den 1,00 km değerine azaltılması beklendiği üzere yürüme mesafesi performansını iyileştirmiştir. 75. senaryoda park yönetim sistemini kullanan ve yürüme mesafesine ağırlık veren kullanıcılar için ortalama 0,4354 performans değeri elde edilmişken 60. senaryoda bu değer 0,4005'tir. Minimum ve maksimum değerler ise 75. senaryo için sırasıyla 0,0212 ve 1,2406 iken 60. senaryoda 0,0211 ve 0,9627'dir. Dolayısıyla, beklendiği üzere ilgili performansın ortalama değerlerinin iyileşmesine karşılık aldığı değerlerin aralığının da daraldığı söylenebilir. Park yönetim sistemini kullanan ve ilgili parametreye ağırlık vermeyen kullanıcılar içinse 0,8392 olan ortalama yürüyüş mesafesi 0,6840 değerine iyileşmiştir. Burada da minimum ve maksimum değerler incelendiğinde aralığın daraldığı görülmektedir. Yürüyüş mesafesi eşik değerinin azaltılması ile ilgili performans parametresinde iyileşme gözlenirken, beklendiği üzere, diğer performans parametrelerinde nispeten kötüleşme olduğu söylenebilir. Örneğin, park yönetim sistemini kullanan ve ücret parametresine ağırlık veren kullanıcılar 75. senaryoda ortalama 4,7578 birim ücret öderlerken 60. senaryoda bu değer 5,0529 olarak elde edilmiştir. Burada ücret değeri [0,7801, 9,0303] aralığındayken 60. senaryoda [0,7891, 11,8668] aralığında değerler aldığı gözlenmiştir. Benzer durumun diğer performans parametreleri için de olduğu söylenebilir. Sürüş süresi ve mesafesi için nispeten daha az farklılıkların olması kalkış noktası ile aday park yerlerinin olduğu bölge arasındaki sürüş mesafesinin park özelinde minör farklılıklar içermesi ile açıklanabilir.

Yönlendirilen araç derecesi ve uygunluk derecesi parametreleri açısından sonuçlar değerlendirildiğinde ise gezinen araç oranları düşük olduğundan ortalama değerler yerine aralık değerlerinin yorumlanması daha anlamlıdır. Bir diğer ifadeyle, uzun-vadede ortalama değerlerin birbirine yakınsaması ve nispeten daha az farklar oluşması bu iki parametre için beklenen bir durumdur. Burada, özellikle kullanıcıların ilgili parametrelere ağırlık vermediği durumlarda performans değerlerinin daha geniş aralıklarda değer aldığı görülmektedir. Örneğin 75. senaryoda park öneri sistemini kullanan ve ilgili parametreye ağırlık veren kullanıcılar için, yönlendirilen araç derecesi parametresi [0,0067, 0,0512] aralığında değer alırken 60. senaryoda [0,0058, 0,0903] aralığında değerler gözlenmiştir.

Çizelge 4.14. Yürüyüş mesafesi eşik değerinin etkisi: Kurgu – 1 / 60. senaryo

	SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
ort	0,0076	5,4477	0,4005	4,8205	0,4602	5,0529	0,0226	0,6706
min	0,0016	1,1327	0,0211	0,5467	0,1464	0,7891	0,0058	0,1512
maks	0,0151	10,8559	0,9627	11,5353	0,8536	11,8668	0,0903	0,7857
ort	0,0085	6,1027	0,6840	10,7890	0,8514	11,2179	0,0571	0,5940
min	0,0008	0,5673	0,0440	0,2110	0,0618	0,2924	0,0111	0,0962
maks	0,0166	11,9328	0,9987	35,0533	2,9571	35,6902	0,9100	0,7855
ort	0,0085	6,1159	0,3957	15,1421	-	15,1421	0,0827	0,5486
min	0,0012	0,8588	0,0153	1,1390	-	1,1390	0,0112	0,1128
maks	0,0162	11,6591	0,9600	35,3481	-	35,3481	0,5984	0,7767

SS: Sürüş Süresi, SM: Sürüş Mesafesi, YM: Yürüyüş Mesafesi, PÜ: Park Ücreti, RÜ: Rezervasyon Ücreti, TÜ: Toplam Ücret, YAD: Yönlendirilen Araç Derecesi, UD: Uygunluk Derecesi, ort: ortalama, min: minimum, maks: maksimum

Çizelge 4.15'te ücret eşik değerinin performans parametrelerine etkisini göstermek amacıyla örnek sonuçlar sunulmaktadır. Bu sonuçlar 69. senaryoya ait olup ilgili senaryoda sistem kullanım oranı 0,75, yürüme mesafesi eşiği 2,00 ve ücret eşiği 10,00 değerindedir. 75. senaryoda %1 olan gezinen araç oranı burada kötüleşerek %4 ve 0,5628 olan global maliyet değeri artarak 0,9955 olarak elde edilmiştir. Ücret eşik değerinin 40,00 birimden 10,00 birim değerine çekilmesi beklendiği üzere ücrete ilişkin performansları iyileştirmiştir. 75. senaryoda park yönetim sistemini kullanan ve ücret kriterine ağırlık veren kullanıcılar için toplam park ücret değerleri [0,7801, 9,0303] aralığında değerler alırken 69. senaryoda bu değerler [0,8618, 9,2091] olarak gözlenmiştir. Burada anlamlı farklar özellikle diğer durumlar için göze çarpmaktadır. Örneğin, park yönetim sistemini kullanan fakat ücret kriterine ağırlık vermeyen kullanıcılar için 75. senaryoda ortalama toplam ücret değeri 10,7577, minimum 0,2645 ve maksimum 34,4237 iken 69. senaryoda ortalama değer 7,3760, minimum 0,5382 ve

maksimum 9,9746 olarak gözlenmiştir. Ücret eşik değerinin azaltılması ile birlikte ilgili performans parametresinde iyileşme gözlenirken, beklendiği üzere, diğer performans parametrelerinde nispeten kötüleşme olduğu söylenebilir. Örneğin, park yönetim sistemini kullanan ve yürüme mesafesi parametresine ağırlık veren kullanıcılar için 75. senaryoda ortalama 0,4354 km yürüme mesafesi gözlemlenirken 69. senaryoda bu değer 0,4696 olarak elde edilmiştir. Benzer durumun diğer performans parametreleri için de olduğu söylenebilir.

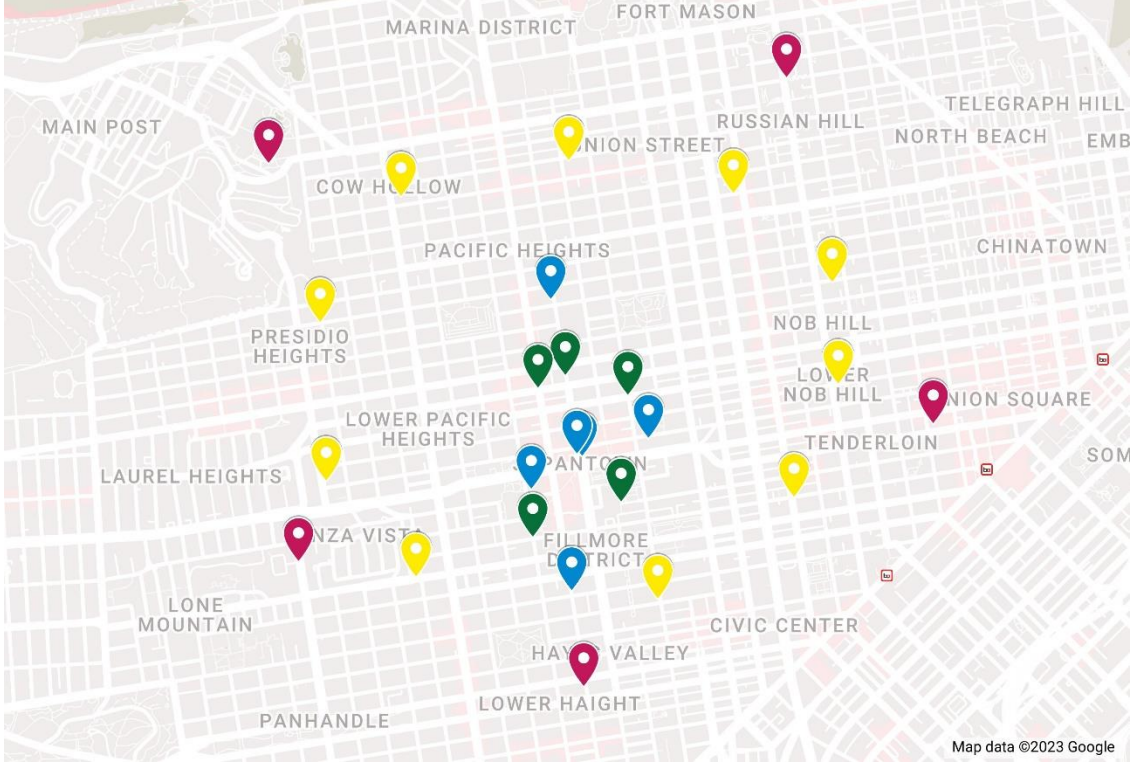
Çizelge 4.15. Ücret eşik değerinin etkisi: Kurgu – 1 / 69. senaryo

	SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
ort	0,0075	5,3925	0,4696	4,6686	0,4402	4,8920	0,0305	0,6131
min	0,0015	1,0866	0,0228	0,5412	0,1417	0,8618	0,0057	0,1088
maks	0,0152	10,9312	1,2531	9,1006	0,7367	9,2091	0,1145	0,7857
ort	0,0085	6,1331	0,8661	7,0538	0,6439	7,3760	0,0786	0,4696
min	0,0008	0,5812	0,0662	0,3867	0,0590	0,5382	0,0077	0,0649
maks	0,0167	11,9934	1,9124	9,9526	2,5329	9,9746	0,9142	0,7847
ort	0,0085	6,1201	0,4649	6,4509	-	6,4509	0,0855	0,4925
min	0,0015	1,0581	0,0270	1,1548	-	1,1548	0,0093	0,0663
maks	0,0160	11,5425	1,2432	9,8969	-	9,8969	0,5194	0,7757

SS: Sürüş Süresi, SM: Sürüş Mesafesi, YM: Yürüyüş Mesafesi, PÜ: Park Ücreti, RÜ: Rezervasyon Ücreti, TÜ: Toplam Ücret, YAD: Yönlendirilen Araç Derecesi, UD: Uygunluk Derecesi, ort: ortalama, min: minimum, maks: maksimum

Kurgu – 1 için yapılan analizlere paralel olarak Kurgu – 2 için elde edilen sonuçlar da analiz edilmiştir. Burada araç kalkış noktalarını ve varış noktalarını temsilen beşer adet düğüm noktası, beş adet otopark noktası ve bir adet olursuz çözümleri engellemek amacıyla hayali otopark noktası olmak üzere toplam altı adet otopark noktası ve bu noktalara ek olarak on adet ara düğüm noktasından oluşan bir yol ağı oluşturulmuştur. Bu ağ üzerinde, araç kalkış noktaları ile varış noktaları ve otoparklar arasında direkt link olmadığı varsayılmakta ve diğer tüm düğüm noktaları arasında link olduğu varsayılmaktadır. Her bir araç için kalkış ve varış noktaları ise bu düğüm noktaları arasından rassal olarak belirlenmiştir. Şekil 4.4'te de görüldüğü gibi yol ağı üzerinde toplam 26 adet düğüm noktası bulunmaktadır. Pembe renkle araç kalkış noktaları, yeşil renkle araç varış noktalarını, mavi renkle otopark noktaları sarı renkle ara düğümler gösterilmektedir. Bu ara düğümler ele alınan bölge sınırları içerisinde rassal olarak belirlenmiştir. Yol ağının başlangıç koşulları (aktif trafik hacmi) rassal olarak oluşturulmuştur. Durdurma kriteri 12 saat (0,5 gün) olarak belirlenmiştir ve her 0,0001 günlük zaman dilimi iterasyon adımı olarak dikkate alınmıştır. Senaryolar rassal unsurlar

içerdiği için sistem kullanım oranı, yürüme mesafesi ve ücret eşik değerinin farklı seviyelerine karşılık gelen her bir senaryo 100 replikasyon boyunca çalıştırılmıştır.



Şekil 4.4. Kurgu – 2 kapsamında ele alınan harita

Çizelge 4.16’da 100 replikasyonun ortalaması olarak elde edilen özet sonuçlar sunulmuştur. Kurgu – 1 için yapılan analizlerde olduğu gibi burada da araç durumunun dört (faydalı otopark bulunamaması) veya beş (önerilen otoparkta uygun kapasite bulunamaması) olması durumunda ilgili araçlar gezinen araç olarak ele alınmakta ve bu araçların sayısının sisteme giriş yapan toplam araç sayısına bölünmesi ile gezinen araç oranı hesaplanmaktadır. Çizelge 4.16’da yer alan sonuçlar incelendiğinde, beklenildiği üzere sistem kullanım oranının ve yürüme mesafesi ile ücret eşik değerlerinin azalmasıyla birlikte, gezinen araç oranı ve global maliyet değeri önemli ölçüde artmaktadır. Örneğin; sistem kullanım oranının 0,75, yürüme mesafesi eşik değerinin 2,00 km ve toplam otopark ücreti eşik değerinin 40,00 birim olduğu 75. senaryoda gezinen araç oranı %0 ve global maliyet değeri 0,8672 iken yürüme mesafesi eşik değerinin 0,50 km olduğu 30. senaryoda bu gezinen araç oranı %15 ve global maliyet değeri 2,0925 olmaktadır.

Çizelge 4.16. Kurgu – 2 için elde edilen sonuçların özeti

Senaryo	Sistem Kullanım Oranı	Yürüme Mesafesi Eşik Değeri	Toplam Ücret Eşik Değeri	Gezinen Araç Oranı	Global Maliyet Değeri
1	0,25	0,25	2,50	% 100	-1,0000
2	0,50	0,25	2,50	% 100	-1,0000
3	0,75	0,25	2,50	% 100	-1,0000
4	0,25	0,25	5,00	% 100	-1,0000
5	0,50	0,25	5,00	% 100	-1,0000
6	0,75	0,25	5,00	% 100	-1,0000
7	0,25	0,25	10,00	% 77	-1,0000
8	0,50	0,25	10,00	% 77	-1,0000
9	0,75	0,25	10,00	% 77	9,00E+15
10	0,25	0,25	20,00	% 77	-1,0000
11	0,50	0,25	20,00	% 77	-1,0000
12	0,75	0,25	20,00	% 77	9,00E+15
13	0,25	0,25	40,00	% 77	-1,0000
14	0,50	0,25	40,00	% 77	9,00E+15
15	0,75	0,25	40,00	% 77	9,00E+15
16	0,25	0,50	2,50	% 100	-1,0000
17	0,50	0,50	2,50	% 100	-1,0000
18	0,75	0,50	2,50	% 100	-1,0000
19	0,25	0,50	5,00	% 77	-1,0000
20	0,50	0,50	5,00	% 77	8,61E+15
21	0,75	0,50	5,00	% 77	8,61E+15
22	0,25	0,50	10,00	% 15	2,4651
23	0,50	0,50	10,00	% 15	2,1638
24	0,75	0,50	10,00	% 15	2,1097
25	0,25	0,50	20,00	% 15	2,3757
26	0,50	0,50	20,00	% 15	2,1610
27	0,75	0,50	20,00	% 15	2,1033
28	0,25	0,50	40,00	% 15	2,4039
29	0,50	0,50	40,00	% 15	2,1470
30	0,75	0,50	40,00	% 15	2,0925
31	0,25	0,75	2,50	% 100	-1,0000
32	0,50	0,75	2,50	% 100	-1,0000
33	0,75	0,75	2,50	% 100	-1,0000
34	0,25	0,75	5,00	% 0	4,1840
35	0,50	0,75	5,00	% 0	3,5288
36	0,75	0,75	5,00	% 0	3,1376
37	0,25	0,75	10,00	% 0	2,0331
38	0,50	0,75	10,00	% 0	1,5797
39	0,75	0,75	10,00	% 0	1,4443
40	0,25	0,75	20,00	% 0	2,3862
41	0,50	0,75	20,00	% 0	1,5573
42	0,75	0,75	20,00	% 0	1,4548
43	0,25	0,75	40,00	% 0	2,3626
44	0,50	0,75	40,00	% 0	1,6022
45	0,75	0,75	40,00	% 0	1,4509

Çizelge 4.16. Kurgu – 2 için elde edilen sonuçların özeti (devam)

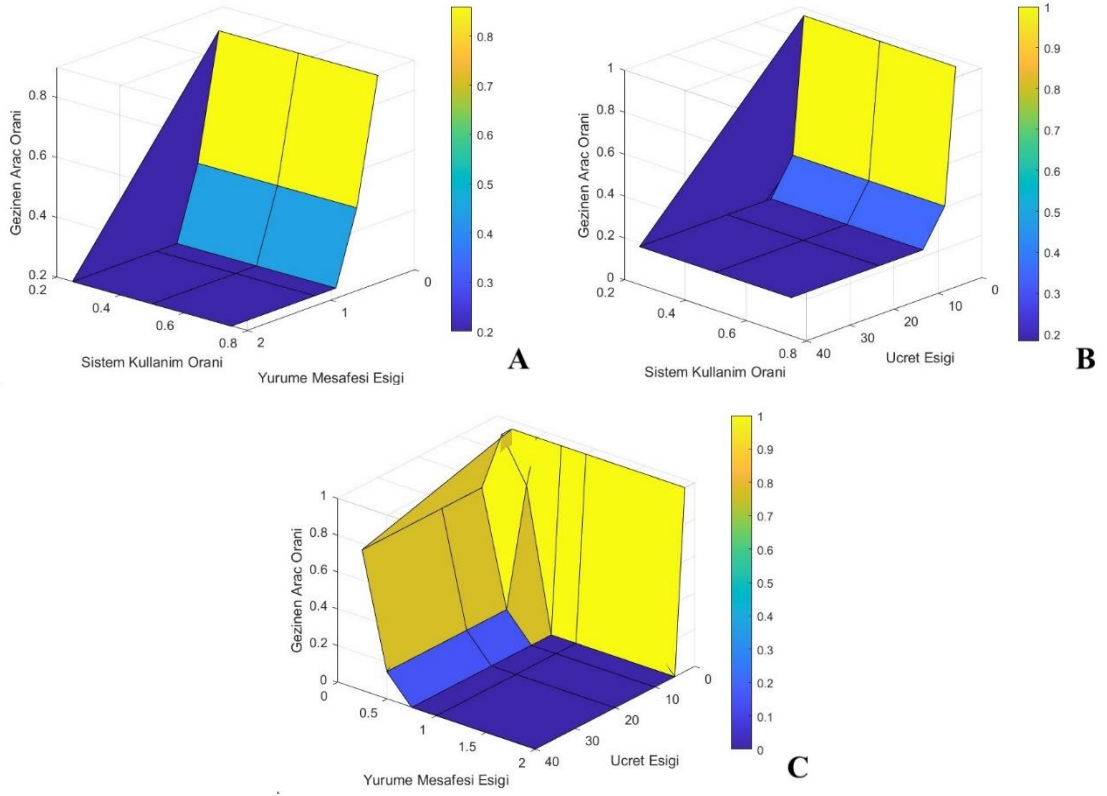
Senaryo	Sistem Kullanım Oranı	Yürüme Mesafesi Eşik Değeri	Toplam Ücret Eşik Değeri	Gezinen Araç Oranı	Global Maliyet Değeri
46	0,25	1,00	2,50	% 100	-1,0000
47	0,50	1,00	2,50	% 100	-1,0000
48	0,75	1,00	2,50	% 100	-1,0000
49	0,25	1,00	5,00	%0	2,9930
50	0,50	1,00	5,00	%0	2,6802
51	0,75	1,00	5,00	%0	2,6228
52	0,25	1,00	10,00	%0	1,6125
53	0,50	1,00	10,00	%0	1,2034
54	0,75	1,00	10,00	%0	1,1164
55	0,25	1,00	20,00	%0	1,4356
56	0,50	1,00	20,00	%0	1,1960
57	0,75	1,00	20,00	%0	1,1229
58	0,25	1,00	40,00	%0	1,5104
59	0,50	1,00	40,00	%0	1,1936
60	0,75	1,00	40,00	%0	1,1128
61	0,25	2,00	2,50	% 100	-1,0000
62	0,50	2,00	2,50	% 100	-1,0000
63	0,75	2,00	2,50	% 100	-1,0000
64	0,25	2,00	5,00	%0	1,5142
65	0,50	2,00	5,00	%0	1,3500
66	0,75	2,00	5,00	%0	1,2970
67	0,25	2,00	10,00	%0	1,1729
68	0,50	2,00	10,00	%0	0,9080
69	0,75	2,00	10,00	%0	0,8705
70	0,25	2,00	20,00	%0	1,1455
71	0,50	2,00	20,00	%0	0,9231
72	0,75	2,00	20,00	%0	0,8731
73	0,25	2,00	40,00	%0	1,1506
74	0,50	2,00	40,00	%0	0,9025
75	0,75	2,00	40,00	%0	0,8672

27. senaryoda ücret eşik değerinin 20,00 birime çekilmesi ile birlikte gezinen araç oranı %15 değerinde sabit kalırken global maliyet değeri nispeten kötüleşerek 2,1033 olarak elde edilmiştir. Sistem kullanım oranının da etkisi, aynı yürüme mesafesi ve ücret eşik değerleri için kıyaslandığında açıkça göze çarpmaktadır. Bir diğer ifadeyle, gri rengin farklı tonları ile ayrıştırılan her üç satırda sistem kullanım oranının artışına karşılık olarak global maliyet değerlerinin azaldığı görülmektedir. Örneğin; yukarıda da bahsedildiği gibi sistem kullanım oranının 0,75, yürüme mesafesi eşik değerinin 2,00 km ve toplam otopark ücreti eşik değerinin 40,00 birim olduğu 75. senaryoda gezinen araç oranı %0 ve global maliyet değeri 0,8652 olarak elde edilmiştir. Sistem kullanım oranının 0,50 olduğu

74. senaryoda bu değerler sırasıyla %0 ve 0,9025 olarak gözlenmiştir. Sistem kullanım oranının 0,25 olduğu 73. senaryoda ise gezinen araç oranı %0 ve global maliyet değeri 1,1506 olarak elde edilmiştir. Burada Kurgu – 1'e kıyasla daha küçük bir veri seti kullanıldığı için sistem kullanım oranının tekil etkisi aynı yürüyüş mesafesi ve ücret eşik değeri olan senaryolar arasında açıkça ortaya çıkmamaktadır. Çizelgede de görüldüğü gibi yürüme mesafesi ve ücret eşik değerlerinin küçük değerleri için gezinen araç oranı %100 seviyesine ulaşabilmekte ve bu durumda araç-otopark önerileri sunulamadığı için global maliyeti etkileyen performans parametreleri de hesaplanamamaktadır. İlgili alanda yer alan eksi bir değerleri global maliyetin hesaplanamadığı durumlara denk gelmektedir.

Şekil 4.5'te senaryo parametrelerinin ikili kombinasyonlarının gezinen araç oranına olan etkisi yüzey grafiği üzerinde gösterilmiştir. Şekil A ve B'de sırasıyla sistem kullanım oranının yürüme mesafesi eşik değeri ve ücret eşik değeri ile birlikte gezinen araç oranına olan etkisi sunulmaktadır. Aynı sistem kullanım oranı değerleri için eşik değerler arttıkça gezinen araç oranının iyileştiği görülmektedir. Şekilde C'de ise görüldüğü gibi yürüme mesafesi ve ücret eşik değerlerinin artmasıyla birlikte gezinen araç oranı önemli ölçüde azalmaktadır. Özetle, sistem kullanım oranının 0,75, yürüme mesafesi eşik değerinin 2,00 km ve ücret eşik değerinin 40,00 birim değerine yakın olduğu durumlarda gezinen araç oranı için en iyi değerler gözlenmektedir.

Şekil 4.6'da ise senaryo parametrelerinin ikili kombinasyonlarının global maliyete olan etkisi yüzey grafiği üzerinde gösterilmiştir. Şekil A ve B'de sırasıyla sistem kullanım oranının yürüme mesafesi eşik değeri ve ücret eşik değeri ile birlikte global maliyet değerine olan etkisi sunulmaktadır. Aynı sistem kullanım oranı değerleri için eşik değerler arttıkça global maliyet değerinin iyileştiği görülmektedir. Şekilde C'de ise görüldüğü gibi yürüme mesafesi ve ücret eşik değerlerinin artmasıyla birlikte global maliyet değeri de önemli ölçüde azalmaktadır. Özetle, sistem kullanım oranının 0,75, yürüme mesafesi eşik değerinin 2,00 km ve ücret eşik değerinin 40,00 birim değerine yakın olduğu durumlarda global maliyet için en iyi değerler gözlenmektedir.



Şekil 4.5. Senaryo parametrelerinin gezinen araç oranına etkisi: Kurgu – 2

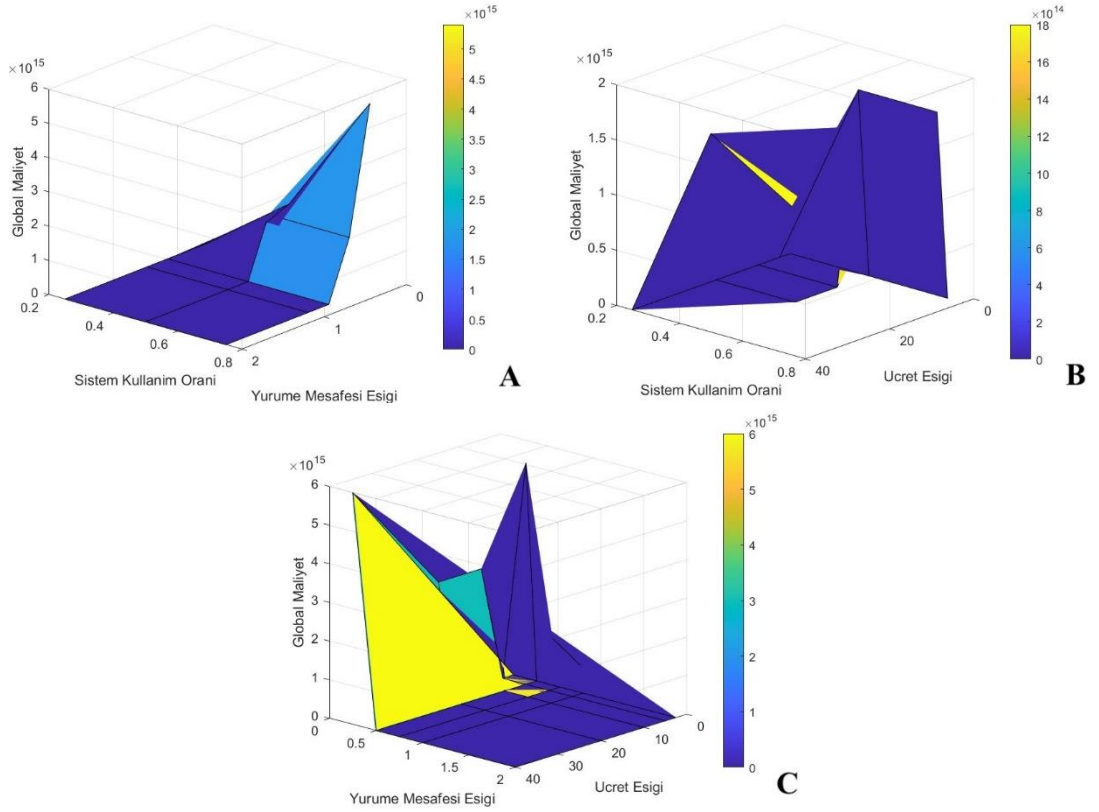
A) Sistem kullanım oranı ve yürüme mesafesi eşik değerinin gezinen araç oranına etkisi

B) Sistem kullanım oranı ve ücret eşik değerinin gezinen araç oranına etkisi

C) Yürüme mesafesi ve ücret eşik değerlerinin gezinen araç oranına etkisi

Kurgu – 1 için yapılan analizlere benzer şekilde, Kurgu – 2 kapsamında her bir senaryo ve replikasyon için elde edilen sonuçlar, farklı kullanıcı davranışlarının etkisini de içerecek şekilde fayda fonksiyonu parametreleri ile ilişkilendirilerek performans parametrelerince analiz edilmiştir. İlerleyen sayfalarda sunulan çizelgelere bu analizlere ilişkin örnekler sunulmaktadır. Burada her bir sütunda performans parametreleri; sürüş süresi, sürüş mesafesi, yürüyüş mesafesi, park ücreti, rezervasyon ücreti, toplam ücret, yönlendirilen araç derecesi ve uygunluk derecesi için elde edilen performans skorları verilmiştir. Kullanıcıların ilgili kriterlere ağırlık vermesi/vermemesi ve araçların önerilen park yönetim sistemini kullanıp/kullanmaması olmak üzere farklı durumlar için bu performans parametrelerinin ortalama, minimum ve maksimum değerleri analiz edilmiştir. Burada, gri renkle vurgulanan satırlarda, park yönetim sistemini kullanarak yapılan araç-otopark eşleşmeleri için elde edilen sonuçlar verilmiştir. Beyaz renkle vurgulanan satırlar ise sistemi kullanmayarak (rassal arama sonucu) yapılan eşleşmelere

ait sonuçları içermektedir. Açık gri renkle vurgulanan ilk üç satırda, her bir sütunda yer alan ilgili kritere ağırlık verilmesi durumunda elde edilen performans değerleri; koyu gri renkle vurgulanan sonraki üç satırda ise ilgili kritere ağırlık verilmemesi durumunda elde edilen performans değerleri sunulmuştur. Her bir senaryo için bu şekilde 9 satır olduğundan 75 senaryonun 100 replikasyonu sonunda 67 500 satırlık detaylı analiz çizelgesi elde edilmiş olup bu sonuçlar için anlamlı kesitler sunulmuştur. 100 replikasyon için yapılan analizlerin tüm senaryolar için elde edilen ortalama performansları ise Ek 2’de verilmiştir. Burada eksi bir olan değerler ilgili senaryoda ilgili satır sütundaki kombinasyona karşılık gelen bir talep olmadığı veya öneri sunulmadığı anlamına gelmektedir.



Şekil 4.6. Senaryo parametrelerinin global maliyete etkisi: Kurgu – 2

A) Sistem kullanım oranı ve yürüme mesafesi eşik değerinin global maliyete etkisi

B) Sistem kullanım oranı ve ücret eşik değerinin global maliyete etkisi

C) Yürüme mesafesi ve ücret eşik değerlerinin global maliyete etkisi

Çizelge 4.17’de 75. senaryo için elde edilen performans parametrelerinin değerleri verilmiştir. Yukarıda da bahsedildiği gibi açık gri renkle vurgulanan ilk üç satırda, park

yönetim sistemini kullanan ve her bir sütunda yer alan ilgili kritere ağırlık veren kullanıcılar; koyu gri renkle vurgulanan takip eden üç satırdaki ise park yönetim sistemini kullanan fakat ilgili sütundaki kritere düşük ağırlık veren kullanıcılar için hesaplanan performans değerleri sunulmuştur. Dolayısıyla, genel olarak, ilk üç satırdaki sonuçların sonraki üç satırdaki sonuçlara göre performans parametreleri cinsinden daha tatmin edici olması beklenmektedir. Beyaz renkle vurgulanan satırlar ise sistemi kullanmayarak (rassal arama sonucu) yapılan eşleşmelere ait sonuçları içermektedir. Çizelgede yer alan sonuçlar incelendiğinde, sistemi kullanıp yürüme mesafesine ağırlık veren araçlar için yapılan park önerileri sonucunda, ortalama 0,4304 km yürüyüş mesafesi kat edilmiştir. Bu değerler [0,2557, 0,5508] aralığında değer almaktadır. Sistemi kullanan ve yürüme mesafesine ağırlık vermeyen araçlar için yapılan park önerileri sonucunda ise ortalama yürüyüş mesafesi beklendiği üzere artarak 0,7908 km değerini almıştır. Yürüme mesafelerinin aldığı değerler beklendiği üzere daha geniş bir aralıkta değer alarak minimum 0,2587 ve maksimum 1,4539 olarak gözlenmiştir. Sistemi kullanmayan araçların rassal arama yaparak yürüme mesafesi açısından en yakın otoparka gittikleri varsayıldığından ve ilgili araçlar için en yakın otoparkla eşleştirme yapıldığından bu araçlar için yürüme mesafesi performansının nispeten daha iyi olması (ortalama 0,4021 km) beklenen bir durumdur. Toplam ücret parametresi açısından sonuçlar incelendiğinde, sistemi kullanıp ücret parametresine ağırlık veren araçlar için yapılan park önerileri sonucunda, ortalama 4,0108 birim ücret ödenmiştir. Bu değerler [2,2022, 5,1385] aralığında değer almaktadır. Sistemi kullanan ve ücret parametresine ağırlık vermeyen araçlar için yapılan park önerileri sonucunda ise ortalama ücret değeri beklendiği üzere artarak 6,6356 değerini almıştır. Ücret değerleri beklendiği üzere daha geniş bir aralıkta minimum 1,0630 ve maksimum 15,9401 olarak gözlenmiştir. Diğer performans parametreleri için de benzer bir yapı söz konusudur. Çizelge 4.17'de 75. senaryo için verilen bu değerler ilerleyen sayfalarda referans alınarak senaryo parametrelerinin performans ölçütlerine etkisi analiz edilmektedir. Söz konusu senaryoda sistem kullanım oranı 0,75, yürüme mesafesi eşik değeri 2,00 ve toplam ücret eşik değeri 40,00 olup gezinen araç oranı %0 ve global maliyet değeri 0,8672 olarak elde edilmiştir. Senaryo parametrelerinden yürüme mesafesi ve toplam ücret eşik değerleri direkt olarak fayda fonksiyonu parametreleri ile de ilişkili olduğundan bu parametrelerin sonuçlara etkisi analiz edilmektedir.

Çizelge 4.17. Performans parametrelerinin analizi: Kurgu – 2 / 75. senaryo

	SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
ort	0,0030	2,2117	0,4304	3,9036	0,2292	4,0108	0,1794	0,7034
min	0,0022	1,6196	0,2557	2,0929	0,1703	2,2022	0,1377	0,4971
maks	0,0037	2,6588	0,5508	5,0361	0,3138	5,1385	0,2223	0,7855
ort	0,0034	2,4933	0,7908	6,4015	0,4706	6,6356	0,2722	0,6620
min	0,0021	1,5047	0,2587	0,9777	0,1673	1,0630	0,1307	0,2245
maks	0,0055	4,0135	1,4539	15,5528	0,8047	15,9401	0,8510	0,7901
ort	0,0037	2,7699	0,4021	6,4778	-	6,4778	0,2469	0,6417
min	0,0026	1,9813	0,2561	2,2238	-	2,2238	0,1538	0,3465
maks	0,0049	3,6824	0,5181	12,3019	-	12,3019	0,4441	0,7810

SS: Sürüş Süresi, SM: Sürüş Mesafesi, YM: Yürüyüş Mesafesi, PÜ: Park Ücreti, RÜ: Rezervasyon Ücreti, TÜ: Toplam Ücret, YAD: Yönlendirilen Araç Derecesi, UD: Uygunluk Derecesi, ort: ortalama, min: minimum, maks: maksimum

Çizelge 4.18’de yürüme mesafesi eşik değerinin performans parametrelerine etkisini incelemek amacıyla örnek sonuçlar sunulmaktadır. Bu sonuçlar 30. senaryoya ait sonuçlar olup ilgili senaryoda sistem kullanım oranı 0,75, yürüme mesafesi eşik değeri 0,50 ve ücret eşik değeri 40,00’dir. 75. senaryoda %0 olan gezinen araç oranı burada beklendiği gibi kötüleşerek %15 ve 0,8672 olan global maliyet değeri 2,0925 olarak elde edilmiştir. Yürüme mesafesi eşik değerinin 2,00 km’den 0,50 km değerine çekilmesi beklendiği üzere yürüme mesafesi performansını iyileştirmiştir. 75. senaryoda park yönetim sistemini kullanan ve yürüme mesafesine ağırlık veren kullanıcılar için ortalama 0,4304 performans değeri elde edilmişken 30. senaryoda bu değer 0,3731’dir. Minimum ve maksimum değerler ise 75. senaryo için sırasıyla 0,2557 ve 0,5508 iken 30. senaryoda 0,2528 ve 0,4764’tür. Dolayısıyla, beklendiği üzere ilgili performansın ortalama değerlerinin iyileşmesine karşılık aldığı değerlerin aralığının da daraldığı söylenebilir. Park yönetim sistemini kullanan ve ilgili parametreye ağırlık vermeyen kullanıcılar içinse 0,7908 olan ortalama yürüyüş mesafesi 0,3855 değerine iyileşmiştir. Burada da minimum ve maksimum değerler incelendiğinde aralığın daraldığı görülmektedir. Yürüyüş mesafesi eşik değerinin azaltılması ile birlikte ilgili performans parametresinde iyileşme gözlenirken, beklendiği üzere, diğer performans parametrelerinde nispeten kötüleşme olduğu söylenebilir. Örneğin, park yönetim sistemini kullanan ve ücret parametresine ağırlık veren kullanıcılar 75. senaryoda ortalama 4,0108 birim ücret öderlerken 30. senaryoda bu değer 8,6444 olarak elde edilmiştir. Burada ücret değeri [2,2022, 5,1385] aralığındayken 30. senaryoda [5,4641, 12,9786] aralığında değerler aldığı gözlenmiştir. Benzer durumun diğer performans parametreleri için de olduğu söylenebilir. Sürüş süresi ve mesafesi için nispeten daha az

farklılıkların olması kalkış noktası ile aday park yerlerinin olduğu bölge arasındaki sürüş mesafesinin park özelinde minör farklılıklar içermesi ile açıklanabilir. Yönlendirilen araç derecesi ve uygunluk derecesi parametreleri açısından sonuçlar değerlendirildiğinde ise, gezinen araç oranları düşük olduğundan ve her araç için bir otopark önerildiğinden, ortalama değerler yerine aralık değerlerinin yorumlanması daha anlamlıdır. Bir diğer ifadeyle, uzun-vadede ortalama değerlerin birbirine yakınsaması ve nispeten daha az farklar oluşması bu iki parametre için beklenen bir durumdur. Burada, özellikle kullanıcıların ilgili parametrelere ağırlık vermediği durumlarda performans değerlerinin daha geniş aralıklarda değer aldığı görülmektedir. Örneğin 75. senaryoda park öneri sistemini kullanan ve ilgili parametreye ağırlık veren kullanıcılar için, yönlendirilen araç derecesi parametresi [0,1377, 0,2223] aralığında değer alırken 30. senaryoda [0,1614, 0,3108] aralığında değerler gözlenmiştir.

Çizelge 4.18. Yürüyüş mesafesi eşik değerinin etkisi: Kurgu – 2 / 30. senaryo

	SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
ort	0,0037	2,6751	0,3731	8,3695	0,5881	8,6444	0,2423	0,6236
min	0,0027	1,9537	0,2528	5,1521	0,4963	5,4641	0,1614	0,2563
maks	0,0050	3,7377	0,4764	12,6916	0,6829	12,9786	0,3108	0,7826
ort	0,0037	2,7100	0,3855	6,2762	0,5472	6,5477	0,2935	0,6691
min	0,0025	1,7957	0,2499	1,0960	0,3208	1,3023	0,1261	0,2951
maks	0,0051	3,6447	0,4923	15,3389	0,8596	15,6701	0,7926	0,7876
ort	0,0036	2,7281	0,3823	6,3563	-	6,3563	0,2838	0,6630
min	0,0026	1,9496	0,2570	2,2806	-	2,2806	0,1429	0,4240
maks	0,0046	3,4674	0,4777	12,3307	-	12,3307	0,5194	0,7813

SS: Sürüş Süresi, SM: Sürüş Mesafesi, YM: Yürüyüş Mesafesi, PÜ: Park Ücreti, RÜ: Rezervasyon Ücreti, TÜ: Toplam Ücret, YAD: Yönlendirilen Araç Derecesi, UD: Uygunluk Derecesi, ort: ortalama, min: minimum, maks: maksimum

Çizelge 4.19’da ücret eşik değerinin performans parametrelerine etkisini göstermek amacıyla örnek sonuçlar sunulmaktadır. Bu sonuçlar 66. senaryoya ait olup ilgili senaryoda sistem kullanım oranı 0,75, yürüme mesafesi eşiği 2,00 ve ücret eşiği 5,00 değerindedir. 75. senaryoda %0 olan gezinen araç oranı burada da aynı değeri almıştır fakat 0,8672 olan global maliyet değeri artarak 1,2970 olarak elde edilmiştir. Ücret eşik değerinin 40,00 birimden 5,00 birim değerine çekilmesi beklendiği üzere ücrete ilişkin performansları iyileştirmiştir. 75. senaryoda park yönetim sistemini kullanan ve ücret kriterine ağırlık veren kullanıcılar için toplam park ücret değerleri [2,2022, 5,1385] aralığında değerler alırken 66. senaryoda bu değerler [2,2532, 5,0920] olarak gözlenmiştir. Burada anlamlı farklar özellikle diğer durumlar için göze çarpmaktadır.

Örneğin, park yönetim sistemini kullanan fakat ücret kriterine ağırlık vermeyen kullanıcılar için 75. senaryoda ortalama toplam ücret değeri 6,6356, minimum 1,0630 ve maksimum 15,9401 iken 66. senaryoda ortalama değer 4,2713, minimum 0,7830 ve maksimum 8,6222 olarak gözlenmiştir. Ücret eşik değerinin azaltılması ile birlikte ilgili performans parametresinde iyileşme gözlenirken, beklendiği üzere, diğer performans parametrelerinde nispeten kötüleşme olduğu söylenebilir. Örneğin, park yönetim sistemini kullanan ve yürüme mesafesi parametresine ağırlık veren kullanıcılar için 75. senaryoda ortalama 0,4304 km yürüme mesafesi gözlemlenirken 66. senaryoda bu değer 0,5559 olarak elde edilmiştir. Benzer durumun diğer performans parametreleri için de olduğu söylenebilir.

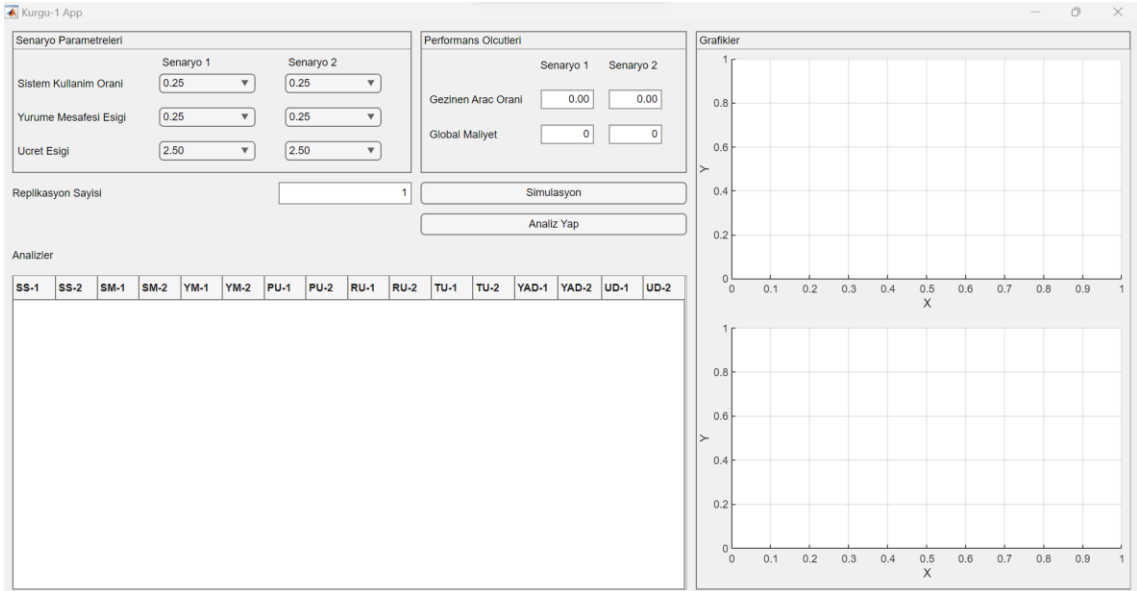
Çizelge 4.19. Ücret eşik değerinin etkisi: Kurgu – 2 / 66. senaryo

	SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
ort	0,0036	2,6245	0,5559	3,9074	0,2226	4,0278	0,4813	0,5975
min	0,0021	1,5978	0,4801	2,1560	0,1650	2,2532	0,4269	0,4689
maks	0,0046	3,4469	0,6210	4,9560	0,3197	5,0920	0,5596	0,7295
ort	0,0034	2,4824	0,7652	4,1137	0,3116	4,2713	0,5419	0,5934
min	0,0020	1,5009	0,4780	0,7136	0,1464	0,7830	0,4185	0,3738
maks	0,0057	4,1117	1,3394	8,3832	0,4396	8,6222	0,8971	0,7880
ort	0,0034	2,5828	0,5344	4,3319	-	4,3319	0,5413	0,5854
min	0,0022	1,6637	0,4793	1,2462	-	1,2462	0,4390	0,4258
maks	0,0047	3,5410	0,6127	7,6724	-	7,6724	0,6402	0,7445

SS: Sürüş Süresi, SM: Sürüş Mesafesi, YM: Yürüyüş Mesafesi, PÜ: Park Ücreti, RÜ: Rezervasyon Ücreti, TÜ: Toplam Ücret, YAD: Yönlendirilen Araç Derecesi, UD: Uygunluk Derecesi, ort: ortalama, min: minimum, maks: maksimum

Tez çalışması kapsamında önerilen yaklaşımın esnek bir şekilde uygulanabilmesi ve sisteme yukarıdan bakan şehir planlamacısı bakış açısıyla farklı park yönetim stratejilerini simüle ederek elde edilen sonuçların performans parametrelerince analiz edilebilmesi için bir kullanıcı arayüzü prototipi geliştirilmiştir. Bu yapının, gelecekteki çalışmalara da alt yapı oluşturacağı düşünülmektedir ve bu kapsamda MATLAB App Designer alt yapısı kullanılarak her iki kurgu için de bir kullanıcı arayüzü oluşturulmuştur. Arayüz tasarımları her iki kurgu için de aynı olduğundan Şekil 4.7’de örnek teşkil etmesi adına Kurgu – 1 için tasarlanan arayüzün başlangıç ekranı verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi kullanıcı tarafından öncelikle senaryo parametreleri seçimi yapılmaktadır. Sistem kullanım oranı, yürüme mesafesi ve ücret eşik değerleri cinsinden iki farklı senaryo tanımlanmakta ve ardından belirtilen replikasyon sayısı kadar ilgili senaryolar için simülasyon yapılmaktadır. Simülasyonun sonuçlanması ile birlikte elde

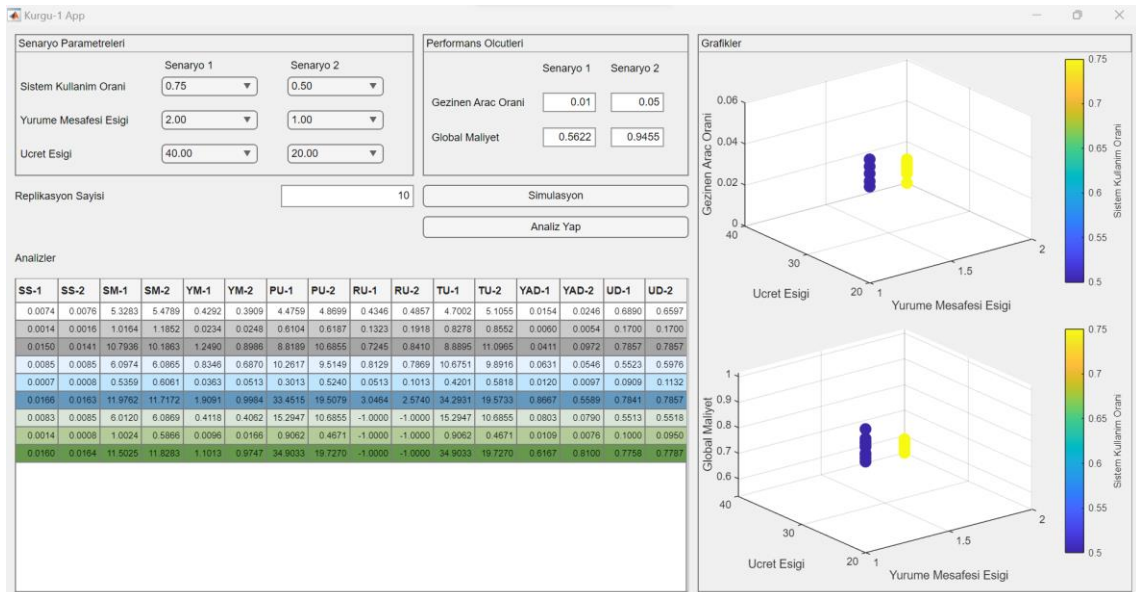
edilen sonuçlar analiz edilerek kullanıcıya karşılaştırmalı olarak ilgili senaryoların sonuçları sunulmaktadır. Şekilde de görüldüğü gibi performans ölçütleri olarak çerçevelenen yapının altında her iki senaryo için elde edilen ortalama gezinen araç oranı ve global maliyet değerleri sunulmaktadır. Grafikler başlığı altında ise dağılım grafiği ile söz konusu senaryo parametrelerinin bu değerlere etkisi gösterilmektedir. Analizler ismi ile çerçevelenen alanda ise bir tablo yapısı ile fayda fonksiyonu parametreleri ile ilişkilendirilen performans parametreleri (sürüş süresi, sürüş mesafesi, yürüyüş mesafesi, park ücreti, rezervasyon ücreti, toplam ücret, yönlendirilen araç derecesi ve uygunluk derecesi) için elde edilen performans skorları karşılaştırmalı olarak verilmektedir.



Şekil 4.7. Geliştirilen kullanıcı arayüzü başlangıç ekranı

Şekil 4.8’de örnek bir uygulamaya ait ekran görüntüsü verilmiştir. Burada, birinci senaryoda sistem kullanım oranı 0,75, yürüme mesafesi eşik değeri 2,00 ve ücret eşik değeri 40,00 iken ikinci senaryoda sistem kullanım oranı 0,50, yürüme mesafesi eşik değeri 1,00 ve ücret eşik değeri 20,00 olarak belirlenmiştir. 10 replikasyon sonucunda elde edilen sonuçlar incelendiğinde birinci senaryo için gezinen araç oranı ortalama %1 ve global maliyet değeri ortalama 0,5622 iken ikinci senaryo için bu değerler beklendiği gibi artmış ve sırasıyla %5 ve 0,9455 olarak elde edilmiştir. Sağ tarafta yer alan grafiklerde ise sırasıyla gezinen araç oranı ve global maliyet için her bir replikasyon sonucunda elde edilen değerler bir dağılım grafiği ile sunulmuştur. Burada, x -ekseninde ücret eşik değeri

ve y-ekseninde yürüme mesafesi eşik değeri yer alırken renk çubuğu sistem kullanım oranının değerine göre ölçeklendirilmiştir. Analizler tablosunda ise önceki sayfalarda sunulan çizelgelere benzer yapıda, elde edilen sonuçlara ilişkin performans parametreleri cinsinden analiz yapılmaktadır. Her iki senaryo için yan yana konumlandırılan sütunlarda ilgili performans ölçütlerinin değerleri yer almaktadır. Burada gri tonlarındaki satırlarda sistemi kullanıp ilgili parametreye ağırlık veren kullanıcılar için elde edilen ortalama, minimum ve maksimum değerler verilmektedir. Mavi tonlarındaki satırlarda sistemi kullanıp ilgili parametreye ağırlık vermeyen kullanıcılar için elde edilen ortalama, minimum ve maksimum değerler verilmektedir. Yeşil tonlarındaki satırlarda ise sistemi kullanmayarak rassal arama yapan araçlar için elde edilen ortalama, minimum ve maksimum değerler verilmektedir. Örneğin, sistemi kullanan ve yürüme mesafesine ağırlık veren araçlar için birinci senaryoda [0,0234, 1,2490] aralığında ortalama 0,4292 km yürüyüş mesafesi kat edilirken ikinci senaryo için bu değer [0,0248, 0,8986] aralığında ortalama 0,3909'dur. Bu durum ikinci senaryoda daha düşük yürüme mesafesi eşik değerinin olması ile açıklanabilir. Benzer bir yorum toplam ücret değerleri için de yapılabilir. Örneğin, sistemi kullanıp ücret parametresine ağırlık vermeyen araçlar için birinci senaryoda [0,4201, 34,2931] aralığında ortalama 10,6751 birim gözlemlenirken ikinci senaryoda [0,5818, 19,5733] aralığında ortalama 9,8916 birim ücret değeri elde edilmiştir.



Şekil 4.8. Örnek uygulamanın gösterimi

5. SONUÇ

Dünya nüfusu ve şehirleşmedeki artışla birlikte, özellikle büyük şehirlerde park yeri bulma problemi büyük bir ulaşım sorunu haline gelmektedir. Araştırmalar, şehir içi trafiğin yaklaşık %30'unun uygun park yeri bulmak amacıyla yapılan yolculuklardan kaynaklandığını göstermektedir. Dolayısıyla bu yolculuklar, araç/sürücü tarafında her yıl onlarca saatlik zaman kaybına neden olmakla birlikte yakıt tüketimini de önemli ölçüde arttırmaktadır. Ekstra yakıt tüketimi ise ciddi miktarda karbon salınımı ve çevre kirliliği artışına neden olmaktadır. Bu durum insan ve toplum sağlığını da önemli ölçüde tehdit etmektedir. Uygun bir park yerinin bulunması araç/sürücü tarafında zaman ve yakıt tasarrufu açısından büyük öneme sahipken trafik sıkışıklığı ve hava kirliliği de dikkate alındığında toplum ve çevre için daha kritik bir problem haline dönüşmektedir. Öte yandan, otopark yöneticileri tarafından problem ele alındığında park yerlerinin yüksek doluluk oranlarına sahip olması, beraberinde karlılığın arttırılması hedeflenmektedir. Problem, sistemi oluşturan tüm aktörler açısından ele alındığında park yönetim sistemlerinin oldukça karmaşık bir yapıya sahip olduğu söylenebilir.

Bu tez çalışmasında, akıllı şehirler için park yerlerinin uygunluğunun tahmini ile ajan-tabanlı bir park öneri mekanizmasını bütünlük bir şekilde içeren bir park yönetim sistemi önerilmektedir. Geliştirilen sistemde, rezervasyonlu araçlar ile rezervasyonsuz araçlar birlikte ele alınmaktadır. Park yerlerinin uygunluğunun tahmin edilmesi amacıyla, (i) ARIMA, (ii) SARIMA ve (iii) YSA olmak üzere literatürde yer alan farklı tahmin yöntemleri kullanılmaktadır. Öncelikle, bir defaya mahsus olmak üzere her bir yöntem için farklı model yapıları ile tahminler yapılmış ve en iyi model tasarımı bulunmuştur. Bütünlük yapı içerisinde ise söz konusu yöntemlerin en iyi tasarımları kullanılarak her bir otopark için park yeri uygunluğu yapılmakta ve elde edilen sonuçlar ortalama karesel hatalar cinsinden değerlendirilmektedir. En iyi performansa ait yöntem ile hesaplanan uygun kapasite değeri, park önerilerinin sunulduğu ajan-tabanlı park öneri sisteminin girdisi olarak ele alınmaktadır. Burada, farklı tipteki araçlar için maksimum faydalı park önerileri sunulmaktadır ve kalkış noktası ile hedef park yerleri arasındaki sürüş mesafesi/süresi, varış noktası ile hedef park yerleri arasındaki yürüme mesafesi, otopark ücreti, aday park yerleri etrafındaki trafiğe karşılık gelen yönlendirilen araç derecesi ve

park yerlerinin uygunluk derecesi parametreleri dikkate alınmaktadır. Mikro ölçekte, söz konusu fayda fonksiyonu parametrelerine verilen ağırlık cinsinden farklı kullanıcı davranışları ele alınmaktadır. Makro ölçekte ise sistemi oluşturan farklı aktörler (araçlar ve otoparklar) için farklı bakış açılarını yansıtacak şekilde yürüme mesafesi eşik değeri ve ücret eşik değerinin farklı değerleri için senaryolar oluşturulmuştur. Buna ek olarak, önerilen park yönetim sisteminin önemini ve gerekliliğini vurgulamak amacıyla, rezervasyonlu ve rezervasyonsuz araç tiplerine ek olarak önerilen sistemi kullanmayarak rassal arama yapan araçlar da ele alınmıştır. Uygun park yeri arayan araçların, geliştirilen sistemi kullanım oranları da yürüme mesafesi ve ücret eşik değerlerine ek olarak bir diğer senaryo parametresi olarak ele alınmıştır. Son olarak, önerilen yaklaşımın daha esnek bir şekilde kullanılabilmesi için bir kullanıcı arayüzü tasarlanmıştır. Böylece kullanıcılara farklı senaryolar oluşturma ve bu senaryolar için simülasyon yaparak elde edilen sonuçları karşılaştırmalı olarak yorumlama imkanı sunulmaktadır. Geliştirilen yöntemin geçerliliğinin sınanması amacıyla uygulama aşamasında, San Francisco'da yapılan SFpark projesinin veri seti kullanılmıştır. Söz konusu veri seti kullanılarak farklı senaryolar için elde edilen sonuçlar çeşitli performans parametrelerine göre analiz edilmiştir. Burada, öncelikle sisteme daha yukarıdan bakan bir yaklaşımla farklı senaryolar için gezinen araç oranı ve global maliyet değeri olmak üzere iki farklı performans parametresi ele alınmıştır. Beklendiği üzere, sistem kullanım oranındaki artış ve yürüme mesafesi ile ücret eşik değerlerindeki yüksek limitlerle birlikte daha düşük gezinen araç oranı ve global maliyet değerleri gözlenmiştir. Her bir senaryo için fayda fonksiyonu parametreleri ile ilişkilendirilen performans parametreleri (sürüş süresi, sürüş mesafesi, yürüyüş mesafesi, park ücreti, rezervasyon ücreti, toplam ücret, yönlendirilen araç derecesi ve uygunluk derecesi) için performans skorları hesaplanmıştır. Kullanıcıların ilgili kriterlere ağırlık vermesi/vermemesi ve araçların önerilen park yönetim sistemini kullanıp/kullanmaması olmak üzere farklı durumlar için bu performans parametrelerinin ortalama, minimum ve maksimum değerleri analiz edilmiştir. Beklendiği üzere özellikle senaryo parametresi olan eşik değerlerdeki azalışlar ilgili performans ölçütlerinde iyileştirmelere neden olmuştur.

Çalışma kapsamında, park öneri sistemi çerçevesinde birbirinden bağımsız iki ayrı kurgu geliştirilmiştir. Kurgu – 1 olarak sunulan yapı kesikli-olay simülasyonu olarak

kurgulanarak sisteme daha yukarıdan bakmaktadır ve olay-tabanlı bir yapı ile park süreci simüle edilmektedir. Bu kurguda araç ve otopark olmak üzere iki tip ajan yer almaktadır. Tahmin modülü ve ajan-tabanlı park öneri modülüne ek olarak, senaryo oluşturma, analiz yapma ve fayda fonksiyonu parametrelerini hesaplama gibi birtakım yardımcı işlemleri gerçekleştiren modüller de yer almaktadır. Kurgu – 2 olarak adlandırılan yapı ise dinamik trafik koşullarının da dikkate alındığı ve sürekli-zaman simülasyonu olarak geliştirilen sistemdir. Burada, dinamik yol ağı üzerinde araçların özellikleri ve trafik durumu da dikkate alındığından Kurgu – 1'e kıyasla sistem daha derinden ele alınmaktadır. Dolayısıyla, araç ve otopark ajanlarına ek olarak yol ağı ajanı da sisteme dahil edilmiştir. Araçların bu ağ üzerinde izledikleri rota optimize edilmekte ve araçların park kararları dinamik trafik koşulları dikkate alınarak olarak verilmektedir. Kurgu – 1'de yer alan modüllere ek olarak bu yapıda rotalama modülü de geliştirilmiştir.

Tez çalışması kapsamında önerilen yaklaşım, yerel ve merkezi yönetimlerin ulaşım planlamasında bir karar destek aracı olarak kullanılabilir. Böylelikle, uygun park yeri arayan araçların neden olduğu yolculuklar azaltılarak hem yakıt tüketiminde hem de trafikte harcanan sürelerde azalışlar beklenmektedir. Yakıt tüketimindeki düşüşle birlikte karbon emisyonunun ve çevre kirliliğinin azaltılmasına olanak sağlanacaktır. Ortalama bir binek araç bir kara mili (1,6 km) başına yaklaşık 400 gram karbondioksit yaymaktadır (United States Environmental Protection Agency, 2016). Tez çalışması kapsamında ele alınan veri seti özelinde değerlendirildiğinde ise örneğin, Kurgu – 1'de ele alınan bölgede otoparklar arası mesafe ortalama 0,6 km ve maksimum 1,6 km'dir. Dolayısıyla bu bölgede uygun bir park yeri bulmak amacıyla aday park yerleri arasında gezinen ve bölgede bir tam tur atan bir aracın yaklaşık bir kara mili mesafe katettiği, 400 gram karbondioksit yaydığı varsayılabilir. Söz konusu kurgu için oluşturulan her bir senaryoda ortalama 360 adet aracın sisteme giriş yaptığı göz önünde bulundurulduğunda ise bu araçların uygun bir park yeri bulamaması yaklaşık 144 kg ekstra karbondioksit emisyonuna neden olacaktır. Önerilen park yönetim sisteminin kullanımının artması ile birlikte gezinen araç oranındaki azalışlar söz konusu karbondioksit emisyonunu da ciddi oranda azaltacaktır. Örneğin, gezinen araç oranının %10 seviyesinin altına düştüğü senaryolarda karbon emisyonu da yaklaşık 130 kg azalacaktır. Bunlara ek olarak, faydalı bir şekilde yönetilen

bir park sisteminin insan ve toplum sağlığı için de önemli katkıları olacağı düşünülmektedir.

Bu tez çalışmasının literatüre olan katkısı; (i) park tahmini ve önerisinin bütünleşik yapı altında entegre edilmesi, (ii) rezervasyonlu ve rezervasyonsuz araçlar ile rassal arama yapan araçların birlikte ele alınması, (iii) mikro ölçekte fayda fonksiyonu parametrelerine verilen ağırlık cinsinden farklı kullanıcı davranışlarının ele alınması ve (iv) makro ölçekte ise sistemi oluşturan farklı aktörler (araçlar ve otoparklar) için farklı bakış açılarını yansıtacak şekilde yürüme mesafesi eşik değeri, ücret eşik değeri ve sistem kullanım oranının farklı değerleri için farklı senaryoların dikkate alınması ile birlikte elde edilen sonuçların analiz edilmesidir. Yürüyüş rotasının da geliştirilen rotalama modülü kapsamında Dijkstra algoritması ile belirlenmesi çalışmanın özgün yanlarından bir diğerini oluşturmaktadır.

Gelecek çalışmalarda, günlük hayat içerisinde hızla sayısı artan elektrikli ve/veya hibrit araçlar gibi farklı araç tipleri de sisteme entegre edilebilir. Böylece araçların şarj kararları da park problemi çerçevesinde ele alınabilir. Otoparklar tarafında ise şarj alt yapısına sahip park yeri sayısı ve bu park yerlerinin uygunluğu dikkate alınarak park kararları verilebilir. Araçların rezervasyon ve park ücretine ek olarak şarj hizmeti alması durumunda ödeyecekleri ücret de fayda fonksiyonu parametresi olarak ele alınabilir. Öte yandan, araçların kalan şarjlarıyla ilişkili olarak kat edebilecekleri menzile bağlı olarak rotalama kararları verilebilir. Bir diğer gelecek çalışma alanı, bireyler tarafından kullanılan özel araçlara ek olarak filo olarak yönetilen paylaşımlı araç kurgularının park yönetim sistemine dahil edilmesi olabilir. Gelecekte, paylaşımlı araçların günlük hayatta daha önemli bir yer alacağı tahmin edilmektedir. Fütürist yazar Roberto Vacca tarafından geleceğin şehirlerinde mobilitenin nasıl olacağı hakkında şu şekilde bir gelecek vizyonu çizilmiştir: (i) zel araçların %90'ı trafikten kalkarak yerini araç kiralama filoları alacaktır. Bu filoların sayısı da günümüzde şehirlerde kullanılan toplam filo sayısının %10'u kadar olacaktır. (ii) Sürücüsüz araçlar ücret karşılığında ortak kullanıma açılacak ve demeler kredi kartı ile yapılabilecektir. Kredi kartları bankalar ile servis merkezleri arasında mobil bağlantı kurabilecektir. (iii) Belirli bir anda müsait olan araçların bulunduğu yer, mobil cihazlar ve internet aracılığıyla gerçek zamanlı olarak haritalar

üzerinde görüntülenebilecektir. (iv) Yolcular varış noktasına gelince aracı terk edecekler, araçlar ise kendi kendine park edebileceklerdir. Aracın park edildiği yer, depoda kalan benzin, bir arıza olup olmadığı otomatik servis merkezine bildirilecek ve banka ile merkez arasındaki bilgiye göre ücret kesilecektir. (v) Serviste çalışan kişi arabanın olduğu park yerine giderek benzin tankı ile arabaya yakıt ikmali yapacak, dolayısıyla günümüzdeki akaryakıt istasyonları ortadan kalkacaktır. (vi) Özel arabaların kullanımını azalacak ve evden eve, evden iş yerine, evden alışveriş merkezine gibi uygulamalarla sürücüsüz, elektrikli, kapıdan kapıya araç servisleri gelişecektir. Dolayısıyla, toplu taşıma durakları ortadan kalkacaktır (Akıllı Ulaşım Sistemleri Derneği, 2017). Gelecek çalışmalarda, paylaşımlı araçların dikkate alınmasıyla birlikte araç kiralama ücreti de bir fayda fonksiyonu parametresi olarak ele alınabilir. Filo olarak yönetilen bu paylaşımlı araçların park kararları verilirken aracın bırakıldığı parkın lokasyonuna bağlı olarak araç kira ücretinde değişikliğe gidilebilir. Örneğin, kullanıcının varış noktasına daha uzak fakat nispeten daha merkezi bir konuma aracın park edilmesi, gelecek potansiyel talepleri arttırabileceğinden filo yöneticisi açısından daha avantajlı bir durum olabilir. Burada daha merkezi bir yere park edilmesi durumunda sürücünden daha düşük hizmet bedeli alınarak, sürücünün de varış noktasına ulaşmak için daha uzun süren bir yürüyüş mesafesine katlanması sağlanabilir. Böylece, sürücü tarafında daha düşük bir araç kirası ödendiğinden, filo yöneticisi tarafında da aracın boшта kalma maliyeti azalacağından, her iki taraf için de tercih edilen ve faydalı bir çözüm bulunmuş olacaktır. Benzer şekilde, otonom (sürücüsüz) araç tipinin de ele alınması ile çalışmanın kapsamı genişletilebilir ve bu araçların yolcu taşımadığı durumlarda yeniden konumlandırma kararlarının park yönetim sistemi çerçevesinde ele alınması da başka bir gelecek çalışma konusu olabilir. Aracın yeniden konumlandırılacağı parkın lokasyonuna bağlı olarak boшта kaldığı süre içerisinde trafikte kat ettiği mesafe, ilgili otoparkın ücreti, bırakılan konuma bağlı olarak kullanıcıdan alınacak kiralama ücreti park kararlarının verilmesinde kritik öneme sahip parametrelerdir. Yakın gelecekte, her bir paylaşımlı-otonom aracın, yaklaşık 11 özel aracın yerini alacağı tahmin edilmektedir (Fagnant ve Kockelman, 2016). Dolayısıyla, bu araçların kullanımının ardından bir sonraki kullanıma kadar nerede konumlandırılacağı şehir içi trafik yoğunluğunu önemli ölçüde etkileyecektir. Sistemi oluşturan tüm aktörler için maksimum faydalı park kararlarının sunulması toplum ve çevre için önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Akıllı Ulaşım Sistemleri Derneği. (2017). *Akıllı Ulaşım Otomasyonunda Yasal Çerçeve ve Düzenleyici Politikalar: AB ve Türkiye’de Durum*. T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı.
- An, S. H., Lee, B. H., & Shin, D. R. (2011). A survey of intelligent transportation systems. *2011 Third International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks* (pp. 332-337). IEEE. <https://doi.org/10.1109/cicsyn.2011.76>
- Arjona, J., Linares, M., Casanovas-Garcia, J., & Vazquez, J. J. (2020). Improving parking availability information using deep learning techniques. *Transportation Research Procedia*, 47, 385-392. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.113>
- Auer, A., Feese, S., Lockwood, S., & Hamilton, B. A. (2016). *History of intelligent transportation systems* (No. FHWA-JPO-16-329). United States. Department of Transportation. Intelligent Transportation Systems Joint Program Office.
- Awan, F. M., Saleem, Y., Minerva, R., & Crespi, N. (2020). A comparative analysis of machine/deep learning models for parking space availability prediction. *Sensors*, 20(1), 322. <https://doi.org/10.3390/s20010322>
- Ayala, D., Wolfson, O., Xu, B., Dasgupta, B., & Lin, J. (2011). Parking slot assignment games. *Proceedings of the 19th ACM SIGSPATIAL international conference on advances in geographic information systems* (pp. 299-308). <https://doi.org/10.1145/2093973.2094014>
- Aydin, I., Karakose, M., & Karakose, E. (2017). A navigation and reservation based smart parking platform using genetic optimization for smart cities. *2017 5th International Istanbul Smart Grid and Cities Congress and Fair (ICSG)* (pp. 120-124). IEEE. <https://doi.org/10.1109/sgcf.2017.7947615>
- Badham, J., Chattoe-Brown, E., Gilbert, N., Chalabi, Z., Kee, F., & Hunter, R. F. (2018). Developing agent-based models of complex health behaviour. *Health & place*, 54, 170-177. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2018.08.022>
- Badii, C., Nesi, P., & Paoli, I. (2018). Predicting available parking slots on critical and regular services by exploiting a range of open data. *IEEE Access*, 6, 44059-44071. <https://doi.org/10.1109/access.2018.2864157>
- Balmer, M., Weibel, R., & Huang, H. (2021). Value of incorporating geospatial information into the prediction of on-street parking occupancy—A case study. *Geospatial Information Science*, 24(3), 438-457. <https://doi.org/10.1080/10095020.2021.1937337>
- Belkhala, S., Benhadou, S., Boukhdar, K., & Medromi, H. (2019). Smart parking architecture based on multi agent system. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(3), 378-382. <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2019.0100349>
- Benenson, I., Martens, K., & Birfir, S. (2008). PARKAGENT: An agent-based model of parking in the city. *Computers, Environment and Urban Systems*, 32(6), 431-439. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2008.09.011>
- Bonabeau, E. (2002). Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. *Proceedings of the national academy of sciences*, 99(suppl_3), 7280-7287. <https://doi.org/10.1073/pnas.082080899>

- Boudali, I., & Ouada, M. B. (2017). Smart parking reservation system based on distributed multicriteria approach. *Applied Artificial Intelligence*, 31(5-6), 518-537. <https://doi.org/10.1080/08839514.2017.1378275>
- Boussaada, Z., Curea, O., Remaci, A., Camblong, H., & Mrabet Bellaaj, N. (2018). A nonlinear autoregressive exogenous (NARX) neural network model for the prediction of the daily direct solar radiation. *Energies*, 11(3), 620. <https://doi.org/10.3390/en11030620>
- Box, G.E.P., & Jenkins, G.M. (1976). *Time series analysis: Forecasting and control*. Holden-Day, San Francisco.
- Caliskan, M., Barthels, A., Scheuermann, B., & Mauve, M. (2007). Predicting parking lot occupancy in vehicular ad hoc networks. *2007 IEEE 65th Vehicular Technology Conference-VTC2007-Spring* (pp. 277-281). IEEE. <https://doi.org/10.1109/vetecs.2007.69>
- Camero, A., Toutouh, J., Stolfi, D. H., & Alba, E. (2019). Evolutionary deep learning for car park occupancy prediction in smart cities. *Learning and Intelligent Optimization: 12th International Conference, LION 12, Kalamata, Greece, June 10–15, 2018, Revised Selected Papers 12* (pp. 386-401). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05348-2_32
- Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of urban technology*, 18(2), 65-82. <https://doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>
- Chang, A. S., & Kalawsky, R. S. (2017). European transport sector interventions for smart city. *2017 7th International Conference on Power Electronics Systems and Applications-Smart Mobility, Power Transfer & Security (PESA)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/pesa.2017.8277778>
- Chou, S. Y., Lin, S. W., & Li, C. C. (2008). Dynamic parking negotiation and guidance using an agent-based platform. *Expert Systems with applications*, 35(3), 805-817. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.07.042>
- Cookson, G. (2019). Parking pain – INRIX offers a silver bullet, *INRIX*, <http://inrix.com/blog/2017/07/parkingsurvey/>
- Dal, M., & Özdemir, Y. (2020). Dijital Çağda Neden Bir Kent Sürdürülebilir Akıllı Şehir Olmalıdır?. *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*, 2(2), 205-215. <https://doi.org/10.47898/ijeased.728019>
- Deakin, M., & Al Waer, H. (2011). From intelligent to smart cities. *Intelligent Buildings International*, 3(3), 140–152. <https://doi.org/10.1080/17508975.2011.586671>
- Di Napoli, C., Di Nocera, D., & Rossi, S. (2014). Negotiating parking spaces in smart cities. *Proceeding of the 8th International Workshop on Agents in Traffic and Transportation, in conjunction with AAMAS*.
- Di Nocera, D., Di Napoli, C., & Rossi, S. (2014). A Social-Aware Smart Parking Application. *WOA*.
- Diaconu, E., Andrei, H., Puchianu, D., & Predusca, G. (2013). Advanced software system for optimization of car parking services in urban area. *2013 8TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ADVANCED TOPICS IN ELECTRICAL ENGINEERING (ATEE)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/atee.2013.6563510>
- Dijkstra, E.W. (1959). A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische Mathematik*, 1, 269-271. <https://doi.org/10.1007/bf01386390>
- Enriquez, F., Soria, L. M., Alvarez-Garcia, J. A., Velasco, F., & Deniz, O. (2017). Existing approaches to smart parking: An overview. *Smart Cities: Second International Conference, Smart-CT 2017, Málaga, Spain, June 14-16, 2017*,

- Proceedings 2* (pp. 63-74). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59513-9_7
- Erkek, S. (2017). ‘Akıllı şehircilik’ anlayışı ve belediyelerin inovatif uygulamaları. *Medeniyet ve Toplum Dergisi*, *1*(1), 55-72.
- Errouso, H., Abdellaoui Alaoui, E. A., Benhadou, S., & Medromi, H. (2022). Exploring how independent variables influence parking occupancy prediction: toward a model results explanation with SHAP values. *Progress in Artificial Intelligence*, *11*(4), 367-396. <https://doi.org/10.1007/s13748-022-00291-5>
- Fabusuyi, T., Hampshire, R. C., Hill, V. A., & Sasanuma, K. (2014). Decision analytics for parking availability in downtown Pittsburgh. *Interfaces*, *44*(3), 286-299. <https://doi.org/10.1287/inte.2014.0743>
- Fagnant, D. J., & Kockelman, K. M. (2018). Dynamic ride-sharing and fleet sizing for a system of shared autonomous vehicles in Austin, Texas. *Transportation*, *45*, 143-158. <https://doi.org/10.1007/s11116-016-9729-z>
- Farag, M. S., Mohie-Eldin, M. M., & El Shenbary, H. A. (2017). Smart Parking Guidance Using Optimal Cost Function. *Computer and Information Science*, *10*(1), 48-53. <https://doi.org/10.5539/cis.v10n1p48>
- Fokker, E. S., Koch, T., van Leeuwen, M., & Dugundji, E. R. (2022). Short-term forecasting of off-street parking occupancy. *Transportation Research Record*, *2676*(1), 637-654. <https://doi.org/10.1177/03611981211036373>
- Geng, Y., & Cassandras, C. G. (2011a). A new “smart parking” system based on optimal resource allocation and reservations. *2011 14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)* (pp. 979-984). IEEE. <https://doi.org/10.1109/itsc.2011.6082832>
- Geng, Y., & Cassandras, C. G. (2011b). Dynamic resource allocation in urban settings: A “smart parking” approach. *2011 IEEE International Symposium on Computer-Aided Control System Design (CACSD)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/cacsd.2011.6044566>
- Geng, Y., & Cassandras, C. G. (2012). A new “smart parking” system infrastructure and implementation. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *54*, 1278-1287. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.842>
- Heath, B., Hill, R., & Ciarallo, F. (2009). A survey of agent-based modeling practices (January 1998 to July 2008). *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, *12*(4), 9.
- Inam, S., Mahmood, A., Khatoon, S., Alshamari, M., & Nawaz, N. (2022). Multisource data integration and comparative analysis of machine learning models for on-street parking prediction. *Sustainability*, *14*(12), 7317. <https://doi.org/10.3390/su14127317>
- Ionita, A., Pomp, A., Cochez, M., Meisen, T., & Decker, S. (2018). Where to park? predicting free parking spots in unmonitored city areas. *Proceedings of the 8th International Conference on Web Intelligence, Mining and Semantics* (pp. 1-12). <https://doi.org/10.1145/3227609.3227648>
- Jin, C., Wang, L., Shu, L., Feng, Y., & Xu, X. (2012). A fairness-aware smart parking scheme aided by parking lots. *2012 IEEE International Conference on Communications (ICC)* (pp. 2119-2123). IEEE. <https://doi.org/10.1109/icc.2012.6364635>
- Jioudi, B., Amari, A., Moutaouakkil, F., & Medromi, H. (2019). e-parking: Multi-agent smart parking platform for dynamic pricing and reservation sharing service.

- International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(11).
<https://doi.org/10.14569/ijacsa.2019.0101148>
- Kasera, R. K., & Acharjee, T. (2022). Parking slot occupancy prediction using LSTM. *Innovations in Systems and Software Engineering*, 1-13.
<https://doi.org/10.1007/s11334-022-00481-3>
- Katanalp, B. Y., Yıldırım, Z. B., Eren, E., & Uz, V. E. (2018). Akıllı Ulaşım Sistemleri Üzerine Bir Değerlendirme. *2nd International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies, SETSCI Conference Indexing System* (Vol. 3, pp. 1503-1506).
- Kuhail, M. A., Boorlu, M., Padarhi, N., & Rottinghaus, C. (2019). Parking availability forecasting model. *2019 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)* (pp. 619-625). IEEE. <https://doi.org/10.1109/isc246665.2019.9071688>
- Li, B. (2022). Stochastic modeling and adaptive forecasting for parking space availability with drivers' time-varying arrival/departure behavior. *Transportation Research Part B: Methodological*, 166, 313-332. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2022.10.014>
- Li, J., Li, J., & Zhang, H. (2018). Deep learning based parking prediction on cloud platform. *2018 4th International Conference on Big Data Computing and Communications (BIGCOM)* (pp. 132-137). IEEE. <https://doi.org/10.1109/bigcom.2018.00028>
- Lin, T. S. (2015). *Smart parking: network, infrastructure and urban service* (Doctoral dissertation, Lyon, INSA).
- Lin, T., Horne, B. G., Tino, P., & Giles, C. L. (1996). Learning long-term dependencies in NARX recurrent neural networks. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 7(6), 1329-1338. <https://doi.org/10.1109/72.548162>
- Lin, T., Rivano, H., & Le Mouel, F. (2017). A survey of smart parking solutions. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 18(12), 3229-3253. <https://doi.org/10.1109/tits.2017.2685143>
- Lin, Y., Wang, P., & Ma, M. (2017). Intelligent transportation system (ITS): Concept, challenge and opportunity. *2017 IEEE 3rd International Conference on Big Data Security on Cloud (BigDataSecurity), IEEE International Conference on High Performance and Smart Computing, (HPSC) and IEEE International Conference on Intelligent Data and Security (IDS)* (pp. 167-172). IEEE. <https://doi.org/10.1109/bigdatasecurity.2017.50>
- Lu, E. H. C., & Liao, C. H. (2020). Prediction-based parking allocation framework in urban environments. *International Journal of Geographical Information Science*, 34(9), 1873-1901. <https://doi.org/10.1080/13658816.2020.1721503>
- Macal, C., & North, M. (2014). Introductory tutorial: Agent-based modeling and simulation. *Proceedings of the winter simulation conference 2014* (pp. 6-20). IEEE. <https://doi.org/10.1109/wsc.2014.7019874>
- Mainetti, L., Patrono, L., Stefanizzi, M. L., & Vergallo, R. (2015). A Smart Parking System based on IoT protocols and emerging enabling technologies. *2015 IEEE 2nd World Forum on Internet of Things (WF-IoT)* (pp. 764-769). IEEE. <https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2015.7389150>
- Manville, M., & Shoup, D. (2005). Parking, people, and cities. *Journal of urban planning and development*, 131(4), 233-245. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9488\(2005\)131:4\(233\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9488(2005)131:4(233))

- Mei, Z., Feng, C., Ding, W., Zhang, L., & Wang, D. (2019). Better lucky than rich? Comparative analysis of parking reservation and parking charge. *Transport Policy*, 75, 47-56. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.01.001>
- Mei, Z., Feng, C., Kong, L., Zhang, L., & Chen, J. (2020). Assessment of different parking pricing strategies: A simulation-based analysis. *Sustainability*, 12(5), 2056. <https://doi.org/10.3390/su12052056>
- Mei, Z., Zhang, W., Zhang, L., & Wang, D. (2020). Optimization of reservation parking space configurations in city centers through an agent-based simulation. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 99, 102020. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2019.102020>
- Mejri, N., Ayari, M., Langar, R., & Saidane, L. (2016). Reservation-based multi-objective smart parking approach for smart cities. *2016 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISC2.2016.7580840>
- Meriç, E. B. (2018). Akıllı ulaşım sistemleri (AUS) ve kalkınma ajansları. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 1(2), 33-55.
- Morell, J. Á., Dahi, Z. A., Chicano, F., Luque, G., & Alba, E. (2023). Time Series Forecasting for Parking Occupancy: Case Study of Malaga and Birmingham Cities. *International Conference on Optimization and Learning* (pp. 368-379). Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-34020-8_28
- Mouskos, K. C., Tsvantzis, J., Bernstein, D., & Sansil, A. (2000). Mathematical formulation of a deterministic parking reservation system (prs) with fixed costs. *2000 10th Mediterranean Electrotechnical Conference. Information Technology and Electrotechnology for the Mediterranean Countries. Proceedings. MeleCon 2000 (Cat. No. 00CH37099)* (Vol. 2, pp. 648-651). IEEE. <https://doi.org/10.1109/melcon.2000.880017>
- Mufida, M. K., Ait El Cadi, A., Delot, T., Trepanier, M., & Zekri, D. (2023). Spatiotemporal Clustering of Parking Lots at the City Level for Efficiently Sharing Occupancy Forecasting Models. *Sensors*, 23(11), 5248. <https://doi.org/10.3390/s23115248>
- Najmi, A., Bostanara, M., Gu, Z., & Rashidi, T. H. (2021). On-street parking management and pricing policies: An evaluation from a system enhancement perspective. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 146, 128-151. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.02.009>
- Ni, X. Y., & Sun, D. J. (2017). Agent-based modelling and simulation to assess the impact of parking reservation system. *Journal of Advanced Transportation*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/2576094>
- Nohutçu, A., & Akpınar, A. (2022). Türkiye'de yerel yönetimler akıllı şehirler için ne kadar hazır?: Politika belgeleri üzerinden bir inceleme. *Pamukkale University Journal of Social Sciences Institute*, (48), 1-21. <https://doi.org/10.30794/pausbed.941342>
- Noor, S., Hasan, R., & Arora, A. (2017). ParkBid: An incentive based crowdsourced bidding service for parking reservation. *2017 IEEE International Conference on Services Computing (SCC)* (pp. 60-67). IEEE. <https://doi.org/10.1109/scc.2017.16>
- North, M. J., & Macal, C. M. (2007). *Managing business complexity: discovering strategic solutions with agent-based modeling and simulation*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195172119.001.0001>
- Pflugler, C., Kohn, T., Schreieck, M., Wiesche, M., & Krcmar, H. (2016). Predicting the availability of parking spaces with publicly available data. *Informatik*, 2016.

- Provoost, J. C., Kamilaris, A., Wismans, L. J., Van Der Drift, S. J., & Van Keulen, M. (2020). Predicting parking occupancy via machine learning in the web of things. *Internet of Things*, 12, 100301. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100301>
- Rajabioun, T., & Ioannou, P. A. (2015). On-street and off-street parking availability prediction using multivariate spatiotemporal models. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 16(5), 2913-2924. <https://doi.org/10.1109/tits.2015.2428705>
- Rand, W., & Rust, R. T. (2011). Agent-based modeling in marketing: Guidelines for rigor. *International Journal of research in Marketing*, 28(3), 181-193. <https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2011.04.002>
- Rehena, Z., Mondal, M. A., & Janssen, M. (2018). A multiple-criteria algorithm for smart parking: making fair and preferred parking reservations in smart cities. *Proceedings of the 19th Annual International Conference on Digital Government Research: Governance in the Data Age* (pp. 1-9). <https://doi.org/10.1145/3209281.3209318>
- Richter, F., Di Martino, S., & Mattfeld, D. C. (2014). Temporal and spatial clustering for a parking prediction service. *2014 IEEE 26th International Conference on Tools with Artificial Intelligence* (pp. 278-282). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ictai.2014.49>
- Rizvi, S. R., Zehra, S., & Olariu, S. (2018). Aspire: An agent-oriented smart parking recommendation system for smart cities. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 11(4), 48-61. <https://doi.org/10.1109/mits.2018.2876569>
- San Francisco Municipal Transportation Agency (SFMTA). (2013). *SFpark Evaluation* [Data set]. <https://www.sfmta.com/getting-around/drive-park/demand-responsive-pricing/sfpark-evaluation>
- Saric, A., Mihaljevic, B. (2017). Smart parking system in the city of Dubrovnik. *RIThink Multidisciplinary Online Journal*, 6.
- Schrank, D., Lomax, T. (2007). *The 2007 Urban Mobility Report*, Texas Transportation Institute, The Texas A and B University System.
- Shaikh, S., & Yayilgan, S. Y. (2023). Developing an Agent-Based Simulation Model for Predicting Technology Acceptance at Border Crossing Points. *2023 9th International Conference on Automation, Robotics and Applications (ICARA)* (pp. 373-378). IEEE. <https://doi.org/10.1109/icara56516.2023.10125714>
- 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>
- Shin, J. H., & Jun, H. B. (2014). A study on smart parking guidance algorithm. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 44, 299-317. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2014.04.010>
- Shoup, D. C. (2006). Cruising for parking. *Transport policy*, 13(6), 479-486. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2006.05.005>
- Siegelmann, H. T., Horne, B. G., & Giles, C. L. (1997). Computational capabilities of recurrent NARX neural networks. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 27(2), 208-215. <https://doi.org/10.1109/3477.558801>
- Stolfi, D. H., Alba, E., & Yao, X. (2017). Predicting car park occupancy rates in smart cities. *Smart Cities: Second International Conference, Smart-CT 2017, Málaga, Spain, June 14-16, 2017, Proceedings 2* (pp. 107-117). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59513-9_11

- Stolfi, D. H., Alba, E., & Yao, X. (2020). Can I park in the city center? Predicting car park occupancy rates in smart cities. *Journal of Urban Technology*, 27(4), 27-41. <https://doi.org/10.1080/10630732.2019.1586223>
- T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı. (2014). *Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi (2014-2023) ve Eki Eylem Planı (2014-2016)*.
- Taherkhani, M. A., Kawaguchi, R., Shirmohammad, N., & Sato, M. (2016). BlueParking: An IoT based parking reservation service for smart cities. *Proceedings of the second international conference on IoT in urban space* (pp. 86-88). <https://doi.org/10.1145/2962735.2962739>
- Tamrazian, A., Qian, Z., & Rajagopal, R. (2015). Where is my parking spot? Online and offline prediction of time-varying parking occupancy. *Transportation Research Record*, 2489(1), 77-85. <https://doi.org/10.3141/2489-09>
- Tasseron, G., & Martens, K. (2017). Urban parking space reservation through bottom-up information provision: An agent-based analysis. *Computers, Environment and Urban Systems*, 64, 30-41. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.01.002>
- Tavafoghi, H., Poolla, K., & Varaiya, P. (2019). A queuing approach to parking: Modeling, verification, and prediction. *arXiv preprint arXiv:1908.11479*.
- Teng, H., Falcocchio, J. C., Lapp, F., Price, G. A., Prassas, S., & Kolsal, A. (2001). Parking information and technology for a parking information system. *Transportation Research Board 80th Annual Meeting*.
- Tiedemann, T., Vogeles, T., Krell, M. M., Metzen, J. H., & Kirchner, F. (2015). Concept of a Data Thread Based Parking Space Occupancy Prediction in a Berlin Pilot Region. *AAAI Workshop: AI for Transportation*.
- Tilahun, S. L., & Di Marzo Serugendo, G. (2017). Cooperative multiagent system for parking availability prediction based on time varying dynamic Markov chains. *Journal of Advanced Transportation*, 2017, 1-14. <https://doi.org/10.1155/2017/1760842>
- Turgut, Y., & Bozdogan, C. E. (2023). A framework proposal for machine learning-driven agent-based models through a case study analysis. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 123, 102707. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2022.102707>
- United States Environmental Protection Agency. (2016). *Tailpipe Greenhouse Gas Emissions from a Typical Passenger Vehicle*. <https://www.epa.gov/greenvehicles/>
- Ünsal, Ö., & Avcı, S. (2023). Akıllı Şehir Tartışmaları Üzerine Bir Değerlendirme ve Türkiye. *Mavi Atlas*, 11(1), 87-104. <https://doi.org/10.18795/gumusmaviatlas.1229850>
- Vargas-Perez, V. A., Mesejo, P., Chica, M., & Cordon, O. (2023). Deep reinforcement learning in agent-based simulations for optimal media planning. *Information Fusion*, 91, 644-664. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2022.10.029>
- Vlahogianni, E. I., Kepaptsoglou, K., Tsetsos, V., & Karlaftis, M. G. (2016). A real-time parking prediction system for smart cities. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 20(2), 192-204. <https://doi.org/10.1080/15472450.2015.1037955>
- White, P. (2007). *No Vacancy: Park Slopes Parking Problem And How to Fix It*. <http://www.transalt.org/newsroom/releases/126>.
- Wu, E. H. K., Sahoo, J., Liu, C. Y., Jin, M. H., & Lin, S. H. (2014). Agile urban parking recommendation service for intelligent vehicular guiding system. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 6(1), 35-49. <https://doi.org/10.1109/mits.2013.2268549>

- Xiao, J., Lou, Y., & Frisby, J. (2018). How likely am I to find parking?—A practical model-based framework for predicting parking availability. *Transportation Research Part B: Methodological*, *112*, 19-39. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2018.04.001>
- Xiao, X., Jin, Z., Hui, Y., Xu, Y., & Shao, W. (2021). Hybrid spatial-temporal graph convolutional networks for on-street parking availability prediction. *Remote Sensing*, *13*(16), 3338. <https://doi.org/10.3390/rs13163338>
- Xie, H., Tang, H., & Liao, Y. H. (2009). Time series prediction based on NARX neural networks: An advanced approach. *2009 International Conference on Machine Learning and Cybernetics* (Vol. 3, pp. 1275-1279). IEEE. <https://doi.org/10.1109/icmlc.2009.5212326>
- Yang, B., Yuan, Z., Yang, Y., Yin, R., & Wang, Y. (2017). The study on allocation model of shared parking slots in multi-parking lots. *2017 5th International Conference on Mechatronics, Materials, Chemistry and Computer Engineering (ICMMCCE 2017)* (pp. 457-465). Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/icmmcce-17.2017.87>
- Yang, S., Ma, W., Pi, X., & Qian S. (2019). A deep learning approach to real-time parking occupancy prediction in transportation networks incorporating multiple spatio-temporal data sources. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *107*, 248-265. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.08.010>
- Yardımcı, M., & Akyıldız, G. (2005). Akıllı Ulaştırma Sistemleri ve Türkiyedeki Uygulamalar. *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Ulaştırma Kongresi Bildiriler Kitabı* (pp. 405-414).
- Yin, C., Xiong, Z., Chen, H., Wang, J., Cooper, D., & David, B. (2015). A literature survey on smart cities. *Science China Information Sciences*, *58*(10), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s11432-015-5397-4>
- Zajam, A., & Dholay, S. (2018). Detecting efficient parking space using smart parking. *2018 9th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)* (pp. 1-7). IEEE. <https://doi.org/10.1109/icccnt.2018.8493964>
- Zeng, C., Ma, C., Wang, K., & Cui, Z. (2022). Parking occupancy prediction method based on multi factors and stacked GRU-LSTM. *IEEE Access*, *10*, 47361-47370. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3171330>
- Zhang, S. Y., & Zhang, S. M. (2017). Research on remodeling of public parking lot in Hangzhou's old city communities. *Modern City 2017*, *1*, 15–18.
- Zhang, W., Gao, F., Sun, S., Yu, Q., Tang, J., & Liu, B. (2020). A distribution model for shared parking in residential zones that considers the utilization rate and the walking distance. *Journal of advanced transportation*, *2020*, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2020/6147974>
- Zhao, P., Guan, H., & Wang, P. (2020). Data-driven robust optimal allocation of shared parking spaces strategy considering uncertainty of public users' and owners' arrival and departure: an agent-based approach. *IEEE Access*, *8*, 24182-24195. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2969987>
- Zhao, P., Guan, H., Wang, P., & Yan, H. (2020). Evaluation of environmental benefits caused by reservation-based shared parking: a case study of Beijing, China. *IEEE Access*, *9*, 3744-3751. <https://doi.org/10.1109/access.2020.3039437>
- Zhao, X., Zhao, K., & Hai, F. (2014). An algorithm of parking planning for smart parking system. *Proceeding of the 11th World Congress on Intelligent Control and Automation* (pp. 4965-4969). IEEE. <https://doi.org/10.1109/wcica.2014.7053556>

- Zhao, Z., Zhang, Y., & Zhang, Y. (2020). A comparative study of parking occupancy prediction methods considering parking type and parking scale. *Journal of Advanced Transportation*, 2020, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2020/5624586>
- Zheng, Y., Rajasegarar, S., & Leckie, C. (2015). Parking availability prediction for sensor-enabled car parks in smart cities. *2015 IEEE Tenth International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/issnip.2015.7106902>
- Ziat, A., Leroy, B., Baskiotis, N., & Denoyer, L. (2016). Joint prediction of road-traffic and parking occupancy over a city with representation learning. *2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)* (pp. 725-730). IEEE. <https://doi.org/10.1109/itsc.2016.7795634>

EKLER

EK 1 Performans Parametreleri: Kurgu – 1

EK 2 Performans Parametreleri: Kurgu – 2

EK 1 Performans Parametreleri: Kurgu – 1

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
1	ort	0,0130	9,3620	0,1409	1,9489	0,3560	2,0995	-1,0000	0,2622
1	min	0,0130	9,3620	0,1308	1,8017	0,3255	1,9979	-1,0000	0,2512
1	maks	0,0130	9,3620	0,1510	2,0823	0,3866	2,1937	-1,0000	0,2732
1	ort	0,0090	6,5126	0,1977	1,5972	0,4837	1,7798	0,0100	0,7073
1	min	0,0069	4,9555	0,1655	1,3755	0,4416	1,5333	0,0082	0,6534
1	maks	0,0112	8,0651	0,2234	1,7688	0,5257	1,9969	0,0121	0,7386
1	ort	0,0095	6,8359	0,1577	1,8276	-	1,8276	0,0110	0,6622
1	min	0,0043	3,0652	0,0296	1,2512	-	1,2512	0,0047	0,2563
1	maks	0,0138	9,9388	0,2415	2,2718	-	2,2718	0,0214	0,7643
2	ort	0,0130	9,3620	0,1257	1,8852	0,3604	2,0750	-1,0000	0,2522
2	min	0,0130	9,3620	0,0973	1,6771	0,3202	1,8909	-1,0000	0,2319
2	maks	0,0130	9,3620	0,1521	2,0503	0,4006	2,2301	-1,0000	0,2725
2	ort	0,0085	6,1324	0,2054	1,6046	0,5019	1,8484	0,0099	0,7318
2	min	0,0050	3,5854	0,1510	1,0408	0,4427	1,2016	0,0050	0,6475
2	maks	0,0121	8,7055	0,2391	1,9659	0,5577	2,2922	0,0170	0,7629
2	ort	0,0097	7,0165	0,1571	1,8375	-	1,8375	0,0109	0,6601
2	min	0,0055	3,9419	0,0530	1,3681	-	1,3681	0,0066	0,3605
2	maks	0,0136	9,7833	0,2301	2,2248	-	2,2248	0,0170	0,7612
3	ort	0,0130	9,3620	0,1316	1,9072	0,3414	2,0591	-1,0000	0,2489
3	min	0,0130	9,3620	0,0812	1,4804	0,2583	1,7192	-1,0000	0,2163
3	maks	0,0130	9,3620	0,1747	2,1790	0,4230	2,3035	-1,0000	0,2815
3	ort	0,0088	6,3259	0,2003	1,5999	0,5014	1,8381	0,0113	0,7205
3	min	0,0038	2,7349	0,1078	0,7102	0,4089	0,8743	0,0045	0,5460
3	maks	0,0133	9,5474	0,2436	2,0232	0,6014	2,3673	0,0257	0,7655
3	ort	0,0096	6,8863	0,1583	1,8149	-	1,8149	0,0125	0,6592
3	min	0,0072	5,1852	0,1051	1,5607	-	1,5607	0,0100	0,5236
3	maks	0,0119	8,5328	0,2017	2,0479	-	2,0479	0,0154	0,7262
4	ort	0,0094	6,7324	0,1294	3,0294	0,4089	3,1977	0,0339	0,5868
4	min	0,0078	5,5937	0,0771	2,3781	0,3493	2,5760	0,0234	0,4080
4	maks	0,0110	7,9060	0,1754	3,6792	0,4665	3,8308	0,0493	0,7092
4	ort	0,0086	6,1631	0,1517	3,5931	0,4761	3,8126	0,0307	0,6090
4	min	0,0033	2,3527	0,0534	1,5726	0,2891	1,8630	0,0091	0,2387
4	maks	0,0139	10,0165	0,2291	4,7441	0,7210	4,8267	0,0751	0,7682
4	ort	0,0088	6,3331	0,1382	3,6784	-	3,6784	0,0325	0,6143
4	min	0,0019	1,3661	0,0165	1,2691	-	1,2691	0,0058	0,1530
4	maks	0,0152	10,9671	0,2446	4,9570	-	4,9570	0,1405	0,7717
5	ort	0,0091	6,5776	0,1325	3,0385	0,3833	3,2209	0,0342	0,5814
5	min	0,0062	4,4924	0,0452	1,8714	0,2736	2,0872	0,0194	0,2702
5	maks	0,0116	8,3801	0,2117	4,1609	0,4847	4,2730	0,0730	0,7494
5	ort	0,0085	6,1411	0,1570	3,6153	0,4559	3,8184	0,0298	0,6199
5	min	0,0024	1,6920	0,0386	1,0357	0,2259	1,2768	0,0064	0,2137
5	maks	0,0147	10,5848	0,2408	4,8666	0,7615	4,9029	0,0941	0,7728
5	ort	0,0088	6,3394	0,1366	3,6732	-	3,6732	0,0324	0,6140
5	min	0,0024	1,7572	0,0205	1,3691	-	1,3691	0,0060	0,1840
5	maks	0,0148	10,6432	0,2386	4,9248	-	4,9248	0,1297	0,7704
6	ort	0,0089	6,3944	0,1308	3,0300	0,3872	3,1877	0,0361	0,5906
6	min	0,0052	3,7779	0,0317	1,5268	0,2418	1,7286	0,0177	0,2028
6	maks	0,0123	8,8659	0,2236	4,5034	0,5316	4,5742	0,0997	0,7633
6	ort	0,0086	6,1811	0,1548	3,6297	0,4597	3,8388	0,0292	0,6213
6	min	0,0018	1,3168	0,0269	0,8202	0,1868	1,0467	0,0057	0,1850
6	maks	0,0151	10,8641	0,2457	4,9199	0,8778	4,9294	0,1106	0,7780
6	ort	0,0089	6,3878	0,1387	3,6870	-	3,6870	0,0320	0,6160
6	min	0,0033	2,4037	0,0327	1,6650	-	1,6650	0,0077	0,2423
6	maks	0,0142	10,1908	0,2270	4,8556	-	4,8556	0,1030	0,7671

EK 1 Performans Parametreleri: Kurgu – 1 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
7	ort	0,0080	5,7934	0,1327	4,7043	0,4815	4,9253	0,0329	0,6543
7	min	0,0041	2,9750	0,0505	2,8735	0,3680	3,0698	0,0138	0,4197
7	maks	0,0120	8,6189	0,2184	6,8584	0,5986	7,1448	0,0587	0,7708
7	ort	0,0086	6,1767	0,1738	6,2423	0,6698	6,5666	0,0335	0,6448
7	min	0,0026	1,8861	0,0547	2,2418	0,2054	2,4919	0,0085	0,2352
7	maks	0,0148	10,6269	0,2462	9,3167	1,5535	9,6729	0,1085	0,7836
7	ort	0,0086	6,1900	0,1357	6,0752	-	6,0752	0,0348	0,6260
7	min	0,0017	1,1988	0,0158	1,2415	-	1,2415	0,0055	0,1000
7	maks	0,0156	11,2436	0,2479	9,9166	-	9,9166	0,1779	0,7804
8	ort	0,0083	5,9862	0,1255	4,6526	0,4839	4,9174	0,0308	0,6644
8	min	0,0033	2,3893	0,0296	1,9060	0,2630	2,1421	0,0080	0,2855
8	maks	0,0130	9,3250	0,2327	8,2321	0,7002	8,6317	0,0678	0,7820
8	ort	0,0086	6,1885	0,1739	6,2737	0,6705	6,5973	0,0315	0,6358
8	min	0,0019	1,3902	0,0411	1,3267	0,1475	1,5097	0,0057	0,1270
8	maks	0,0153	11,0453	0,2475	9,5579	1,8554	9,8656	0,1320	0,7853
8	ort	0,0086	6,1885	0,1362	6,0691	-	6,0691	0,0348	0,6270
8	min	0,0018	1,3033	0,0191	1,3914	-	1,3914	0,0058	0,1160
8	maks	0,0154	11,0709	0,2469	9,8384	-	9,8384	0,1709	0,7780
9	ort	0,0083	5,9526	0,1260	4,6014	0,4850	4,8519	0,0303	0,6612
9	min	0,0026	1,8391	0,0222	1,5373	0,1913	1,7716	0,0062	0,1898
9	maks	0,0132	9,5221	0,2454	8,8007	0,7638	9,2273	0,0995	0,7833
9	ort	0,0087	6,2395	0,1734	6,3152	0,6835	6,6441	0,0311	0,6321
9	min	0,0017	1,2302	0,0366	0,7532	0,1297	0,9538	0,0055	0,1103
9	maks	0,0156	11,2154	0,2482	9,6883	2,0807	9,9020	0,1566	0,7857
9	ort	0,0085	6,1066	0,1359	6,0560	-	6,0560	0,0349	0,6294
9	min	0,0024	1,7080	0,0275	1,8407	-	1,8407	0,0067	0,1753
9	maks	0,0147	10,5505	0,2431	9,6809	-	9,6809	0,1316	0,7760
10	ort	0,0082	5,8881	0,1195	5,8105	0,5365	6,0988	0,0235	0,6867
10	min	0,0040	2,8644	0,0372	2,9419	0,3527	3,1258	0,0081	0,4395
10	maks	0,0125	9,0240	0,2185	10,1866	0,7450	10,6450	0,0500	0,7786
10	ort	0,0086	6,1596	0,1806	9,0427	0,8245	9,4409	0,0252	0,6743
10	min	0,0026	1,8398	0,0451	2,1052	0,2348	2,3620	0,0070	0,3009
10	maks	0,0147	10,5733	0,2474	18,0016	1,9294	18,4355	0,0940	0,7826
10	ort	0,0084	6,0350	0,1271	9,2875	-	9,2875	0,0297	0,6753
10	min	0,0017	1,2226	0,0148	1,2269	-	1,2269	0,0040	0,1580
10	maks	0,0158	11,3402	0,2463	19,4904	-	19,4904	0,1971	0,7848
11	ort	0,0080	5,7298	0,1181	5,7750	0,5679	6,0633	0,0248	0,6985
11	min	0,0027	1,9519	0,0236	1,8558	0,2644	2,0889	0,0061	0,3473
11	maks	0,0131	9,4155	0,2375	12,9330	0,9143	13,4853	0,0731	0,7836
11	ort	0,0085	6,1510	0,1813	9,0220	0,8112	9,4217	0,0262	0,6707
11	min	0,0020	1,4161	0,0285	1,2211	0,1719	1,4170	0,0056	0,2412
11	maks	0,0154	11,0682	0,2483	18,9175	2,2595	19,2504	0,1288	0,7853
11	ort	0,0084	6,0461	0,1263	9,3288	-	9,3288	0,0303	0,6741
11	min	0,0019	1,3894	0,0173	1,3761	-	1,3761	0,0044	0,2150
11	maks	0,0154	11,0983	0,2444	19,1833	-	19,1833	0,1823	0,7829
12	ort	0,0081	5,8098	0,1167	5,6875	0,5695	5,9711	0,0231	0,6989
12	min	0,0023	1,6693	0,0207	1,5649	0,2180	1,7898	0,0046	0,2747
12	maks	0,0136	9,8072	0,2440	14,6048	1,0583	15,2594	0,0735	0,7847
12	ort	0,0085	6,1077	0,1804	9,0869	0,8317	9,4934	0,0277	0,6682
12	min	0,0017	1,2168	0,0231	0,7418	0,1345	0,9102	0,0049	0,2077
12	maks	0,0156	11,2628	0,2486	19,2170	2,5437	19,4463	0,1618	0,7857
12	ort	0,0084	6,0545	0,1263	9,3704	-	9,3704	0,0309	0,6705
12	min	0,0023	1,6906	0,0202	1,8762	-	1,8762	0,0063	0,2897
12	maks	0,0147	10,6060	0,2408	18,5927	-	18,5927	0,1455	0,7802

EK 1 Performans Parametreleri: Kurgu – 1 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
13	ort	0,0079	5,6925	0,1202	6,7748	0,7888	7,1611	0,0209	0,6863
13	min	0,0038	2,7238	0,0314	2,7880	0,4527	3,0048	0,0080	0,4747
13	maks	0,0122	8,7899	0,2232	14,3400	1,2746	15,2694	0,0424	0,7764
13	ort	0,0085	6,1450	0,1838	9,7658	0,8156	10,1684	0,0273	0,6812
13	min	0,0020	1,4298	0,0493	1,7377	0,2121	1,9723	0,0054	0,3073
13	maks	0,0149	10,7273	0,2476	28,0523	1,8922	28,4924	0,1094	0,7838
13	ort	0,0083	6,0120	0,1232	11,9301	-	11,9301	0,0330	0,6766
13	min	0,0014	1,0040	0,0093	1,2622	-	1,2622	0,0044	0,2290
13	maks	0,0158	11,3568	0,2419	32,5209	-	32,5209	0,1895	0,7841
14	ort	0,0080	5,7554	0,1217	7,6335	0,8188	8,0465	0,0231	0,6949
14	min	0,0028	2,0085	0,0253	1,8445	0,2911	2,0659	0,0059	0,3492
14	maks	0,0132	9,4932	0,2410	20,7610	1,8140	22,0704	0,0640	0,7833
14	ort	0,0084	6,0767	0,1856	10,2898	0,8542	10,7146	0,0278	0,6794
14	min	0,0015	1,0559	0,0320	1,0379	0,1588	1,2627	0,0051	0,2628
14	maks	0,0154	11,0674	0,2485	31,4056	2,3820	31,8147	0,1457	0,7854
14	ort	0,0084	6,0448	0,1212	11,9187	-	11,9187	0,0327	0,6778
14	min	0,0016	1,1447	0,0110	1,4275	-	1,4275	0,0050	0,2613
14	maks	0,0155	11,1629	0,2412	31,1596	-	31,1596	0,1775	0,7828
15	ort	0,0080	5,7374	0,1194	7,5758	0,7851	7,9648	0,0235	0,6897
15	min	0,0023	1,6659	0,0207	1,6255	0,1968	1,8417	0,0049	0,2636
15	maks	0,0133	9,6107	0,2465	22,4734	2,0934	23,8478	0,0736	0,7844
15	ort	0,0085	6,0879	0,1848	10,6581	0,8907	11,1131	0,0283	0,6767
15	min	0,0014	0,9760	0,0238	0,7509	0,1391	0,9409	0,0050	0,2275
15	maks	0,0157	11,2801	0,2488	33,7509	2,6603	34,1430	0,1712	0,7857
15	ort	0,0084	6,0537	0,1220	11,8183	-	11,8183	0,0332	0,6777
15	min	0,0020	1,4602	0,0161	1,7906	-	1,7906	0,0064	0,3435
15	maks	0,0150	10,8222	0,2372	28,4582	-	28,4582	0,1543	0,7797
16	ort	0,0094	6,7758	0,3119	1,5963	0,4658	1,8015	0,0087	0,7143
16	min	0,0087	6,2851	0,2262	1,2578	0,4263	1,4775	0,0087	0,6966
16	maks	0,0101	7,2665	0,3923	1,8783	0,5035	2,0829	0,0087	0,7316
16	ort	0,0087	6,2510	0,3446	1,8432	0,4665	2,0071	0,0169	0,6529
16	min	0,0052	3,7130	0,2295	1,3431	0,4207	1,5145	0,0090	0,4212
16	maks	0,0124	8,9048	0,4351	2,2380	0,5129	2,3476	0,0262	0,7570
16	ort	0,0084	6,0672	0,2797	1,8946	-	1,8946	0,0222	0,6077
16	min	0,0024	1,7233	0,0251	0,6454	-	0,6454	0,0065	0,2040
16	maks	0,0139	9,9807	0,4978	2,4715	-	2,4715	0,1185	0,7689
17	ort	0,0092	6,6177	0,3051	1,6890	0,4468	1,9085	0,0087	0,6741
17	min	0,0079	5,6709	0,1505	1,0022	0,3753	1,2804	0,0087	0,6350
17	maks	0,0105	7,5645	0,4486	2,1198	0,5138	2,3215	0,0087	0,7099
17	ort	0,0087	6,2683	0,3406	1,8134	0,4616	1,9762	0,0244	0,6566
17	min	0,0041	2,9425	0,1764	1,0142	0,3616	1,1654	0,0062	0,3545
17	maks	0,0134	9,6355	0,4678	2,3353	0,5614	2,4139	0,0766	0,7659
17	ort	0,0084	6,0680	0,2785	1,8898	-	1,8898	0,0245	0,6100
17	min	0,0030	2,1335	0,0518	0,8240	-	0,8240	0,0077	0,2247
17	maks	0,0137	9,8369	0,4897	2,4464	-	2,4464	0,1051	0,7673
18	ort	0,0089	6,3911	0,2929	1,6840	0,4462	1,8991	0,0264	0,6835
18	min	0,0068	4,8686	0,0907	0,6552	0,3131	0,9958	0,0264	0,6296
18	maks	0,0110	7,9136	0,4669	2,2032	0,5687	2,4114	0,0264	0,7349
18	ort	0,0086	6,1581	0,3339	1,8133	0,4526	1,9712	0,0275	0,6454
18	min	0,0029	2,0709	0,1362	0,7049	0,3233	0,8871	0,0055	0,2790
18	maks	0,0139	9,9842	0,4808	2,4248	0,6008	2,4517	0,1504	0,7682
18	ort	0,0085	6,0845	0,2824	1,9087	-	1,9087	0,0288	0,6134
18	min	0,0042	2,9901	0,0932	1,1907	-	1,1907	0,0087	0,3079
18	maks	0,0131	9,4174	0,4608	2,3745	-	2,3745	0,0892	0,7629

EK 1 Performans Parametreleri: Kurgu – 1 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
19	ort	0,0078	5,6454	0,2178	3,0416	0,4242	3,2266	0,0594	0,6514
19	min	0,0048	3,4615	0,0934	1,4289	0,3261	1,6451	0,0243	0,4177
19	maks	0,0109	7,8631	0,3741	4,3069	0,5094	4,4419	0,1392	0,7678
19	ort	0,0083	6,0042	0,3335	3,6348	0,4822	3,8594	0,0414	0,5976
19	min	0,0033	2,3669	0,0935	1,6915	0,2205	1,9526	0,0113	0,2099
19	maks	0,0144	10,3432	0,4869	4,8434	0,9227	4,8982	0,1168	0,7781
19	ort	0,0086	6,1899	0,2369	3,5917	-	3,5917	0,0495	0,5659
19	min	0,0018	1,2845	0,0158	0,6563	-	0,6563	0,0076	0,1000
19	maks	0,0159	11,4326	0,4945	4,9641	-	4,9641	0,4468	0,7735
20	ort	0,0077	5,5316	0,2185	3,0929	0,4193	3,2906	0,0622	0,6418
20	min	0,0035	2,5029	0,0466	0,9389	0,2386	1,2544	0,0158	0,3104
20	maks	0,0119	8,5482	0,4496	4,5584	0,6052	4,7456	0,2386	0,7759
20	ort	0,0084	6,0542	0,3319	3,6467	0,4972	3,8677	0,0409	0,6018
20	min	0,0025	1,7718	0,0487	1,2153	0,1877	1,4881	0,0080	0,1480
20	maks	0,0150	10,8175	0,4945	4,9371	1,1193	4,9459	0,1875	0,7832
20	ort	0,0086	6,1991	0,2367	3,5919	-	3,5919	0,0474	0,5667
20	min	0,0021	1,5205	0,0223	0,8634	-	0,8634	0,0087	0,1080
20	maks	0,0157	11,2789	0,4914	4,9505	-	4,9505	0,3335	0,7722
21	ort	0,0078	5,6294	0,2144	3,1449	0,4255	3,3301	0,0595	0,6316
21	min	0,0028	2,0037	0,0344	0,6996	0,1996	1,0206	0,0126	0,2361
21	maks	0,0126	9,0814	0,4711	4,6589	0,6416	4,8287	0,2980	0,7782
21	ort	0,0084	6,0818	0,3272	3,6388	0,4958	3,8647	0,0396	0,6019
21	min	0,0020	1,4716	0,0333	0,6936	0,1533	0,8753	0,0067	0,1210
21	maks	0,0156	11,2042	0,4964	4,9534	1,2127	4,9575	0,2550	0,7844
21	ort	0,0086	6,1744	0,2399	3,6020	-	3,6020	0,0454	0,5715
21	min	0,0029	2,0728	0,0371	1,2353	-	1,2353	0,0111	0,1540
21	maks	0,0147	10,6179	0,4840	4,9020	-	4,9020	0,2142	0,7705
22	ort	0,0081	5,8282	0,2286	4,6654	0,4821	4,9110	0,0360	0,6628
22	min	0,0035	2,5496	0,0500	1,5784	0,2861	1,8273	0,0108	0,3492
22	maks	0,0128	9,2082	0,4516	8,1513	0,6503	8,3814	0,0790	0,7817
22	ort	0,0084	6,0561	0,3511	6,5456	0,6352	6,8514	0,0522	0,5900
22	min	0,0016	1,1711	0,0934	1,8130	0,1396	2,0504	0,0074	0,1226
22	maks	0,0155	11,1538	0,4972	9,7224	1,7107	9,8659	0,2480	0,7852
22	ort	0,0084	6,0602	0,2402	6,2346	-	6,2346	0,0623	0,5451
22	min	0,0010	0,7232	0,0157	0,6218	-	0,6218	0,0068	0,0935
22	maks	0,0160	11,5559	0,4982	9,9433	-	9,9433	0,9600	0,7805
23	ort	0,0080	5,7641	0,2191	4,6637	0,4839	4,8989	0,0389	0,6439
23	min	0,0025	1,7740	0,0316	0,9806	0,2050	1,2831	0,0084	0,2330
23	maks	0,0136	9,7702	0,4656	8,9348	0,6995	9,1744	0,1342	0,7840
23	ort	0,0084	6,0501	0,3471	6,5618	0,6367	6,8805	0,0499	0,5861
23	min	0,0012	0,8781	0,0674	1,2363	0,1059	1,5328	0,0064	0,1072
23	maks	0,0159	11,4256	0,4985	9,8557	2,1172	9,9355	0,4037	0,7857
23	ort	0,0084	6,0798	0,2401	6,2508	-	6,2508	0,0630	0,5489
23	min	0,0011	0,8221	0,0188	0,8759	-	0,8759	0,0073	0,1059
23	maks	0,0159	11,4755	0,4960	9,8990	-	9,8990	0,8565	0,7782
24	ort	0,0080	5,7608	0,2210	4,7512	0,4874	4,9874	0,0409	0,6364
24	min	0,0020	1,4685	0,0218	0,6723	0,1654	0,9729	0,0070	0,1853
24	maks	0,0142	10,2022	0,4746	9,3224	0,7383	9,5801	0,2090	0,7848
24	ort	0,0084	6,0829	0,3478	6,5914	0,6348	6,9096	0,0510	0,5826
24	min	0,0009	0,6308	0,0508	0,6329	0,0888	0,8611	0,0061	0,0950
24	maks	0,0161	11,5832	0,4990	9,8819	2,2415	9,9660	0,7058	0,7857
24	ort	0,0084	6,0324	0,2376	6,2348	-	6,2348	0,0615	0,5565
24	min	0,0018	1,2983	0,0288	1,3694	-	1,3694	0,0085	0,1286
24	maks	0,0154	11,0559	0,4874	9,8455	-	9,8455	0,5916	0,7766

EK 1 Performans Parametreleri: Kurgu – 1 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
25	ort	0,0075	5,4197	0,2184	6,1623	0,5777	6,4440	0,0268	0,6836
25	min	0,0027	1,9772	0,0380	1,7147	0,2904	1,9791	0,0110	0,3979
25	maks	0,0130	9,3319	0,4671	14,5368	0,9538	15,0525	0,0516	0,7834
25	ort	0,0082	5,8750	0,3611	9,1674	0,7381	9,5335	0,0381	0,6516
25	min	0,0016	1,1375	0,0731	1,7924	0,1360	2,0460	0,0068	0,1859
25	maks	0,0152	10,9659	0,4969	18,7794	2,0194	19,1233	0,2118	0,7847
25	ort	0,0083	5,9652	0,2283	10,0157	-	10,0157	0,0536	0,6266
25	min	0,0009	0,6242	0,0148	0,5770	-	0,5770	0,0049	0,1218
25	maks	0,0162	11,6907	0,4957	19,4893	-	19,4893	0,9850	0,7831
26	ort	0,0078	5,6119	0,2051	6,0777	0,5656	6,3617	0,0258	0,6831
26	min	0,0021	1,5288	0,0249	0,9723	0,1902	1,2824	0,0056	0,2839
26	maks	0,0139	9,9765	0,4821	16,9693	1,2597	17,6479	0,0674	0,7852
26	ort	0,0082	5,9236	0,3614	9,3017	0,7572	9,6828	0,0404	0,6483
26	min	0,0010	0,7530	0,0524	0,9452	0,1008	1,1569	0,0060	0,1347
26	maks	0,0159	11,4662	0,4983	19,3343	2,4972	19,5153	0,4344	0,7854
26	ort	0,0083	5,9506	0,2287	10,0852	-	10,0852	0,0535	0,6308
26	min	0,0011	0,8111	0,0165	0,9073	-	0,9073	0,0066	0,1314
26	maks	0,0160	11,5075	0,4937	19,3996	-	19,3996	0,9074	0,7819
27	ort	0,0077	5,5643	0,2044	6,1286	0,5809	6,4173	0,0254	0,6847
27	min	0,0018	1,3214	0,0210	0,6687	0,1702	0,9468	0,0059	0,2247
27	maks	0,0142	10,2260	0,4873	17,8752	1,4734	18,5802	0,0808	0,7857
27	ort	0,0082	5,9333	0,3617	9,6142	0,7920	10,0056	0,0438	0,6467
27	min	0,0009	0,6484	0,0434	0,5863	0,0834	0,7725	0,0065	0,1110
27	maks	0,0161	11,5750	0,4986	19,5187	2,6436	19,6688	0,7741	0,7856
27	ort	0,0083	5,9898	0,2290	10,0940	-	10,0940	0,0511	0,6346
27	min	0,0015	1,0611	0,0210	1,3891	-	1,3891	0,0082	0,2015
27	maks	0,0155	11,1639	0,4871	19,2246	-	19,2246	0,5547	0,7790
28	ort	0,0083	5,9975	0,2100	6,1765	0,5631	6,4538	0,0296	0,6876
28	min	0,0029	2,0576	0,0359	1,6690	0,2626	1,8685	0,0092	0,3495
28	maks	0,0141	10,1207	0,4549	15,1435	1,0080	15,7411	0,0714	0,7832
28	ort	0,0082	5,8924	0,3634	10,0311	0,8006	10,4248	0,0420	0,6360
28	min	0,0015	1,0799	0,0694	1,6344	0,1539	1,8607	0,0069	0,1645
28	maks	0,0156	11,2136	0,4972	27,5127	2,3601	28,1433	0,2515	0,7853
28	ort	0,0083	5,9935	0,2244	13,4680	-	13,4680	0,0693	0,5864
28	min	0,0008	0,5916	0,0087	0,5939	-	0,5939	0,0056	0,0928
28	maks	0,0162	11,6835	0,4961	37,7102	-	37,7102	0,9950	0,7824
29	ort	0,0082	5,8999	0,2120	5,9496	0,5619	6,2154	0,0271	0,6860
29	min	0,0023	1,6236	0,0240	0,9633	0,2088	1,2275	0,0066	0,2578
29	maks	0,0148	10,6352	0,4850	16,7522	1,2091	17,3584	0,0950	0,7854
29	ort	0,0082	5,9159	0,3654	10,4907	0,8252	10,8952	0,0425	0,6432
29	min	0,0010	0,7275	0,0460	1,0997	0,1082	1,3092	0,0058	0,1349
29	maks	0,0160	11,4928	0,4985	29,8796	2,6108	30,2281	0,4192	0,7857
29	ort	0,0084	6,0166	0,2253	13,6523	-	13,6523	0,0664	0,6006
29	min	0,0011	0,7913	0,0122	0,9255	-	0,9255	0,0068	0,1386
29	maks	0,0161	11,5821	0,4924	36,7660	-	36,7660	0,9130	0,7814
30	ort	0,0081	5,8500	0,2128	6,0701	0,5683	6,3514	0,0259	0,6896
30	min	0,0019	1,3503	0,0209	0,6552	0,1596	0,9310	0,0062	0,2494
30	maks	0,0152	10,9641	0,4888	17,7981	1,4561	18,4681	0,1026	0,7857
30	ort	0,0083	5,9432	0,3684	11,0747	0,8841	11,5161	0,0439	0,6453
30	min	0,0009	0,6189	0,0344	0,5823	0,0913	0,7414	0,0065	0,1025
30	maks	0,0161	11,5915	0,4988	31,9654	2,7264	32,4164	0,6930	0,7857
30	ort	0,0084	6,0464	0,2236	13,5642	-	13,5642	0,0626	0,6230
30	min	0,0016	1,1176	0,0154	1,3605	-	1,3605	0,0078	0,2289
30	maks	0,0157	11,3274	0,4848	34,9969	-	34,9969	0,6862	0,7778

EK 1 Performans Parametreleri: Kurgu – 1 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
31	ort	0,0069	4,9729	0,3246	1,7772	0,3816	1,9413	0,0247	0,7143
31	min	0,0051	3,6537	0,2190	1,2909	0,3541	1,4853	0,0221	0,6937
31	maks	0,0089	6,3828	0,4263	2,1265	0,4087	2,2806	0,0272	0,7328
31	ort	0,0084	6,0377	0,5115	1,7521	0,4002	1,9101	0,0211	0,6777
31	min	0,0046	3,2910	0,2870	0,9891	0,2962	1,1371	0,0113	0,4630
31	maks	0,0129	9,2891	0,6804	2,3148	0,5076	2,3814	0,0341	0,7594
31	ort	0,0081	5,8584	0,3883	1,8935	-	1,8935	0,0251	0,6069
31	min	0,0017	1,2022	0,0294	0,3154	-	0,3154	0,0058	0,1580
31	maks	0,0144	10,3382	0,7054	2,4764	-	2,4764	0,0943	0,7692
32	ort	0,0060	4,2847	0,3285	1,7797	0,3810	1,9709	0,0242	0,6937
32	min	0,0029	2,0921	0,1443	0,9839	0,2885	1,2505	0,0206	0,6091
32	maks	0,0094	6,8028	0,4984	2,2366	0,4787	2,4097	0,0278	0,7462
32	ort	0,0084	6,0368	0,5119	1,7048	0,4147	1,8625	0,0225	0,6728
32	min	0,0034	2,4803	0,2224	0,4152	0,2456	0,5804	0,0078	0,3310
32	maks	0,0141	10,1740	0,7121	2,4122	0,5947	2,4368	0,0507	0,7668
32	ort	0,0083	5,9619	0,3825	1,8968	-	1,8968	0,0298	0,6108
32	min	0,0022	1,6170	0,0501	0,6075	-	0,6075	0,0078	0,2037
32	maks	0,0142	10,2234	0,6846	2,4536	-	2,4536	0,1491	0,7681
33	ort	0,0063	4,5306	0,3302	1,8052	0,3974	1,9899	0,0218	0,6903
33	min	0,0019	1,3906	0,0852	0,7594	0,2653	1,0088	0,0165	0,5695
33	maks	0,0117	8,4531	0,5470	2,2667	0,5267	2,4546	0,0267	0,7552
33	ort	0,0083	5,9750	0,5003	1,7200	0,4134	1,8807	0,0292	0,6720
33	min	0,0029	2,0831	0,1833	0,2949	0,1947	0,4134	0,0061	0,2747
33	maks	0,0143	10,2661	0,7186	2,4543	0,6459	2,4639	0,1577	0,7690
33	ort	0,0084	6,0388	0,3920	1,8603	-	1,8603	0,0356	0,6136
33	min	0,0034	2,4731	0,1046	0,8701	-	0,8701	0,0120	0,2789
33	maks	0,0139	9,9801	0,6605	2,4166	-	2,4166	0,1323	0,7635
34	ort	0,0068	4,9023	0,3433	3,1196	0,4163	3,3089	0,0425	0,6298
34	min	0,0029	2,1194	0,0831	1,5980	0,3099	1,7964	0,0200	0,3540
34	maks	0,0115	8,2984	0,6693	4,3133	0,5334	4,4913	0,0776	0,7656
34	ort	0,0087	6,2627	0,5065	3,6148	0,4825	3,8436	0,0599	0,5797
34	min	0,0027	1,9423	0,1105	1,2583	0,1581	1,4747	0,0111	0,1807
34	maks	0,0155	11,1252	0,7342	4,8780	1,0080	4,9247	0,2243	0,7779
34	ort	0,0086	6,1990	0,3557	3,6201	-	3,6201	0,0731	0,5254
34	min	0,0015	1,0740	0,0170	0,3519	-	0,3519	0,0060	0,0952
34	maks	0,0163	11,7462	0,7417	4,9626	-	4,9626	0,4850	0,7742
35	ort	0,0067	4,8374	0,3450	3,1327	0,4208	3,3257	0,0441	0,6304
35	min	0,0020	1,4209	0,0520	0,9017	0,2300	1,1421	0,0131	0,2971
35	maks	0,0128	9,1883	0,7190	4,5685	0,6269	4,7591	0,1015	0,7759
35	ort	0,0087	6,2985	0,4993	3,6287	0,4794	3,8523	0,0604	0,5699
35	min	0,0021	1,5007	0,0532	0,6078	0,1285	0,8131	0,0064	0,1526
35	maks	0,0160	11,5207	0,7428	4,9330	1,1179	4,9481	0,3304	0,7823
35	ort	0,0086	6,1721	0,3550	3,6182	-	3,6182	0,0695	0,5287
35	min	0,0017	1,1943	0,0205	0,6137	-	0,6137	0,0072	0,1015
35	maks	0,0163	11,7141	0,7341	4,9504	-	4,9504	0,4393	0,7739
36	ort	0,0067	4,8490	0,3427	3,1452	0,4176	3,3302	0,0443	0,6268
36	min	0,0018	1,3078	0,0354	0,6341	0,1942	0,9763	0,0094	0,2417
36	maks	0,0131	9,4158	0,7346	4,6571	0,6750	4,8402	0,1094	0,7811
36	ort	0,0087	6,2982	0,4970	3,6317	0,4872	3,8629	0,0590	0,5683
36	min	0,0018	1,2988	0,0318	0,3768	0,1091	0,5612	0,0062	0,1157
36	maks	0,0162	11,6779	0,7435	4,9489	1,2252	4,9573	0,3877	0,7827
36	ort	0,0085	6,1305	0,3603	3,6383	-	3,6383	0,0678	0,5333
36	min	0,0022	1,5601	0,0354	0,9082	-	0,9082	0,0105	0,1164
36	maks	0,0158	11,3532	0,7253	4,9233	-	4,9233	0,3523	0,7727

EK 1 Performans Parametreleri: Kurgu – 1 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
37	ort	0,0080	5,7328	0,3634	4,7871	0,5055	5,0520	0,0435	0,6173
37	min	0,0025	1,8222	0,0427	1,5025	0,2291	1,7291	0,0092	0,1971
37	maks	0,0134	9,6556	0,7209	8,2800	0,9923	8,4670	0,1289	0,7827
37	ort	0,0084	6,0268	0,5199	6,4216	0,6023	6,7198	0,0617	0,5615
37	min	0,0015	1,0460	0,1042	1,3936	0,1117	1,6696	0,0075	0,0773
37	maks	0,0159	11,4303	0,7452	9,7388	1,8700	9,8601	0,3048	0,7847
37	ort	0,0084	6,0820	0,3464	6,3323	-	6,3323	0,0809	0,5198
37	min	0,0009	0,6743	0,0191	0,3199	-	0,3199	0,0071	0,0625
37	maks	0,0164	11,7748	0,7458	9,9848	-	9,9848	0,9323	0,7808
38	ort	0,0078	5,6516	0,3674	4,7772	0,5174	5,0247	0,0440	0,5993
38	min	0,0018	1,3004	0,0326	0,9213	0,1836	1,1278	0,0075	0,1156
38	maks	0,0143	10,3168	0,7387	8,8167	1,2564	8,9859	0,1883	0,7850
38	ort	0,0084	6,0735	0,5201	6,5559	0,6148	6,8593	0,0627	0,5436
38	min	0,0011	0,8029	0,0763	0,6744	0,0966	0,8703	0,0066	0,0674
38	maks	0,0163	11,7303	0,7479	9,8754	2,2059	9,9440	0,6219	0,7851
38	ort	0,0084	6,0649	0,3485	6,3472	-	6,3472	0,0768	0,5132
38	min	0,0011	0,7980	0,0215	0,5402	-	0,5402	0,0074	0,0625
38	maks	0,0163	11,7049	0,7439	9,9699	-	9,9699	0,6942	0,7784
39	ort	0,0078	5,6467	0,3676	4,7984	0,5125	5,0575	0,0433	0,5890
39	min	0,0016	1,1773	0,0245	0,6307	0,1526	0,9287	0,0069	0,1228
39	maks	0,0148	10,6519	0,7459	9,0062	1,4751	9,2223	0,2014	0,7857
39	ort	0,0084	6,0660	0,5196	6,6231	0,6265	6,9329	0,0622	0,5308
39	min	0,0008	0,5964	0,0670	0,3211	0,0749	0,4635	0,0057	0,0735
39	maks	0,0164	11,7968	0,7485	9,9253	2,3985	9,9729	0,8408	0,7856
39	ort	0,0084	6,0406	0,3492	6,3428	-	6,3428	0,0734	0,5114
39	min	0,0017	1,2021	0,0280	1,2133	-	1,2133	0,0095	0,0761
39	maks	0,0160	11,5259	0,7368	9,9058	-	9,9058	0,4801	0,7753
40	ort	0,0077	5,5269	0,3356	5,6634	0,5772	5,9357	0,0509	0,6496
40	min	0,0024	1,6929	0,0407	1,5476	0,2230	1,7152	0,0095	0,3218
40	maks	0,0138	9,9252	0,7071	12,9717	1,2225	13,6361	0,1883	0,7842
40	ort	0,0084	6,0367	0,5376	8,6587	0,7547	9,0384	0,0502	0,6077
40	min	0,0015	1,0683	0,0702	1,0384	0,1267	1,2013	0,0069	0,1539
40	maks	0,0160	11,5235	0,7468	18,7616	2,3882	19,0745	0,3340	0,7846
40	ort	0,0084	6,0436	0,3389	10,5124	-	10,5124	0,0792	0,5649
40	min	0,0008	0,6060	0,0155	0,2929	-	0,2929	0,0057	0,0977
40	maks	0,0165	11,8634	0,7473	19,8180	-	19,8180	0,9523	0,7831
41	ort	0,0077	5,5147	0,3379	5,7148	0,5786	6,0110	0,0439	0,6525
41	min	0,0017	1,2072	0,0228	0,8139	0,1713	1,0784	0,0055	0,2339
41	maks	0,0147	10,6065	0,7410	14,5106	1,6317	15,2956	0,3463	0,7857
41	ort	0,0084	6,0703	0,5425	9,1075	0,7962	9,5022	0,0525	0,6026
41	min	0,0010	0,7522	0,0543	0,6099	0,0966	0,7921	0,0070	0,1142
41	maks	0,0163	11,7650	0,7488	19,5526	2,8755	19,6447	0,6502	0,7856
41	ort	0,0084	6,0377	0,3383	10,5511	-	10,5511	0,0715	0,5866
41	min	0,0010	0,7423	0,0175	0,5311	-	0,5311	0,0083	0,1262
41	maks	0,0164	11,8009	0,7439	19,7075	-	19,7075	0,7633	0,7808
42	ort	0,0077	5,5367	0,3397	5,7299	0,5884	6,0277	0,0425	0,6536
42	min	0,0016	1,1312	0,0211	0,5319	0,1495	0,7933	0,0058	0,1749
42	maks	0,0153	11,0058	0,7453	14,9663	1,8041	15,8477	0,4945	0,7857
42	ort	0,0084	6,0596	0,5390	9,4242	0,8298	9,8418	0,0537	0,6022
42	min	0,0008	0,6025	0,0435	0,3163	0,0691	0,4411	0,0079	0,1012
42	maks	0,0164	11,8261	0,7491	19,7020	3,1734	19,8083	0,8519	0,7856
42	ort	0,0084	6,0491	0,3352	10,5343	-	10,5343	0,0645	0,5987
42	min	0,0015	1,0952	0,0218	1,1361	-	1,1361	0,0099	0,1608
42	maks	0,0161	11,6219	0,7341	19,4977	-	19,4977	0,5025	0,7772

EK 1 Performans Parametreleri: Kurgu – 1 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
43	ort	0,0075	5,4323	0,3426	6,2070	0,6405	6,5128	0,0413	0,6681
43	min	0,0021	1,5366	0,0357	1,4329	0,2419	1,6306	0,0067	0,3214
43	maks	0,0137	9,8375	0,7173	17,1384	1,4865	17,9019	0,1834	0,7833
43	ort	0,0084	6,0791	0,5280	8,7548	0,7358	9,1283	0,0511	0,6248
43	min	0,0015	1,0716	0,0777	1,0368	0,1286	1,2099	0,0070	0,1335
43	maks	0,0160	11,4946	0,7464	26,4282	2,3421	26,8935	0,3779	0,7855
43	ort	0,0083	5,9868	0,3190	14,0383	-	14,0383	0,1068	0,5362
43	min	0,0008	0,5992	0,0093	0,3381	-	0,3381	0,0057	0,0769
43	maks	0,0164	11,8267	0,7476	37,5515	-	37,5515	0,9347	0,7824
44	ort	0,0076	5,4850	0,3481	6,2829	0,6391	6,6057	0,0368	0,6602
44	min	0,0018	1,2755	0,0243	0,8951	0,1686	1,1514	0,0059	0,2131
44	maks	0,0147	10,5874	0,7423	21,4964	1,8683	22,5153	0,2853	0,7850
44	ort	0,0085	6,1155	0,5324	9,5477	0,7899	9,9464	0,0532	0,6114
44	min	0,0011	0,7603	0,0468	0,6746	0,0953	0,8094	0,0078	0,1081
44	maks	0,0163	11,7565	0,7488	30,3825	2,7519	30,9510	0,6426	0,7856
44	ort	0,0083	5,9817	0,3260	14,2731	-	14,2731	0,0910	0,5398
44	min	0,0010	0,7357	0,0121	0,5738	-	0,5738	0,0083	0,0799
44	maks	0,0163	11,7682	0,7444	37,0555	-	37,0555	0,7676	0,7805
45	ort	0,0075	5,4235	0,3451	6,2679	0,6232	6,5806	0,0372	0,6648
45	min	0,0016	1,1356	0,0210	0,5400	0,1523	0,8191	0,0055	0,1886
45	maks	0,0152	10,9679	0,7482	23,4813	1,9771	24,4251	0,4260	0,7857
45	ort	0,0085	6,1219	0,5398	10,2795	0,8510	10,7062	0,0533	0,6077
45	min	0,0009	0,6364	0,0390	0,3625	0,0784	0,5056	0,0085	0,0987
45	maks	0,0164	11,7979	0,7491	34,3886	3,2254	34,9909	0,9106	0,7856
45	ort	0,0084	6,0151	0,3302	14,3982	-	14,3982	0,0772	0,5738
45	min	0,0013	0,9656	0,0174	1,2336	-	1,2336	0,0100	0,1819
45	maks	0,0161	11,6012	0,7364	35,2539	-	35,2539	0,5432	0,7779
46	ort	0,0072	5,1681	0,3765	1,8295	0,4153	2,0119	0,0277	0,6989
46	min	0,0053	3,7991	0,2351	1,4222	0,3630	1,6113	0,0238	0,6659
46	maks	0,0091	6,5308	0,5226	2,1453	0,4669	2,3164	0,0319	0,7269
46	ort	0,0088	6,3678	0,6520	1,8448	0,4152	1,9798	0,0258	0,6627
46	min	0,0042	3,0069	0,3026	0,8527	0,2926	1,0274	0,0117	0,3691
46	maks	0,0144	10,3338	0,9265	2,3946	0,5448	2,4213	0,0427	0,7633
46	ort	0,0087	6,2930	0,5088	1,9449	-	1,9449	0,0328	0,5856
46	min	0,0017	1,2206	0,0285	0,3230	-	0,3230	0,0072	0,1370
46	maks	0,0163	11,7517	0,9881	2,4824	-	2,4824	0,1018	0,7692
47	ort	0,0068	4,9154	0,3760	1,7696	0,4266	1,9592	0,0264	0,6982
47	min	0,0035	2,5230	0,1242	0,9650	0,2966	1,2067	0,0176	0,6215
47	maks	0,0102	7,3175	0,6646	2,2180	0,5716	2,3981	0,0362	0,7461
47	ort	0,0089	6,4394	0,6480	1,8232	0,4313	1,9700	0,0280	0,6624
47	min	0,0034	2,4218	0,2191	0,4783	0,2360	0,6205	0,0085	0,2952
47	maks	0,0153	11,0201	0,9699	2,4520	0,6329	2,4568	0,0818	0,7666
47	ort	0,0087	6,2712	0,5109	1,9440	-	1,9440	0,0332	0,5871
47	min	0,0018	1,3288	0,0572	0,5068	-	0,5068	0,0098	0,1740
47	maks	0,0158	11,4056	0,9706	2,4745	-	2,4745	0,1435	0,7690
48	ort	0,0065	4,6707	0,3838	1,7664	0,4587	1,9607	0,0224	0,6816
48	min	0,0018	1,3313	0,1028	0,6757	0,2903	0,9294	0,0112	0,5322
48	maks	0,0113	8,1206	0,7268	2,2588	0,6624	2,4530	0,0367	0,7553
48	ort	0,0089	6,4021	0,6504	1,8099	0,4157	1,9550	0,0300	0,6596
48	min	0,0028	2,0435	0,1913	0,2899	0,1906	0,4069	0,0070	0,2500
48	maks	0,0158	11,3946	0,9793	2,4647	0,6723	2,4692	0,1496	0,7698
48	ort	0,0087	6,2883	0,5060	1,9452	-	1,9452	0,0343	0,5995
48	min	0,0028	2,0041	0,0902	0,8754	-	0,8754	0,0121	0,2211
48	maks	0,0146	10,5385	0,9469	2,4435	-	2,4435	0,1387	0,7663

EK 1 Performans Parametreleri: Kurgu – 1 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
49	ort	0,0069	4,9606	0,4363	3,1003	0,4353	3,3029	0,0559	0,6333
49	min	0,0024	1,7204	0,0859	1,3236	0,2840	1,5677	0,0206	0,3809
49	maks	0,0117	8,3923	0,8556	4,4012	0,5870	4,5564	0,1276	0,7710
49	ort	0,0090	6,4704	0,6776	3,6936	0,4777	3,9131	0,0685	0,5581
49	min	0,0026	1,8750	0,1054	1,2477	0,1575	1,4291	0,0093	0,1417
49	maks	0,0159	11,4706	0,9906	4,8932	1,0367	4,9290	0,2864	0,7786
49	ort	0,0088	6,3080	0,4577	3,6034	-	3,6034	0,0989	0,4872
49	min	0,0015	1,0920	0,0166	0,3465	-	0,3465	0,0072	0,0735
49	maks	0,0166	11,9755	0,9982	4,9624	-	4,9624	0,4983	0,7742
50	ort	0,0069	4,9637	0,4302	3,2050	0,4354	3,3981	0,0604	0,6106
50	min	0,0018	1,2670	0,0499	0,8644	0,2132	1,1322	0,0142	0,2230
50	maks	0,0126	9,1050	0,9250	4,6710	0,6953	4,7918	0,1468	0,7798
50	ort	0,0089	6,3860	0,6784	3,6935	0,4928	3,9221	0,0692	0,5411
50	min	0,0020	1,4479	0,0478	0,4992	0,1221	0,6995	0,0072	0,1219
50	maks	0,0164	11,8015	0,9967	4,9415	1,1888	4,9541	0,3543	0,7828
50	ort	0,0088	6,3632	0,4588	3,6073	-	3,6073	0,0886	0,4967
50	min	0,0017	1,1962	0,0221	0,5566	-	0,5566	0,0089	0,0910
50	maks	0,0165	11,8770	0,9914	4,9552	-	4,9552	0,4665	0,7738
51	ort	0,0070	5,0393	0,4348	3,1931	0,4374	3,3927	0,0578	0,5960
51	min	0,0016	1,1397	0,0370	0,5837	0,1826	0,8659	0,0072	0,1625
51	maks	0,0131	9,4022	0,9615	4,7025	0,7329	4,8413	0,1426	0,7845
51	ort	0,0089	6,3989	0,6701	3,6933	0,4931	3,9244	0,0679	0,5355
51	min	0,0019	1,3528	0,0363	0,3568	0,1091	0,5251	0,0078	0,1043
51	maks	0,0165	11,8688	0,9972	4,9493	1,2508	4,9585	0,3884	0,7844
51	ort	0,0088	6,3336	0,4620	3,6000	-	3,6000	0,0834	0,5051
51	min	0,0021	1,5275	0,0355	0,9694	-	0,9694	0,0116	0,1025
51	maks	0,0161	11,5824	0,9758	4,9218	-	4,9218	0,3867	0,7727
52	ort	0,0078	5,6519	0,4187	4,7764	0,4682	5,0087	0,0549	0,5937
52	min	0,0020	1,4324	0,0500	1,2806	0,2112	1,5604	0,0075	0,1754
52	maks	0,0139	10,0276	0,8558	8,5152	0,7660	8,6900	0,2432	0,7824
52	ort	0,0084	6,0829	0,6806	6,5596	0,5823	6,8504	0,0727	0,5417
52	min	0,0014	0,9806	0,0989	1,2682	0,1041	1,4939	0,0086	0,0713
52	maks	0,0161	11,5706	0,9943	9,7893	1,8670	9,8621	0,4051	0,7851
52	ort	0,0083	6,0120	0,4278	6,5284	-	6,5284	0,1013	0,5115
52	min	0,0008	0,5897	0,0220	0,3434	-	0,3434	0,0070	0,0624
52	maks	0,0164	11,7767	0,9747	9,9888	-	9,9888	0,8700	0,7804
53	ort	0,0077	5,5608	0,4205	4,8082	0,4676	5,0367	0,0552	0,5792
53	min	0,0016	1,1865	0,0291	0,8882	0,1727	1,1498	0,0062	0,0958
53	maks	0,0151	10,8712	0,9122	8,8532	0,8226	9,0440	0,2819	0,7853
53	ort	0,0085	6,1001	0,6813	6,6926	0,6116	6,9984	0,0763	0,5103
53	min	0,0010	0,7319	0,0796	0,5790	0,0829	0,8120	0,0084	0,0650
53	maks	0,0164	11,8369	0,9976	9,8946	2,3242	9,9445	0,6465	0,7856
53	ort	0,0084	6,0458	0,4354	6,5071	-	6,5071	0,0957	0,4962
53	min	0,0009	0,6598	0,0233	0,5457	-	0,5457	0,0072	0,0625
53	maks	0,0163	11,7154	0,9714	9,9681	-	9,9681	0,7134	0,7784
54	ort	0,0078	5,6127	0,4214	4,8155	0,4633	5,0474	0,0515	0,5705
54	min	0,0015	1,1014	0,0240	0,6225	0,1444	0,8876	0,0052	0,0838
54	maks	0,0156	11,2632	0,9248	8,9935	0,8373	9,2087	0,3009	0,7856
54	ort	0,0085	6,1097	0,6807	6,7780	0,6270	7,0933	0,0781	0,4891
54	min	0,0008	0,5880	0,0679	0,3366	0,0644	0,4893	0,0076	0,0642
54	maks	0,0165	11,8962	0,9987	9,9378	2,5611	9,9675	0,9452	0,7853
54	ort	0,0084	6,0369	0,4423	6,4799	-	6,4799	0,0898	0,4898
54	min	0,0013	0,9693	0,0292	1,2764	-	1,2764	0,0098	0,0650
54	maks	0,0161	11,5838	0,9660	9,8808	-	9,8808	0,4674	0,7762

EK 1 Performans Parametreleri: Kurgu – 1 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
55	ort	0,0078	5,6424	0,3842	4,8380	0,4697	5,0643	0,0314	0,6644
55	min	0,0022	1,5808	0,0401	1,2782	0,2096	1,5458	0,0068	0,2701
55	maks	0,0139	10,0246	0,8386	9,8665	0,7807	10,1797	0,1105	0,7851
55	ort	0,0084	6,0405	0,6825	8,9017	0,7272	9,2686	0,0547	0,6036
55	min	0,0013	0,9215	0,0731	1,1352	0,1101	1,3328	0,0072	0,1153
55	maks	0,0160	11,5187	0,9953	18,6997	2,2191	18,9490	0,4731	0,7852
55	ort	0,0084	6,0702	0,4063	10,7211	-	10,7211	0,0902	0,5317
55	min	0,0008	0,5423	0,0148	0,3120	-	0,3120	0,0067	0,0645
55	maks	0,0165	11,8585	0,9765	19,8254	-	19,8254	0,8523	0,7827
56	ort	0,0077	5,5123	0,3889	4,7731	0,4648	4,9991	0,0262	0,6610
56	min	0,0017	1,1910	0,0227	0,7830	0,1676	1,0648	0,0056	0,2073
56	maks	0,0149	10,7159	0,9075	10,5988	0,8109	10,8454	0,1263	0,7857
56	ort	0,0085	6,0856	0,6871	9,5005	0,7803	9,8899	0,0571	0,5888
56	min	0,0010	0,7374	0,0485	0,4426	0,0948	0,5946	0,0085	0,0952
56	maks	0,0164	11,8132	0,9980	19,4620	2,6240	19,6276	0,6607	0,7856
56	ort	0,0085	6,0894	0,4071	10,6629	-	10,6629	0,0798	0,5536
56	min	0,0009	0,6206	0,0167	0,6549	-	0,6549	0,0091	0,0844
56	maks	0,0164	11,8099	0,9732	19,7716	-	19,7716	0,7377	0,7800
57	ort	0,0076	5,4962	0,3819	4,8332	0,4627	5,0644	0,0254	0,6631
57	min	0,0015	1,1155	0,0212	0,5952	0,1498	0,8607	0,0056	0,1436
57	maks	0,0152	10,9524	0,9381	11,6386	0,8620	12,0187	0,1212	0,7857
57	ort	0,0085	6,1038	0,6863	9,8702	0,8301	10,2764	0,0593	0,5818
57	min	0,0008	0,5596	0,0472	0,3199	0,0789	0,4580	0,0091	0,0976
57	maks	0,0166	11,9626	0,9984	19,6690	2,9348	19,7851	0,9083	0,7855
57	ort	0,0085	6,1041	0,4084	10,7220	-	10,7220	0,0708	0,5813
57	min	0,0013	0,9449	0,0201	1,0443	-	1,0443	0,0100	0,1421
57	maks	0,0162	11,6769	0,9618	19,5942	-	19,5942	0,5549	0,7770
58	ort	0,0076	5,4382	0,3970	4,7400	0,4671	4,9664	0,0251	0,6754
58	min	0,0020	1,4219	0,0388	1,2834	0,2299	1,4915	0,0076	0,2709
58	maks	0,0138	9,9482	0,8589	9,3958	0,7212	9,6210	0,0740	0,7850
58	ort	0,0083	5,9887	0,6551	8,8544	0,6756	9,1880	0,0483	0,6308
58	min	0,0014	1,0305	0,0761	1,1755	0,1116	1,3422	0,0075	0,1467
58	maks	0,0161	11,5615	0,9947	28,7550	2,1022	29,0154	0,3937	0,7852
58	ort	0,0084	6,0140	0,3678	14,7350	-	14,7350	0,1264	0,5442
58	min	0,0008	0,5776	0,0086	0,4465	-	0,4465	0,0070	0,0769
58	maks	0,0164	11,8144	0,9784	37,6869	-	37,6869	0,9415	0,7824
59	ort	0,0075	5,4164	0,3933	4,8469	0,4591	5,0791	0,0241	0,6642
59	min	0,0017	1,2036	0,0237	0,8854	0,1541	1,1454	0,0060	0,1739
59	maks	0,0146	10,5184	0,9354	10,7065	0,8385	11,0687	0,1064	0,7857
59	ort	0,0084	6,0561	0,6663	9,8554	0,7580	10,2304	0,0547	0,6082
59	min	0,0009	0,6615	0,0460	0,4727	0,0750	0,5536	0,0090	0,1009
59	maks	0,0164	11,8076	0,9980	33,4603	2,4843	33,7759	0,6518	0,7856
59	ort	0,0084	6,0438	0,3805	14,8335	-	14,8335	0,1063	0,5283
59	min	0,0009	0,6630	0,0118	0,5665	-	0,5665	0,0101	0,0768
59	maks	0,0163	11,7286	0,9732	37,0524	-	37,0524	0,8003	0,7803
60	ort	0,0076	5,4477	0,4005	4,8205	0,4602	5,0529	0,0226	0,6706
60	min	0,0016	1,1327	0,0211	0,5467	0,1464	0,7891	0,0058	0,1512
60	maks	0,0151	10,8559	0,9627	11,5353	0,8536	11,8668	0,0903	0,7857
60	ort	0,0085	6,1027	0,6840	10,7890	0,8514	11,2179	0,0571	0,5940
60	min	0,0008	0,5673	0,0440	0,2110	0,0618	0,2924	0,0111	0,0962
60	maks	0,0166	11,9328	0,9987	35,0533	2,9571	35,6902	0,9100	0,7855
60	ort	0,0085	6,1159	0,3957	15,1421	-	15,1421	0,0827	0,5486
60	min	0,0012	0,8588	0,0153	1,1390	-	1,1390	0,0112	0,1128
60	maks	0,0162	11,6591	0,9600	35,3481	-	35,3481	0,5984	0,7767

EK 1 Performans Parametreleri: Kurgu – 1 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
61	ort	0,0060	4,3040	0,5122	1,7039	0,4312	1,8728	0,0082	0,7265
61	min	0,0043	3,0677	0,2950	1,0933	0,3743	1,3260	0,0077	0,7067
61	maks	0,0079	5,6782	0,7956	2,1380	0,4874	2,2828	0,0087	0,7429
61	ort	0,0091	6,5317	0,8367	1,8693	0,4193	2,0151	0,0256	0,6789
61	min	0,0040	2,8802	0,2979	0,9276	0,2904	1,1042	0,0111	0,4665
61	maks	0,0149	10,7453	1,4952	2,3959	0,5588	2,4300	0,0492	0,7618
61	ort	0,0088	6,3602	0,5892	1,9555	-	1,9555	0,0386	0,5441
61	min	0,0017	1,2191	0,0240	0,3609	-	0,3609	0,0075	0,1030
61	maks	0,0170	12,2287	1,4103	2,4815	-	2,4815	0,1154	0,7692
62	ort	0,0064	4,6156	0,4903	1,7568	0,4253	1,9567	0,0101	0,7148
62	min	0,0029	2,0916	0,1391	0,8934	0,3115	1,1434	0,0088	0,6545
62	maks	0,0104	7,4755	1,0291	2,2387	0,5314	2,4314	0,0116	0,7492
62	ort	0,0090	6,4951	0,8103	1,8530	0,4284	1,9947	0,0273	0,6651
62	min	0,0032	2,3352	0,2332	0,4643	0,2219	0,5973	0,0083	0,3277
62	maks	0,0158	11,3980	1,6188	2,4579	0,6455	2,4612	0,0632	0,7680
62	ort	0,0088	6,3410	0,5948	1,9605	-	1,9605	0,0369	0,5454
62	min	0,0021	1,4767	0,0503	0,5024	-	0,5024	0,0105	0,1230
62	maks	0,0164	11,8171	1,3601	2,4718	-	2,4718	0,1478	0,7684
63	ort	0,0062	4,4813	0,5025	1,7445	0,4348	1,9354	0,0128	0,7044
63	min	0,0018	1,3055	0,0903	0,5731	0,2790	0,8311	0,0104	0,5630
63	maks	0,0116	8,3505	1,1884	2,2849	0,5726	2,4419	0,0151	0,7555
63	ort	0,0091	6,5206	0,8006	1,8393	0,4219	1,9877	0,0312	0,6557
63	min	0,0029	2,0878	0,1815	0,3074	0,1709	0,4183	0,0099	0,2558
63	maks	0,0167	11,9968	1,6955	2,4637	0,6953	2,4678	0,1417	0,7702
63	ort	0,0089	6,3859	0,5889	1,9597	-	1,9597	0,0354	0,5508
63	min	0,0029	2,1219	0,1130	0,9217	-	0,9217	0,0163	0,1760
63	maks	0,0153	11,0509	1,2315	2,4471	-	2,4471	0,1151	0,7655
64	ort	0,0069	4,9450	0,5494	3,1456	0,4238	3,3384	0,0358	0,6481
64	min	0,0021	1,5257	0,0901	1,3009	0,2735	1,4881	0,0146	0,3753
64	maks	0,0118	8,5268	1,1679	4,4845	0,5762	4,6577	0,0701	0,7746
64	ort	0,0089	6,3974	0,8474	3,7662	0,4862	3,9961	0,0658	0,5576
64	min	0,0025	1,7964	0,1086	0,9353	0,1399	1,1358	0,0100	0,1438
64	maks	0,0160	11,5349	1,7725	4,9301	1,0435	4,9538	0,2811	0,7819
64	ort	0,0087	6,2681	0,5058	3,6213	-	3,6213	0,1055	0,4732
64	min	0,0015	1,1015	0,0169	0,3346	-	0,3346	0,0073	0,0720
64	maks	0,0166	11,9657	1,3672	4,9655	-	4,9655	0,4890	0,7741
65	ort	0,0070	5,0274	0,5382	3,2036	0,4396	3,4030	0,0458	0,6068
65	min	0,0016	1,1557	0,0499	0,8657	0,2296	1,1563	0,0091	0,2096
65	maks	0,0130	9,3278	1,2651	4,6815	0,6589	4,8596	0,1313	0,7799
65	ort	0,0089	6,4091	0,8353	3,7827	0,4969	4,0186	0,0696	0,5300
65	min	0,0020	1,4494	0,0551	0,5449	0,1072	0,7210	0,0082	0,1106
65	maks	0,0164	11,8243	1,8571	4,9696	1,1865	4,9740	0,3514	0,7845
65	ort	0,0087	6,2704	0,5089	3,6190	-	3,6190	0,0946	0,4852
65	min	0,0016	1,1780	0,0210	0,6207	-	0,6207	0,0090	0,0922
65	maks	0,0165	11,8894	1,3397	4,9544	-	4,9544	0,4630	0,7737
66	ort	0,0069	4,9767	0,5441	3,2384	0,4429	3,4348	0,0484	0,5967
66	min	0,0015	1,1058	0,0352	0,7110	0,1793	0,9830	0,0060	0,1464
66	maks	0,0131	9,4122	1,3402	4,7164	0,7181	4,9188	0,1299	0,7839
66	ort	0,0089	6,3818	0,8161	3,7903	0,4963	4,0218	0,0709	0,5202
66	min	0,0019	1,3424	0,0334	0,3371	0,1026	0,4815	0,0079	0,0984
66	maks	0,0166	11,9484	1,8882	4,9786	1,2500	4,9826	0,4005	0,7853
66	ort	0,0087	6,2706	0,5158	3,6266	-	3,6266	0,0853	0,5005
66	min	0,0021	1,4780	0,0358	0,8913	-	0,8913	0,0113	0,1030
66	maks	0,0161	11,5904	1,2722	4,9322	-	4,9322	0,3649	0,7723

EK 1 Performans Parametreleri: Kurgu – 1 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
67	ort	0,0074	5,3369	0,4816	4,5340	0,4398	4,7433	0,0247	0,6211
67	min	0,0018	1,3253	0,0519	1,0927	0,2006	1,3196	0,0077	0,2316
67	maks	0,0137	9,8381	1,1217	8,3170	0,6581	8,5349	0,0827	0,7849
67	ort	0,0085	6,1292	0,8710	6,7407	0,5942	7,0411	0,0681	0,5363
67	min	0,0015	1,0730	0,1022	1,3919	0,0968	1,5985	0,0087	0,0777
67	maks	0,0161	11,5888	1,8750	9,8559	1,8634	9,9024	0,4114	0,7851
67	ort	0,0084	6,0641	0,4505	6,5503	-	6,5503	0,1018	0,5176
67	min	0,0008	0,5931	0,0163	0,3979	-	0,3979	0,0068	0,0625
67	maks	0,0163	11,7663	1,4346	9,9886	-	9,9886	0,8900	0,7794
68	ort	0,0075	5,3842	0,4786	4,5757	0,4416	4,8047	0,0260	0,6188
68	min	0,0015	1,1127	0,0300	0,8261	0,1554	1,0585	0,0065	0,1350
68	maks	0,0147	10,6026	1,2387	8,8150	0,7127	8,9686	0,0868	0,7855
68	ort	0,0086	6,1678	0,8701	6,9353	0,6274	7,2462	0,0759	0,4896
68	min	0,0010	0,7507	0,0730	0,7075	0,0730	0,8995	0,0075	0,0662
68	maks	0,0165	11,8640	1,8977	9,9310	2,3399	9,9581	0,6833	0,7849
68	ort	0,0084	6,0690	0,4561	6,5009	-	6,5009	0,0926	0,4997
68	min	0,0010	0,6946	0,0201	0,5391	-	0,5391	0,0078	0,0627
68	maks	0,0163	11,7121	1,3546	9,9615	-	9,9615	0,7017	0,7779
69	ort	0,0075	5,3925	0,4696	4,6686	0,4402	4,8920	0,0305	0,6131
69	min	0,0015	1,0866	0,0228	0,5412	0,1417	0,8618	0,0057	0,1088
69	maks	0,0152	10,9312	1,2531	9,1006	0,7367	9,2091	0,1145	0,7857
69	ort	0,0085	6,1331	0,8661	7,0538	0,6439	7,3760	0,0786	0,4696
69	min	0,0008	0,5812	0,0662	0,3867	0,0590	0,5382	0,0077	0,0649
69	maks	0,0167	11,9934	1,9124	9,9526	2,5329	9,9746	0,9142	0,7847
69	ort	0,0085	6,1201	0,4649	6,4509	-	6,4509	0,0855	0,4925
69	min	0,0015	1,0581	0,0270	1,1548	-	1,1548	0,0093	0,0663
69	maks	0,0160	11,5425	1,2432	9,8969	-	9,8969	0,5194	0,7757
70	ort	0,0073	5,2698	0,4392	4,4968	0,4359	4,7114	0,0126	0,6710
70	min	0,0016	1,1678	0,0373	1,1867	0,2049	1,3848	0,0061	0,2438
70	maks	0,0138	9,9705	1,0926	8,0306	0,6519	8,2971	0,0283	0,7853
70	ort	0,0084	6,0624	0,8548	8,7402	0,7008	9,0946	0,0558	0,5867
70	min	0,0013	0,9547	0,0779	1,0593	0,0946	1,2385	0,0080	0,1154
70	maks	0,0160	11,5083	1,8587	18,7126	2,2474	18,9942	0,4945	0,7851
70	ort	0,0085	6,0904	0,4294	10,7716	-	10,7716	0,0931	0,5190
70	min	0,0008	0,5423	0,0152	0,2994	-	0,2994	0,0076	0,0643
70	maks	0,0165	11,8638	1,2105	19,8238	-	19,8238	0,8413	0,7820
71	ort	0,0073	5,2716	0,4367	4,5497	0,4460	4,7671	0,0156	0,6807
71	min	0,0014	1,0090	0,0240	0,7873	0,1608	1,0168	0,0064	0,1856
71	maks	0,0144	10,3864	1,1974	8,6677	0,7103	8,9427	0,0595	0,7857
71	ort	0,0085	6,1068	0,8608	9,3658	0,7687	9,7491	0,0611	0,5581
71	min	0,0010	0,7491	0,0534	0,4257	0,0701	0,5589	0,0097	0,0872
71	maks	0,0164	11,8384	1,9021	19,4838	2,7136	19,6377	0,6978	0,7855
71	ort	0,0084	6,0837	0,4303	10,7717	-	10,7717	0,0796	0,5544
71	min	0,0009	0,6416	0,0173	0,6041	-	0,6041	0,0081	0,0888
71	maks	0,0164	11,7865	1,1921	19,7694	-	19,7694	0,7213	0,7799
72	ort	0,0074	5,2974	0,4287	4,5369	0,4408	4,7569	0,0167	0,6775
72	min	0,0014	0,9874	0,0209	0,5365	0,1405	0,8387	0,0058	0,1435
72	maks	0,0150	10,8013	1,2465	8,9220	0,7227	9,0545	0,0611	0,7857
72	ort	0,0085	6,1040	0,8539	9,9077	0,8120	10,3143	0,0646	0,5494
72	min	0,0008	0,5919	0,0434	0,3570	0,0645	0,5277	0,0116	0,0903
72	maks	0,0166	11,9593	1,9114	19,6890	3,0647	19,7797	0,8637	0,7853
72	ort	0,0085	6,0886	0,4349	10,7447	-	10,7447	0,0671	0,5907
72	min	0,0013	0,9549	0,0199	1,0306	-	1,0306	0,0107	0,1403
72	maks	0,0162	11,6398	1,1441	19,6156	-	19,6156	0,5799	0,7772

EK 1 Performans Parametreleri: Kurgu – 1 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
73	ort	0,0074	5,3426	0,4254	4,4515	0,4320	4,6635	0,0186	0,6850
73	min	0,0017	1,2426	0,0370	1,1701	0,1949	1,3996	0,0078	0,3049
73	maks	0,0135	9,7419	1,0398	7,9692	0,6621	8,2912	0,0437	0,7854
73	ort	0,0083	5,9831	0,8130	8,4831	0,6525	8,8098	0,0492	0,6052
73	min	0,0012	0,8824	0,0702	1,1497	0,0830	1,3059	0,0082	0,1358
73	maks	0,0160	11,5050	1,8587	26,7422	1,9314	27,1289	0,3756	0,7851
73	ort	0,0083	6,0069	0,3740	14,7292	-	14,7292	0,1308	0,5507
73	min	0,0008	0,5815	0,0087	0,4900	-	0,4900	0,0070	0,0769
73	maks	0,0164	11,8415	1,1409	37,4786	-	37,4786	0,9457	0,7821
74	ort	0,0073	5,2389	0,4351	4,4865	0,4275	4,6919	0,0178	0,6754
74	min	0,0014	1,0269	0,0256	0,7271	0,1609	0,9693	0,0063	0,1745
74	maks	0,0144	10,3635	1,1994	8,6386	0,7008	8,8185	0,0554	0,7857
74	ort	0,0084	6,0380	0,8153	9,3767	0,7171	9,7357	0,0599	0,5670
74	min	0,0010	0,7319	0,0475	0,4152	0,0741	0,5470	0,0098	0,0918
74	maks	0,0163	11,7638	1,8991	32,0061	2,5187	32,4081	0,7036	0,7853
74	ort	0,0084	6,0488	0,3950	14,9251	-	14,9251	0,1117	0,5279
74	min	0,0009	0,6709	0,0107	0,5923	-	0,5923	0,0100	0,0769
74	maks	0,0164	11,7923	1,1369	36,7267	-	36,7267	0,7908	0,7800
75	ort	0,0073	5,2482	0,4354	4,5345	0,4395	4,7578	0,0169	0,6896
75	min	0,0013	0,9661	0,0212	0,5156	0,1430	0,7801	0,0067	0,1547
75	maks	0,0148	10,6834	1,2406	8,8451	0,7239	9,0303	0,0512	0,7857
75	ort	0,0085	6,0891	0,8392	10,3605	0,8037	10,7577	0,0629	0,5554
75	min	0,0008	0,5671	0,0388	0,1870	0,0555	0,2645	0,0122	0,0909
75	maks	0,0166	11,9362	1,9213	33,8098	2,9017	34,4237	0,8728	0,7848
75	ort	0,0085	6,1009	0,4065	15,1251	-	15,1251	0,0811	0,5511
75	min	0,0013	0,9320	0,0154	1,1627	-	1,1627	0,0109	0,1137
75	maks	0,0161	11,6215	1,1151	35,4320	-	35,4320	0,6395	0,7774

SS: Sürüş Süresi, SM: Sürüş Mesafesi, YM: Yürüyüş Mesafesi, PÜ: Park Ücreti, RÜ: Rezervasyon Ücreti, TÜ: Toplam Ücret, YAD: Yönlendirilen Araç Derecesi, UD: Uygunluk Derecesi, ort: ortalama, min: minimum, maks: maksimum

EK 2 Performans Parametreleri: Kurgu – 2 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
7	ort	0,0032	2,3374	0,2499	6,8376	0,5208	7,1076	0,3059	0,7727
7	min	0,0030	2,1774	0,2499	6,8376	0,5208	7,1076	0,3059	0,7727
7	maks	0,0034	2,5104	0,2499	6,8376	0,5208	7,1076	0,3059	0,7727
7	ort	0,0034	2,4927	0,2499	4,5133	0,5653	4,8059	0,4164	0,7431
7	min	0,0031	2,2769	0,2499	3,3171	0,5240	3,6175	0,3024	0,7221
7	maks	0,0037	2,7318	0,2499	5,8821	0,6145	6,1572	0,5368	0,7608
7	ort	0,0032	2,4498	0,2499	4,7919	-	4,7919	0,4302	0,7492
7	min	0,0025	1,9263	0,2499	2,2769	-	2,2769	0,2829	0,6950
7	maks	0,0044	3,2739	0,2499	7,4075	-	7,4075	0,8720	0,7805
8	ort	0,0032	2,3122	0,2499	6,8376	0,5208	7,0608	0,2949	0,7727
8	min	0,0028	2,0573	0,2499	6,8376	0,5208	7,0608	0,2949	0,7727
8	maks	0,0036	2,6408	0,2499	6,8376	0,5208	7,0608	0,2949	0,7727
8	ort	0,0034	2,4954	0,2499	4,5696	0,5601	4,8684	0,4432	0,7438
8	min	0,0029	2,1171	0,2499	2,6447	0,4854	2,8782	0,2989	0,7086
8	maks	0,0041	3,0137	0,2499	6,8717	0,6641	7,1873	0,7162	0,7737
8	ort	0,0032	2,4316	0,2499	4,7520	-	4,7520	0,4176	0,7484
8	min	0,0026	1,9501	0,2499	2,7125	-	2,7125	0,2962	0,7050
8	maks	0,0042	3,1180	0,2499	7,0237	-	7,0237	0,6963	0,7773
9	ort	0,0031	2,3050	0,2499	6,8376	0,5208	7,0831	0,3046	0,7727
9	min	0,0026	1,9435	0,2499	6,8376	0,5208	7,0831	0,3046	0,7727
9	maks	0,0039	2,8457	0,2499	6,8376	0,5208	7,0831	0,3046	0,7727
9	ort	0,0034	2,4980	0,2499	4,6067	0,5660	4,8980	0,4376	0,7421
9	min	0,0028	2,0385	0,2499	2,2593	0,4711	2,4972	0,2819	0,6936
9	maks	0,0044	3,2152	0,2499	7,3485	0,7078	7,6205	0,8150	0,7805
9	ort	0,0033	2,4540	0,2499	4,7141	-	4,7141	0,3918	0,7466
9	min	0,0028	2,0830	0,2499	3,2331	-	3,2331	0,3183	0,7212
9	maks	0,0039	2,9097	0,2499	6,2434	-	6,2434	0,5010	0,7690
10	ort	0,0032	2,3423	0,2499	6,8376	0,5208	7,0691	0,2991	0,7727
10	min	0,0031	2,2302	0,2499	6,8376	0,5208	7,0691	0,2991	0,7727
10	maks	0,0034	2,4665	0,2499	6,8376	0,5208	7,0691	0,2991	0,7727
10	ort	0,0034	2,5266	0,2499	4,6465	0,5572	4,9029	0,4414	0,7434
10	min	0,0031	2,3098	0,2499	3,5235	0,5128	3,7728	0,3279	0,7241
10	maks	0,0038	2,7930	0,2499	5,8595	0,6121	6,1096	0,5756	0,7608
10	ort	0,0032	2,4453	0,2499	4,7624	-	4,7624	0,4244	0,7489
10	min	0,0025	1,9263	0,2499	2,2546	-	2,2546	0,2767	0,6932
10	maks	0,0045	3,2947	0,2499	7,3690	-	7,3690	0,8505	0,7807
11	ort	0,0031	2,2813	0,2499	6,8376	0,5208	7,0701	0,2941	0,7727
11	min	0,0028	2,0368	0,2499	6,8376	0,5208	7,0701	0,2941	0,7727
11	maks	0,0035	2,5948	0,2499	6,8376	0,5208	7,0701	0,2941	0,7727
11	ort	0,0034	2,4812	0,2499	4,6357	0,5540	4,8916	0,4326	0,7418
11	min	0,0029	2,1071	0,2499	2,7372	0,4860	2,9819	0,3023	0,7068
11	maks	0,0042	3,0217	0,2499	6,8994	0,6324	7,1264	0,6797	0,7728
11	ort	0,0032	2,4458	0,2499	4,7442	-	4,7442	0,4257	0,7493
11	min	0,0026	1,9739	0,2499	2,6544	-	2,6544	0,2988	0,7055
11	maks	0,0043	3,1712	0,2499	7,0651	-	7,0651	0,7017	0,7777
12	ort	0,0032	2,3171	0,2499	6,8376	0,5208	7,0786	0,2972	0,7727
12	min	0,0027	1,9576	0,2499	6,8376	0,5208	7,0786	0,2972	0,7727
12	maks	0,0040	2,9229	0,2499	6,8376	0,5208	7,0786	0,2972	0,7727
12	ort	0,0034	2,4948	0,2499	4,5670	0,5663	4,8485	0,4251	0,7444
12	min	0,0028	2,0019	0,2499	2,2655	0,4653	2,5114	0,2728	0,6945
12	maks	0,0045	3,2395	0,2499	7,3062	0,7013	7,5832	0,7910	0,7806
12	ort	0,0032	2,4358	0,2499	4,9490	-	4,9490	0,4260	0,7460
12	min	0,0028	2,1539	0,2499	3,7242	-	3,7242	0,3400	0,7231
12	maks	0,0037	2,7932	0,2499	6,2239	-	6,2239	0,5650	0,7646

EK 2 Performans Parametreleri: Kurgu – 2 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
13	ort	0,0031	2,2579	0,2499	6,8376	0,5208	7,1501	0,3067	0,7727
13	min	0,0029	2,1431	0,2499	6,8376	0,5208	7,1501	0,3067	0,7727
13	maks	0,0033	2,3872	0,2499	6,8376	0,5208	7,1501	0,3067	0,7727
13	ort	0,0034	2,5052	0,2499	4,5776	0,5562	4,8533	0,4321	0,7448
13	min	0,0031	2,2768	0,2499	3,3797	0,5174	3,6624	0,3020	0,7246
13	maks	0,0038	2,7814	0,2499	5,9152	0,5934	6,2162	0,5661	0,7641
13	ort	0,0032	2,4553	0,2499	4,7843	-	4,7843	0,4327	0,7494
13	min	0,0025	1,9331	0,2499	2,2667	-	2,2667	0,2819	0,6923
13	maks	0,0045	3,2907	0,2499	7,4103	-	7,4103	0,8856	0,7805
14	ort	0,0031	2,2736	0,2499	6,8376	0,5208	7,0281	0,2995	0,7727
14	min	0,0028	2,0519	0,2499	6,8376	0,5208	7,0281	0,2995	0,7727
14	maks	0,0035	2,5832	0,2499	6,8376	0,5208	7,0281	0,2995	0,7727
14	ort	0,0034	2,4655	0,2499	4,6232	0,5522	4,9137	0,4243	0,7433
14	min	0,0029	2,1273	0,2499	2,7203	0,4802	2,9593	0,2913	0,7084
14	maks	0,0040	2,9302	0,2499	6,7838	0,6434	7,0770	0,6379	0,7733
14	ort	0,0033	2,4834	0,2499	4,7514	-	4,7514	0,4252	0,7495
14	min	0,0026	1,9815	0,2499	2,6575	-	2,6575	0,3035	0,7052
14	maks	0,0044	3,2273	0,2499	7,0772	-	7,0772	0,7225	0,7768
15	ort	0,0031	2,2425	0,2499	6,8376	0,5208	7,1013	0,3124	0,7727
15	min	0,0026	1,9433	0,2499	6,8376	0,5208	7,1013	0,3124	0,7727
15	maks	0,0037	2,7267	0,2499	6,8376	0,5208	7,1013	0,3124	0,7727
15	ort	0,0034	2,4918	0,2499	4,5956	0,5548	4,8715	0,4272	0,7427
15	min	0,0028	2,0115	0,2499	2,1855	0,4573	2,4703	0,2766	0,6927
15	maks	0,0045	3,2232	0,2499	7,3718	0,6925	7,6205	0,8023	0,7806
15	ort	0,0033	2,5035	0,2499	4,7395	-	4,7395	0,4234	0,7489
15	min	0,0028	2,1453	0,2499	3,4510	-	3,4510	0,3295	0,7243
15	maks	0,0039	2,9058	0,2499	6,1418	-	6,1418	0,5633	0,7686
16	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
16	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
16	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
16	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
16	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	0,0000	-1,0000
16	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
16	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
16	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
16	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
17	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
17	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
17	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
17	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
17	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	0,0000	-1,0000
17	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
17	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
17	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
17	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
18	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
18	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
18	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
18	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
18	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	0,0000	-1,0000
18	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
18	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
18	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
18	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000

EK 2 Performans Parametreleri: Kurgu – 2 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
19	ort	0,0043	3,1569	0,4777	5,9616	0,4416	6,1088	0,2997	0,6980
19	min	0,0043	3,1415	0,4777	5,9616	0,4416	6,1088	0,2926	0,6863
19	maks	0,0043	3,1723	0,4777	5,9616	0,4416	6,1088	0,3066	0,7096
19	ort	0,0038	2,7678	0,4777	5,2408	0,3587	5,4153	0,2671	0,6650
19	min	0,0033	2,4449	0,4777	3,5471	0,3270	3,7298	0,1958	0,6147
19	maks	0,0043	3,1129	0,4777	6,9049	0,3905	7,0927	0,2924	0,7135
19	ort	0,0037	2,8364	0,4777	5,2370	-	5,2370	0,2758	0,6649
19	min	0,0029	2,2337	0,4777	1,6735	-	1,6735	0,1699	0,5650
19	maks	0,0046	3,4625	0,4777	8,0407	-	8,0407	0,3546	0,7806
20	ort	0,0043	3,1264	0,4777	5,9616	0,4416	6,1423	0,3026	0,6658
20	min	0,0041	3,0085	0,4777	5,9616	0,4416	6,1423	0,2845	0,6296
20	maks	0,0044	3,2443	0,4777	5,9616	0,4416	6,1423	0,3214	0,7019
20	ort	0,0037	2,7365	0,4777	5,4441	0,3603	5,6321	0,2705	0,6615
20	min	0,0031	2,2481	0,4777	2,7620	0,3189	2,9366	0,2110	0,5664
20	maks	0,0046	3,3656	0,4777	7,7872	0,4064	8,0249	0,3248	0,7471
20	ort	0,0038	2,8531	0,4777	5,0223	-	5,0223	0,2729	0,6681
20	min	0,0030	2,2916	0,4777	1,9800	-	1,9800	0,1895	0,5750
20	maks	0,0045	3,4325	0,4777	7,6622	-	7,6622	0,3414	0,7677
21	ort	0,0043	3,1366	0,4777	5,9616	0,4416	6,1638	0,2979	0,6747
21	min	0,0040	2,9166	0,4777	5,9616	0,4416	6,1638	0,2648	0,5963
21	maks	0,0045	3,3565	0,4777	5,9616	0,4416	6,1638	0,3344	0,7531
21	ort	0,0038	2,7679	0,4777	5,2260	0,3650	5,4120	0,2660	0,6625
21	min	0,0030	2,2117	0,4777	1,7713	0,3026	2,0065	0,1779	0,5357
21	maks	0,0047	3,4495	0,4777	8,0222	0,4325	8,2571	0,3378	0,7751
21	ort	0,0037	2,8086	0,4777	5,0257	-	5,0257	0,2746	0,6635
21	min	0,0033	2,5012	0,4777	3,5259	-	3,5259	0,2401	0,6109
21	maks	0,0041	3,1181	0,4777	6,4532	-	6,4532	0,3082	0,7155
22	ort	0,0036	2,6511	0,3837	8,4391	0,6045	8,7333	0,2352	0,6511
22	min	0,0032	2,3220	0,3286	6,7712	0,5636	7,0295	0,2063	0,5515
22	maks	0,0041	3,0503	0,4340	10,2105	0,6441	10,5587	0,2640	0,7259
22	ort	0,0038	2,7493	0,3868	6,1652	0,5474	6,4365	0,2853	0,6716
22	min	0,0028	2,0242	0,2557	2,4632	0,4116	2,7072	0,1505	0,4489
22	maks	0,0047	3,4416	0,4840	11,3532	0,7096	11,6542	0,5461	0,7782
22	ort	0,0036	2,7197	0,3813	6,3230	-	6,3230	0,2855	0,6673
22	min	0,0024	1,7925	0,2499	1,1304	-	1,1304	0,1214	0,2497
22	maks	0,0050	3,8264	0,4777	14,6481	-	14,6481	0,8570	0,7874
23	ort	0,0037	2,6890	0,3751	8,4144	0,5859	8,7181	0,2430	0,6362
23	min	0,0028	2,0644	0,2856	5,5348	0,5137	5,8773	0,1849	0,3893
23	maks	0,0047	3,4993	0,4564	11,8591	0,6653	12,1970	0,2975	0,7740
23	ort	0,0037	2,7163	0,3839	6,3243	0,5477	6,5944	0,2891	0,6701
23	min	0,0026	1,8327	0,2499	1,5333	0,3581	1,7947	0,1337	0,3526
23	maks	0,0049	3,5451	0,4911	14,3756	0,7939	14,6742	0,6735	0,7857
23	ort	0,0036	2,7343	0,3836	6,2334	-	6,2334	0,2871	0,6646
23	min	0,0025	1,8310	0,2499	1,4281	-	1,4281	0,1262	0,3182
23	maks	0,0049	3,6984	0,4777	13,4100	-	13,4100	0,7332	0,7864
24	ort	0,0037	2,6818	0,3746	8,3112	0,5783	8,6121	0,2403	0,6266
24	min	0,0026	1,9333	0,2538	5,1019	0,4806	5,4263	0,1579	0,2932
24	maks	0,0050	3,7530	0,4764	12,5903	0,6914	12,9426	0,3108	0,7822
24	ort	0,0037	2,7220	0,3857	6,2205	0,5451	6,4987	0,2946	0,6643
24	min	0,0025	1,7852	0,2499	1,1363	0,3145	1,4052	0,1246	0,2734
24	maks	0,0051	3,6482	0,4923	15,0582	0,8506	15,3481	0,8396	0,7877
24	ort	0,0036	2,7319	0,3804	6,3654	-	6,3654	0,2919	0,6641
24	min	0,0026	1,9305	0,2548	2,2994	-	2,2994	0,1481	0,4064
24	maks	0,0046	3,5030	0,4741	12,3135	-	12,3135	0,5714	0,7820

EK 2 Performans Parametreleri: Kurgu – 2 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
25	ort	0,0037	2,6940	0,3665	8,6570	0,5943	9,0012	0,2358	0,6616
25	min	0,0032	2,3060	0,3199	7,1750	0,5621	7,4966	0,2070	0,5583
25	maks	0,0042	3,1165	0,4132	10,3497	0,6317	10,7211	0,2630	0,7376
25	ort	0,0038	2,7425	0,3825	6,2902	0,5585	6,5871	0,2875	0,6715
25	min	0,0028	2,0035	0,2567	2,6005	0,4034	2,7921	0,1553	0,4326
25	maks	0,0048	3,4782	0,4872	12,1551	0,7323	12,4674	0,5256	0,7808
25	ort	0,0036	2,7202	0,3833	6,3132	-	6,3132	0,2829	0,6655
25	min	0,0024	1,7881	0,2499	1,1200	-	1,1200	0,1212	0,2414
25	maks	0,0050	3,8298	0,4777	14,5046	-	14,5046	0,8320	0,7877
26	ort	0,0037	2,6935	0,3817	8,1309	0,5821	8,4255	0,2400	0,6343
26	min	0,0028	2,0235	0,2889	5,4909	0,5195	5,7535	0,1798	0,3868
26	maks	0,0049	3,6067	0,4671	11,5293	0,6564	11,8959	0,2936	0,7771
26	ort	0,0038	2,7378	0,3831	6,2324	0,5581	6,5218	0,2891	0,6686
26	min	0,0026	1,8486	0,2499	1,4371	0,3561	1,7005	0,1302	0,3334
26	maks	0,0050	3,5898	0,4911	14,3700	0,8366	14,7041	0,6785	0,7864
26	ort	0,0036	2,7166	0,3843	6,3899	-	6,3899	0,2843	0,6614
26	min	0,0025	1,8367	0,2499	1,5312	-	1,5312	0,1291	0,3034
26	maks	0,0048	3,6422	0,4777	13,7978	-	13,7978	0,7039	0,7858
27	ort	0,0037	2,6780	0,3762	8,3850	0,5881	8,6653	0,2420	0,6268
27	min	0,0027	1,9504	0,2557	5,1368	0,4931	5,3837	0,1663	0,2831
27	maks	0,0050	3,7349	0,4764	12,6155	0,6966	12,9726	0,3098	0,7830
27	ort	0,0037	2,7267	0,3833	6,2055	0,5424	6,4803	0,2914	0,6687
27	min	0,0025	1,7909	0,2499	1,1555	0,3197	1,3715	0,1255	0,2845
27	maks	0,0051	3,6460	0,4922	15,1521	0,8545	15,4954	0,7610	0,7877
27	ort	0,0036	2,7156	0,3858	6,4371	-	6,4371	0,2848	0,6550
27	min	0,0026	1,9326	0,2548	2,2784	-	2,2784	0,1450	0,3909
27	maks	0,0046	3,4816	0,4777	12,1041	-	12,1041	0,5541	0,7805
28	ort	0,0037	2,7368	0,3783	8,2395	0,5817	8,5082	0,2418	0,6312
28	min	0,0032	2,3277	0,3309	6,8313	0,5515	7,1172	0,2054	0,5030
28	maks	0,0043	3,1944	0,4269	9,8754	0,6139	10,1204	0,2755	0,7240
28	ort	0,0037	2,7165	0,3829	6,3649	0,5492	6,6484	0,2928	0,6652
28	min	0,0027	1,9832	0,2580	2,2226	0,4004	2,4348	0,1527	0,4362
28	maks	0,0047	3,4169	0,4870	12,3202	0,7288	12,6566	0,5558	0,7750
28	ort	0,0036	2,7233	0,3826	6,3013	-	6,3013	0,2840	0,6683
28	min	0,0024	1,7837	0,2499	1,1021	-	1,1021	0,1209	0,2537
28	maks	0,0050	3,8072	0,4777	14,2863	-	14,2863	0,8550	0,7878
29	ort	0,0036	2,6310	0,3711	8,4939	0,5960	8,8047	0,2375	0,6260
29	min	0,0028	2,0256	0,2791	5,7930	0,5231	6,0808	0,1784	0,3907
29	maks	0,0047	3,4732	0,4610	11,7868	0,6673	12,1566	0,2899	0,7583
29	ort	0,0037	2,7278	0,3859	6,2767	0,5513	6,5497	0,2981	0,6672
29	min	0,0026	1,8662	0,2499	1,4661	0,3373	1,6597	0,1344	0,3304
29	maks	0,0050	3,6208	0,4910	14,5275	0,7986	14,8595	0,7422	0,7859
29	ort	0,0036	2,7326	0,3811	6,3250	-	6,3250	0,2892	0,6671
29	min	0,0024	1,8119	0,2499	1,5823	-	1,5823	0,1283	0,3279
29	maks	0,0049	3,7158	0,4777	13,4244	-	13,4244	0,7111	0,7868
30	ort	0,0037	2,6751	0,3731	8,3695	0,5881	8,6444	0,2423	0,6236
30	min	0,0027	1,9537	0,2528	5,1521	0,4963	5,4641	0,1614	0,2563
30	maks	0,0050	3,7377	0,4764	12,6916	0,6829	12,9786	0,3108	0,7826
30	ort	0,0037	2,7100	0,3855	6,2762	0,5472	6,5477	0,2935	0,6691
30	min	0,0025	1,7957	0,2499	1,0960	0,3208	1,3023	0,1261	0,2951
30	maks	0,0051	3,6447	0,4923	15,3389	0,8596	15,6701	0,7926	0,7876
30	ort	0,0036	2,7281	0,3823	6,3563	-	6,3563	0,2838	0,6630
30	min	0,0026	1,9496	0,2570	2,2806	-	2,2806	0,1429	0,4240
30	maks	0,0046	3,4674	0,4777	12,3307	-	12,3307	0,5194	0,7813

EK 2 Performans Parametreleri: Kurgu – 2 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
31	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
31	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
31	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
31	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
31	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	0,0000	-1,0000
31	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
31	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
31	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
31	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
32	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
32	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
32	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
32	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
32	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	0,0000	-1,0000
32	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
32	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
32	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
32	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
33	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
33	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
33	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
33	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
33	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	0,0000	-1,0000
33	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
33	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
33	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
33	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
34	ort	0,0037	2,6805	0,5611	5,1026	0,3096	5,2422	0,6765	0,5793
34	min	0,0029	2,1514	0,5230	4,0276	0,2899	4,1348	0,6108	0,4838
34	maks	0,0043	3,1464	0,5973	5,9925	0,3278	6,1615	0,7274	0,6646
34	ort	0,0035	2,5516	0,5359	4,2665	0,3278	4,4254	0,6446	0,5516
34	min	0,0023	1,6724	0,4793	1,3579	0,2195	1,4840	0,3634	0,3421
34	maks	0,0048	3,5124	0,6435	7,6505	0,4124	7,8710	0,8226	0,7501
34	ort	0,0034	2,5892	0,5339	4,3991	-	4,3991	0,6441	0,5446
34	min	0,0019	1,5009	0,4777	0,8400	-	0,8400	0,2669	0,2893
34	maks	0,0054	4,0042	0,6223	8,3848	-	8,3848	0,9199	0,7842
35	ort	0,0037	2,6981	0,5547	5,0433	0,3089	5,1888	0,6700	0,5574
35	min	0,0026	1,9082	0,4883	3,0932	0,2698	3,2384	0,5085	0,3818
35	maks	0,0045	3,3624	0,6154	6,4620	0,3501	6,6193	0,7495	0,7172
35	ort	0,0035	2,5358	0,5383	4,2912	0,3280	4,4533	0,6586	0,5431
35	min	0,0021	1,5362	0,4780	0,9738	0,1807	1,0434	0,2872	0,3029
35	maks	0,0051	3,7348	0,6773	8,2147	0,4342	8,4038	0,8760	0,7711
35	ort	0,0034	2,5848	0,5338	4,3786	-	4,3786	0,6496	0,5444
35	min	0,0019	1,5085	0,4777	0,9390	-	0,9390	0,2796	0,3029
35	maks	0,0051	3,8417	0,6212	8,2091	-	8,2091	0,8962	0,7777
36	ort	0,0037	2,6969	0,5534	5,1046	0,3151	5,2650	0,6771	0,5579
36	min	0,0022	1,6358	0,4784	2,7760	0,2462	2,9043	0,3857	0,3550
36	maks	0,0046	3,4443	0,6218	6,6223	0,3804	6,8153	0,7751	0,7518
36	ort	0,0035	2,5354	0,5382	4,2927	0,3327	4,4624	0,6674	0,5411
36	min	0,0020	1,5009	0,4777	0,8261	0,1589	0,9163	0,2434	0,2879
36	maks	0,0054	3,9060	0,7028	8,3765	0,4444	8,6215	0,9139	0,7841
36	ort	0,0035	2,6060	0,5347	4,3468	-	4,3468	0,6547	0,5411
36	min	0,0021	1,6176	0,4780	1,1948	-	1,1948	0,3159	0,3286
36	maks	0,0048	3,6472	0,6157	7,7673	-	7,7673	0,8295	0,7451

EK 2 Performans Parametreleri: Kurgu – 2 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
37	ort	0,0034	2,4838	0,4253	4,9584	0,3113	5,1109	0,2386	0,7090
37	min	0,0027	1,9789	0,3424	4,0094	0,2877	4,1524	0,1884	0,6583
37	maks	0,0041	3,0002	0,4982	5,7357	0,3354	5,8882	0,2906	0,7542
37	ort	0,0036	2,6174	0,5125	5,9997	0,4736	6,2392	0,3010	0,6921
37	min	0,0025	1,8179	0,3485	1,5067	0,2725	1,6505	0,1383	0,5013
37	maks	0,0047	3,4419	0,6452	12,7015	0,7050	12,9807	0,5406	0,7870
37	ort	0,0037	2,7845	0,4039	6,4389	-	6,4389	0,2964	0,6504
37	min	0,0024	1,7881	0,2499	1,1129	-	1,1129	0,1302	0,2920
37	maks	0,0054	4,0205	0,5297	14,5404	-	14,5404	0,7967	0,7867
38	ort	0,0034	2,4815	0,4376	5,0046	0,3064	5,1561	0,2251	0,6836
38	min	0,0024	1,7744	0,3043	3,2215	0,2634	3,3698	0,1434	0,5415
38	maks	0,0043	3,1830	0,5341	6,3670	0,3491	6,5275	0,3128	0,7726
38	ort	0,0035	2,5811	0,5108	6,4136	0,4744	6,6432	0,2977	0,6868
38	min	0,0022	1,5905	0,2856	1,0846	0,1962	1,2159	0,1345	0,3970
38	maks	0,0049	3,6129	0,6780	14,9756	0,7836	15,2986	0,6564	0,7889
38	ort	0,0037	2,7865	0,4028	6,4197	-	6,4197	0,2919	0,6419
38	min	0,0025	1,8295	0,2499	1,3997	-	1,3997	0,1250	0,2740
38	maks	0,0052	3,9223	0,5302	13,7562	-	13,7562	0,6961	0,7855
39	ort	0,0034	2,5026	0,4272	5,1030	0,3125	5,2514	0,2236	0,6663
39	min	0,0022	1,6142	0,2580	2,8184	0,2484	2,9448	0,1152	0,4411
39	maks	0,0046	3,4065	0,5434	6,6351	0,3730	6,8103	0,3761	0,7792
39	ort	0,0035	2,5674	0,5109	6,4915	0,4983	6,7335	0,3136	0,6813
39	min	0,0021	1,5201	0,2600	0,8802	0,1848	0,9687	0,1109	0,3105
39	maks	0,0051	3,7466	0,7056	15,4107	0,8609	15,8117	0,8164	0,7898
39	ort	0,0037	2,7768	0,4039	6,3819	-	6,3819	0,2921	0,6216
39	min	0,0026	1,9655	0,2548	2,2364	-	2,2364	0,1144	0,2924
39	maks	0,0049	3,6755	0,5187	12,1484	-	12,1484	0,5611	0,7759
40	ort	0,0034	2,4853	0,4246	5,1123	0,3069	5,2715	0,2400	0,7161
40	min	0,0028	2,0290	0,3462	4,1457	0,2846	4,2985	0,1895	0,6492
40	maks	0,0040	2,9660	0,4883	5,9429	0,3278	6,1121	0,2929	0,7662
40	ort	0,0036	2,5987	0,5116	6,1486	0,4767	6,3834	0,3008	0,6799
40	min	0,0025	1,8003	0,3558	1,5816	0,2788	1,7266	0,1491	0,4647
40	maks	0,0047	3,4077	0,6429	12,8682	0,6895	13,1226	0,5483	0,7843
40	ort	0,0037	2,7890	0,4032	6,3960	-	6,3960	0,2992	0,6530
40	min	0,0024	1,7896	0,2499	1,1020	-	1,1020	0,1340	0,3040
40	maks	0,0054	4,0347	0,5313	14,3543	-	14,3543	0,8356	0,7868
41	ort	0,0034	2,4913	0,4317	4,9666	0,3158	5,1151	0,2229	0,6883
41	min	0,0024	1,7481	0,2837	3,1632	0,2706	3,3006	0,1398	0,5466
41	maks	0,0044	3,2504	0,5387	6,3582	0,3655	6,5367	0,3177	0,7705
41	ort	0,0035	2,5792	0,5122	6,2899	0,4907	6,5348	0,2958	0,6830
41	min	0,0022	1,5925	0,2892	1,0428	0,1992	1,1655	0,1296	0,3855
41	maks	0,0050	3,6304	0,6827	14,9027	0,8237	15,2152	0,6457	0,7893
41	ort	0,0037	2,7875	0,4031	6,4793	-	6,4793	0,2980	0,6411
41	min	0,0024	1,8247	0,2499	1,5042	-	1,5042	0,1223	0,2691
41	maks	0,0052	3,9263	0,5298	13,8739	-	13,8739	0,7172	0,7855
42	ort	0,0034	2,5063	0,4258	5,0269	0,3121	5,1852	0,2178	0,6676
42	min	0,0022	1,6202	0,2567	2,6723	0,2427	2,8072	0,1190	0,4397
42	maks	0,0046	3,4357	0,5455	6,6223	0,3784	6,7980	0,3742	0,7776
42	ort	0,0035	2,5707	0,5091	6,4641	0,4901	6,7151	0,3127	0,6795
42	min	0,0021	1,5189	0,2596	0,8942	0,1662	1,0006	0,1098	0,3090
42	maks	0,0050	3,7024	0,6985	15,4063	0,8381	15,8158	0,7964	0,7898
42	ort	0,0037	2,7710	0,4060	6,4199	-	6,4199	0,3000	0,6314
42	min	0,0026	1,9518	0,2587	2,2857	-	2,2857	0,1161	0,3269
42	maks	0,0049	3,6715	0,5189	12,1288	-	12,1288	0,5623	0,7793

EK 2 Performans Parametreleri: Kurgu – 2 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
43	ort	0,0034	2,5093	0,4265	4,9401	0,3052	5,0885	0,2348	0,7090
43	min	0,0029	2,0956	0,3521	3,9184	0,2806	4,0549	0,1847	0,6553
43	maks	0,0040	2,9527	0,4954	5,8651	0,3288	6,0183	0,2849	0,7553
43	ort	0,0036	2,5898	0,5107	6,1506	0,4839	6,4090	0,2890	0,6845
43	min	0,0025	1,7931	0,3517	1,6613	0,2827	1,8026	0,1430	0,4897
43	maks	0,0047	3,4012	0,6388	12,9903	0,7016	13,3563	0,4913	0,7848
43	ort	0,0037	2,7908	0,4031	6,4188	-	6,4188	0,3024	0,6548
43	min	0,0024	1,7867	0,2499	1,1282	-	1,1282	0,1365	0,3140
43	maks	0,0054	4,0532	0,5309	14,5183	-	14,5183	0,8811	0,7870
44	ort	0,0034	2,4897	0,4287	5,0716	0,3188	5,2351	0,2271	0,6847
44	min	0,0024	1,7709	0,2878	3,2724	0,2763	3,4112	0,1436	0,5352
44	maks	0,0044	3,2396	0,5337	6,3953	0,3598	6,5849	0,3349	0,7759
44	ort	0,0035	2,5817	0,5086	6,3713	0,4915	6,6337	0,3084	0,6859
44	min	0,0022	1,6031	0,2992	1,0909	0,1956	1,2520	0,1316	0,3861
44	maks	0,0049	3,6143	0,6813	14,7670	0,8250	15,1503	0,6935	0,7893
44	ort	0,0037	2,7943	0,4028	6,4298	-	6,4298	0,2937	0,6418
44	min	0,0025	1,8473	0,2499	1,3672	-	1,3672	0,1156	0,2764
44	maks	0,0053	3,9438	0,5327	13,6319	-	13,6319	0,6975	0,7850
45	ort	0,0034	2,4994	0,4258	5,0076	0,3119	5,1538	0,2238	0,6687
45	min	0,0022	1,6574	0,2557	2,7008	0,2494	2,8197	0,1202	0,4386
45	maks	0,0046	3,3937	0,5459	6,6126	0,3660	6,8000	0,3830	0,7780
45	ort	0,0036	2,5828	0,5099	6,4834	0,4891	6,7323	0,3107	0,6806
45	min	0,0021	1,5465	0,2606	0,8943	0,1739	1,0029	0,1077	0,3121
45	maks	0,0051	3,7298	0,7008	15,4182	0,8470	15,8516	0,7849	0,7897
45	ort	0,0036	2,7357	0,4007	6,5193	-	6,5193	0,2970	0,6334
45	min	0,0026	1,9226	0,2548	2,1195	-	2,1195	0,1159	0,3117
45	maks	0,0048	3,6240	0,5196	12,3482	-	12,3482	0,6040	0,7797
46	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
46	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
46	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
46	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
46	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	0,0000	-1,0000
46	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
46	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
46	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
46	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
47	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
47	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
47	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
47	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
47	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	0,0000	-1,0000
47	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
47	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
47	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
47	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
48	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
48	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
48	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
48	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
48	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	0,0000	-1,0000
48	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
48	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
48	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
48	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000

EK 2 Performans Parametreleri: Kurgu – 2 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
49	ort	0,0037	2,7012	0,5558	4,9878	0,3049	5,1501	0,5105	0,5568
49	min	0,0030	2,2204	0,5132	4,0294	0,2834	4,1723	0,4094	0,4550
49	maks	0,0043	3,1455	0,5928	5,9017	0,3236	6,0642	0,6188	0,6593
49	ort	0,0036	2,6111	0,5845	4,2306	0,3237	4,3901	0,6200	0,5673
49	min	0,0022	1,6469	0,4924	1,2888	0,2156	1,4093	0,3770	0,3573
49	maks	0,0054	3,8931	0,7458	7,6394	0,4144	7,8390	0,8119	0,7522
49	ort	0,0034	2,5773	0,5341	4,3715	-	4,3715	0,6224	0,5552
49	min	0,0019	1,5009	0,4777	0,8118	-	0,8118	0,2971	0,2929
49	maks	0,0052	3,8737	0,6223	8,3710	-	8,3710	0,9387	0,7855
50	ort	0,0037	2,6826	0,5588	4,8785	0,3128	5,0308	0,5079	0,5654
50	min	0,0025	1,8110	0,4900	3,2281	0,2782	3,3278	0,3561	0,4086
50	maks	0,0046	3,3811	0,6185	6,3176	0,3435	6,4935	0,6911	0,7008
50	ort	0,0035	2,5768	0,5867	4,1725	0,3187	4,3289	0,6090	0,5735
50	min	0,0021	1,5375	0,4836	0,9250	0,1698	1,0236	0,3441	0,3214
50	maks	0,0056	4,0359	0,7607	8,1242	0,4303	8,3456	0,8537	0,7782
50	ort	0,0034	2,5820	0,5345	4,3877	-	4,3877	0,6062	0,5600
50	min	0,0019	1,5222	0,4777	0,9356	-	0,9356	0,3415	0,3129
50	maks	0,0051	3,8178	0,6207	8,2382	-	8,2382	0,8650	0,7746
51	ort	0,0037	2,6937	0,5572	4,8460	0,3132	5,0085	0,5049	0,5579
51	min	0,0022	1,6565	0,4802	2,6788	0,2530	2,8392	0,3492	0,3736
51	maks	0,0046	3,4408	0,6218	6,5837	0,3636	6,7554	0,7087	0,7219
51	ort	0,0035	2,5727	0,5848	4,1520	0,3235	4,3094	0,6032	0,5773
51	min	0,0020	1,5085	0,4780	0,8258	0,1549	0,9081	0,3355	0,2950
51	maks	0,0057	4,1110	0,7611	8,3469	0,4376	8,5837	0,8952	0,7859
51	ort	0,0034	2,5761	0,5332	4,4500	-	4,4500	0,6095	0,5545
51	min	0,0021	1,6302	0,4810	1,3027	-	1,3027	0,3909	0,3419
51	maks	0,0048	3,6081	0,6157	7,7618	-	7,7618	0,7754	0,7428
52	ort	0,0033	2,4055	0,4512	5,0127	0,3039	5,1748	0,1729	0,7114
52	min	0,0028	2,0227	0,3727	4,0066	0,2817	4,1508	0,1442	0,6562
52	maks	0,0038	2,7694	0,5186	5,9212	0,3239	6,1040	0,2029	0,7558
52	ort	0,0035	2,5290	0,5882	6,3457	0,4444	6,5614	0,2827	0,6967
52	min	0,0024	1,7332	0,3636	1,5594	0,2564	1,6878	0,1433	0,5011
52	maks	0,0050	3,6219	0,8395	13,3318	0,6607	13,6044	0,5034	0,7875
52	ort	0,0037	2,7904	0,4023	6,3655	-	6,3655	0,2959	0,6530
52	min	0,0024	1,7969	0,2499	1,0971	-	1,0971	0,1298	0,2680
52	maks	0,0054	4,0398	0,5306	14,5092	-	14,5092	0,8655	0,7869
53	ort	0,0032	2,3752	0,4339	4,8516	0,3014	4,9899	0,1799	0,6809
53	min	0,0023	1,7238	0,2843	3,0373	0,2600	3,1627	0,1380	0,5276
53	maks	0,0042	3,1219	0,5352	6,3246	0,3354	6,4689	0,2259	0,7707
53	ort	0,0035	2,5560	0,5874	6,5015	0,4755	6,7418	0,2789	0,6920
53	min	0,0022	1,5745	0,2913	1,0353	0,1875	1,1697	0,1362	0,4222
53	maks	0,0054	3,9377	0,9228	15,0415	0,8167	15,4017	0,6554	0,7894
53	ort	0,0037	2,7870	0,4024	6,3774	-	6,3774	0,2803	0,6445
53	min	0,0024	1,8215	0,2499	1,4208	-	1,4208	0,1333	0,2567
53	maks	0,0052	3,9175	0,5293	13,4140	-	13,4140	0,7090	0,7852
54	ort	0,0032	2,3543	0,4229	4,8408	0,3097	4,9979	0,1853	0,6750
54	min	0,0022	1,6180	0,2538	2,6677	0,2424	2,8138	0,1416	0,4663
54	maks	0,0044	3,2301	0,5427	6,5698	0,3637	6,7878	0,2319	0,7763
54	ort	0,0035	2,5728	0,5856	6,7159	0,4899	6,9675	0,2813	0,6862
54	min	0,0021	1,5173	0,2580	0,9502	0,1574	1,0466	0,1306	0,3045
54	maks	0,0056	4,0626	0,9531	15,9124	0,8529	16,1663	0,7860	0,7899
54	ort	0,0037	2,7773	0,4065	6,4047	-	6,4047	0,2699	0,6382
54	min	0,0026	1,9527	0,2538	2,3056	-	2,3056	0,1406	0,3518
54	maks	0,0049	3,7148	0,5227	11,8994	-	11,8994	0,5426	0,7770

EK 2 Performans Parametreleri: Kurgu – 2 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
55	ort	0,0031	2,2990	0,4201	4,8885	0,3051	5,0349	0,1835	0,7089
55	min	0,0026	1,9314	0,3333	3,8435	0,2807	3,9939	0,1467	0,6564
55	maks	0,0037	2,6922	0,4937	5,8533	0,3271	6,0001	0,2205	0,7545
55	ort	0,0035	2,5611	0,5945	6,3358	0,4586	6,5637	0,2857	0,6940
55	min	0,0024	1,7333	0,3571	1,4584	0,2560	1,5892	0,1485	0,4841
55	maks	0,0051	3,7272	0,8868	13,4277	0,7032	13,6944	0,5254	0,7883
55	ort	0,0037	2,7913	0,4035	6,4200	-	6,4200	0,2939	0,6521
55	min	0,0024	1,7867	0,2499	1,1119	-	1,1119	0,1321	0,2540
55	maks	0,0054	4,0447	0,5325	14,5002	-	14,5002	0,8350	0,7866
56	ort	0,0032	2,3469	0,4276	4,9339	0,3100	5,1073	0,1875	0,6867
56	min	0,0023	1,7109	0,2866	3,1986	0,2597	3,3388	0,1480	0,5426
56	maks	0,0042	3,0646	0,5343	6,3982	0,3515	6,5973	0,2309	0,7722
56	ort	0,0036	2,5819	0,5894	6,5255	0,4890	6,7717	0,2793	0,6880
56	min	0,0022	1,5827	0,2999	1,0286	0,2056	1,1294	0,1354	0,3736
56	maks	0,0054	3,9528	0,9216	15,1382	0,8125	15,4804	0,6597	0,7896
56	ort	0,0037	2,7723	0,4015	6,4229	-	6,4229	0,2799	0,6418
56	min	0,0024	1,8151	0,2499	1,3497	-	1,3497	0,1316	0,2440
56	maks	0,0052	3,9034	0,5299	13,6589	-	13,6589	0,7147	0,7851
57	ort	0,0032	2,3568	0,4299	4,8198	0,3097	4,9836	0,1915	0,6772
57	min	0,0022	1,6145	0,2557	2,6814	0,2415	2,8473	0,1461	0,4492
57	maks	0,0044	3,2663	0,5450	6,5824	0,3657	6,7762	0,2351	0,7772
57	ort	0,0036	2,5857	0,5868	6,6314	0,4850	6,8695	0,2837	0,6870
57	min	0,0020	1,5093	0,2635	0,9233	0,1749	1,0318	0,1250	0,3253
57	maks	0,0056	4,0568	0,9520	15,7583	0,8571	16,0917	0,8575	0,7897
57	ort	0,0037	2,7660	0,3980	6,5981	-	6,5981	0,2524	0,6314
57	min	0,0025	1,9150	0,2528	2,2737	-	2,2737	0,1323	0,2922
57	maks	0,0049	3,6950	0,5211	12,5757	-	12,5757	0,4691	0,7809
58	ort	0,0032	2,3532	0,4071	4,9224	0,2959	5,0658	0,1704	0,7165
58	min	0,0027	2,0133	0,3179	4,0083	0,2763	4,1312	0,1359	0,6608
58	maks	0,0037	2,7314	0,4850	5,7653	0,3131	5,9179	0,2062	0,7608
58	ort	0,0035	2,5489	0,5827	6,1847	0,4797	6,4275	0,2652	0,6969
58	min	0,0023	1,6923	0,3389	1,5688	0,2550	1,6900	0,1502	0,4851
58	maks	0,0050	3,6396	0,8481	13,1132	0,7133	13,4071	0,4665	0,7864
58	ort	0,0037	2,7948	0,4054	6,4191	-	6,4191	0,2957	0,6522
58	min	0,0024	1,7881	0,2499	1,1172	-	1,1172	0,1355	0,2580
58	maks	0,0054	4,0326	0,5306	14,4497	-	14,4497	0,8845	0,7867
59	ort	0,0033	2,3891	0,4222	4,9334	0,3112	5,0901	0,1869	0,6872
59	min	0,0024	1,7468	0,2782	3,1271	0,2778	3,2875	0,1426	0,5479
59	maks	0,0042	3,0864	0,5336	6,3860	0,3458	6,5424	0,2324	0,7738
59	ort	0,0036	2,6083	0,5897	6,4803	0,4891	6,7238	0,2784	0,6890
59	min	0,0022	1,6238	0,2942	1,0833	0,1938	1,2167	0,1387	0,3999
59	maks	0,0055	3,9721	0,9207	15,1296	0,8211	15,4238	0,6332	0,7892
59	ort	0,0037	2,7726	0,4020	6,4037	-	6,4037	0,2806	0,6456
59	min	0,0024	1,8240	0,2499	1,5215	-	1,5215	0,1297	0,2503
59	maks	0,0053	3,9537	0,5310	13,4274	-	13,4274	0,7044	0,7853
60	ort	0,0032	2,3516	0,4244	4,8692	0,3047	5,0234	0,1847	0,6748
60	min	0,0022	1,6091	0,2557	2,6785	0,2361	2,8043	0,1403	0,4501
60	maks	0,0044	3,2478	0,5446	6,6265	0,3593	6,7884	0,2312	0,7762
60	ort	0,0035	2,5558	0,5848	6,6172	0,4939	6,8710	0,2768	0,6870
60	min	0,0020	1,5120	0,2619	0,9063	0,1652	1,0223	0,1260	0,3229
60	maks	0,0056	4,0615	0,9542	15,8588	0,8595	16,1613	0,7712	0,7898
60	ort	0,0037	2,8006	0,4060	6,4976	-	6,4976	0,2696	0,6331
60	min	0,0026	1,9556	0,2548	2,1812	-	2,1812	0,1350	0,2992
60	maks	0,0050	3,7382	0,5238	12,0105	-	12,0105	0,5196	0,7797

EK 2 Performans Parametreleri: Kurgu – 2 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
61	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
61	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
61	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
61	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
61	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	0,0000	-1,0000
61	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
61	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
61	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
61	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
62	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
62	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
62	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
62	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
62	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	0,0000	-1,0000
62	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
62	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
62	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
62	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
63	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
63	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
63	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
63	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
63	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	0,0000	-1,0000
63	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000
63	ort	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
63	min	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
63	maks	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-1,0000	-	-1,0000	-1,0000	-1,0000
64	ort	0,0037	2,6803	0,5597	3,8342	0,2156	3,9491	0,4226	0,6292
64	min	0,0030	2,1982	0,5194	3,1710	0,1936	3,2715	0,3782	0,5635
64	maks	0,0042	3,1148	0,5966	4,3910	0,2392	4,5159	0,4776	0,6872
64	ort	0,0034	2,4904	0,8336	4,0579	0,3059	4,2123	0,5376	0,6033
64	min	0,0021	1,5161	0,4905	1,2120	0,1937	1,3212	0,3531	0,4132
64	maks	0,0053	3,8785	1,3045	7,5428	0,4040	7,7967	0,8182	0,7551
64	ort	0,0034	2,5931	0,5333	4,3753	-	4,3753	0,5937	0,5642
64	min	0,0019	1,5009	0,4777	0,8144	-	0,8144	0,3479	0,3358
64	maks	0,0054	3,9963	0,6220	8,3952	-	8,3952	0,8642	0,7885
65	ort	0,0036	2,6257	0,5580	3,9042	0,2286	4,0112	0,4611	0,6107
65	min	0,0024	1,7513	0,4883	2,5671	0,1864	2,6514	0,4054	0,4968
65	maks	0,0046	3,3828	0,6181	4,8293	0,2922	4,9136	0,5451	0,7123
65	ort	0,0035	2,5254	0,8006	4,0276	0,3171	4,1810	0,5368	0,5932
65	min	0,0020	1,5085	0,4803	0,8484	0,1606	0,9522	0,3922	0,3874
65	maks	0,0056	4,0671	1,3362	8,0724	0,4352	8,3328	0,8356	0,7756
65	ort	0,0034	2,5571	0,5338	4,3632	-	4,3632	0,5631	0,5815
65	min	0,0019	1,5155	0,4777	0,9406	-	0,9406	0,3957	0,3843
65	maks	0,0051	3,7753	0,6210	8,1670	-	8,1670	0,7684	0,7775
66	ort	0,0036	2,6245	0,5559	3,9074	0,2226	4,0278	0,4813	0,5975
66	min	0,0021	1,5978	0,4801	2,1560	0,1650	2,2532	0,4269	0,4689
66	maks	0,0046	3,4469	0,6210	4,9560	0,3197	5,0920	0,5596	0,7295
66	ort	0,0034	2,4824	0,7652	4,1137	0,3116	4,2713	0,5419	0,5934
66	min	0,0020	1,5009	0,4780	0,7136	0,1464	0,7830	0,4185	0,3738
66	maks	0,0057	4,1117	1,3394	8,3832	0,4396	8,6222	0,8971	0,7880
66	ort	0,0034	2,5828	0,5344	4,3319	-	4,3319	0,5413	0,5854
66	min	0,0022	1,6637	0,4793	1,2462	-	1,2462	0,4390	0,4258
66	maks	0,0047	3,5410	0,6127	7,6724	-	7,6724	0,6402	0,7445

EK 2 Performans Parametreleri: Kurgu – 2 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
67	ort	0,0030	2,2074	0,4398	4,0736	0,2396	4,1784	0,1562	0,7148
67	min	0,0026	1,9406	0,3447	3,4870	0,2209	3,5813	0,1355	0,6582
67	maks	0,0034	2,4560	0,5184	4,6044	0,2595	4,7190	0,1756	0,7606
67	ort	0,0034	2,5071	0,8314	5,7817	0,4309	5,9980	0,2405	0,6961
67	min	0,0022	1,6238	0,3975	1,4554	0,2126	1,5802	0,1190	0,5128
67	maks	0,0052	3,7730	1,3285	12,2439	0,6594	12,5609	0,4721	0,7869
67	ort	0,0037	2,7866	0,4031	6,3770	-	6,3770	0,2838	0,6567
67	min	0,0024	1,7911	0,2499	1,0835	-	1,0835	0,1302	0,2600
67	maks	0,0054	4,0302	0,5306	14,4376	-	14,4376	0,8882	0,7874
68	ort	0,0030	2,2052	0,4284	3,8365	0,2281	3,9415	0,1723	0,6972
68	min	0,0023	1,7154	0,2785	2,6898	0,1866	2,7609	0,1343	0,5597
68	maks	0,0036	2,6135	0,5414	4,7162	0,2860	4,8218	0,2104	0,7773
68	ort	0,0034	2,4839	0,8064	6,1465	0,4437	6,3654	0,2586	0,6733
68	min	0,0021	1,5103	0,2997	1,0765	0,1707	1,1907	0,1273	0,3367
68	maks	0,0053	3,8975	1,4224	14,7386	0,7522	15,0953	0,6815	0,7898
68	ort	0,0037	2,7872	0,4038	6,4237	-	6,4237	0,2671	0,6467
68	min	0,0024	1,8248	0,2499	1,3760	-	1,3760	0,1314	0,2474
68	maks	0,0053	3,9786	0,5311	13,3723	-	13,3723	0,6869	0,7858
69	ort	0,0030	2,1974	0,4302	3,9019	0,2212	4,0143	0,1780	0,6952
69	min	0,0022	1,6118	0,2619	2,1474	0,1692	2,2421	0,1407	0,4888
69	maks	0,0036	2,6477	0,5482	4,9944	0,3066	5,1002	0,2177	0,7823
69	ort	0,0034	2,4972	0,7939	6,3384	0,4631	6,5734	0,2694	0,6619
69	min	0,0021	1,5120	0,2564	0,9774	0,1557	1,0902	0,1346	0,2475
69	maks	0,0056	4,0759	1,4589	15,4182	0,8026	15,7089	0,8093	0,7902
69	ort	0,0037	2,7769	0,4020	6,4567	-	6,4567	0,2510	0,6441
69	min	0,0026	1,9712	0,2518	2,3623	-	2,3623	0,1515	0,3236
69	maks	0,0050	3,7431	0,5188	12,2484	-	12,2484	0,4828	0,7825
70	ort	0,0030	2,1778	0,4334	3,9640	0,2362	4,0970	0,1473	0,7276
70	min	0,0026	1,8914	0,3464	3,3381	0,2087	3,4613	0,1320	0,6831
70	maks	0,0033	2,4317	0,5043	4,4971	0,2675	4,6358	0,1627	0,7636
70	ort	0,0035	2,5307	0,8178	5,6269	0,4116	5,8455	0,2437	0,6962
70	min	0,0022	1,6176	0,3805	1,4361	0,2069	1,5684	0,1191	0,4915
70	maks	0,0052	3,7449	1,3423	12,1157	0,6463	12,4248	0,4921	0,7882
70	ort	0,0037	2,7919	0,4029	6,4359	-	6,4359	0,2828	0,6590
70	min	0,0024	1,7881	0,2499	1,1107	-	1,1107	0,1334	0,2860
70	maks	0,0054	4,0472	0,5316	14,5682	-	14,5682	0,8578	0,7870
71	ort	0,0030	2,2125	0,4279	3,9520	0,2261	4,0708	0,1760	0,7106
71	min	0,0023	1,7183	0,2862	2,7465	0,1845	2,8645	0,1435	0,5775
71	maks	0,0036	2,6114	0,5401	4,8699	0,2824	4,9845	0,2077	0,7819
71	ort	0,0034	2,4792	0,8066	6,1165	0,4502	6,3360	0,2619	0,6721
71	min	0,0021	1,5339	0,2952	1,0233	0,1684	1,1223	0,1314	0,3347
71	maks	0,0054	3,9803	1,4215	14,5101	0,7610	14,9011	0,7135	0,7893
71	ort	0,0037	2,7780	0,4036	6,4324	-	6,4324	0,2616	0,6471
71	min	0,0025	1,8301	0,2499	1,4812	-	1,4812	0,1405	0,2480
71	maks	0,0053	3,9445	0,5306	13,7705	-	13,7705	0,6537	0,7861
72	ort	0,0030	2,2249	0,4307	3,9344	0,2219	4,0480	0,1768	0,7040
72	min	0,0022	1,6087	0,2580	2,1864	0,1675	2,2895	0,1394	0,5057
72	maks	0,0037	2,6649	0,5497	5,0137	0,3081	5,1068	0,2108	0,7857
72	ort	0,0034	2,4950	0,7957	6,3548	0,4672	6,5810	0,2717	0,6607
72	min	0,0021	1,5075	0,2726	0,9732	0,1634	1,0614	0,1314	0,2480
72	maks	0,0055	4,0580	1,4501	15,5110	0,8072	15,8331	0,8150	0,7901
72	ort	0,0037	2,7952	0,4018	6,3731	-	6,3731	0,2492	0,6420
72	min	0,0026	1,9558	0,2548	2,3305	-	2,3305	0,1455	0,3074
72	maks	0,0050	3,7563	0,5233	11,7394	-	11,7394	0,4918	0,7836

EK 2 Performans Parametreleri: Kurgu – 2 (devam)

Senaryo		SS	SM	YM	PÜ	RÜ	TÜ	YAD	UD
73	ort	0,0030	2,1974	0,4222	3,9641	0,2239	4,0641	0,1582	0,7202
73	min	0,0026	1,8903	0,3407	3,2509	0,2044	3,3474	0,1372	0,6705
73	maks	0,0034	2,4893	0,4991	4,5862	0,2486	4,6977	0,1791	0,7641
73	ort	0,0034	2,4830	0,8185	5,5838	0,4398	5,7953	0,2495	0,6957
73	min	0,0022	1,5830	0,3762	1,3894	0,2343	1,4877	0,1169	0,5081
73	maks	0,0052	3,7623	1,3383	12,3916	0,6901	12,6950	0,5474	0,7873
73	ort	0,0037	2,7939	0,4047	6,4161	-	6,4161	0,2792	0,6558
73	min	0,0024	1,7940	0,2499	1,1462	-	1,1462	0,1307	0,2700
73	maks	0,0054	4,0386	0,5311	14,4513	-	14,4513	0,8278	0,7869
74	ort	0,0031	2,2310	0,4210	3,9068	0,2170	4,0206	0,1772	0,7075
74	min	0,0024	1,7455	0,2668	2,7026	0,1810	2,8071	0,1444	0,5699
74	maks	0,0036	2,6194	0,5396	4,7814	0,2706	4,8872	0,2076	0,7823
74	ort	0,0034	2,5038	0,8139	6,2012	0,4631	6,4337	0,2606	0,6757
74	min	0,0021	1,5255	0,2991	1,0253	0,1652	1,1455	0,1324	0,3475
74	maks	0,0054	3,9726	1,4187	14,9840	0,7851	15,4098	0,6696	0,7895
74	ort	0,0037	2,7798	0,4028	6,4225	-	6,4225	0,2657	0,6446
74	min	0,0024	1,8274	0,2499	1,4677	-	1,4677	0,1313	0,2460
74	maks	0,0053	3,9557	0,5300	13,4792	-	13,4792	0,7100	0,7861
75	ort	0,0030	2,2117	0,4304	3,9036	0,2292	4,0108	0,1794	0,7034
75	min	0,0022	1,6196	0,2557	2,0929	0,1703	2,2022	0,1377	0,4971
75	maks	0,0037	2,6588	0,5508	5,0361	0,3138	5,1385	0,2223	0,7855
75	ort	0,0034	2,4933	0,7908	6,4015	0,4706	6,6356	0,2722	0,6620
75	min	0,0021	1,5047	0,2587	0,9777	0,1673	1,0630	0,1307	0,2245
75	maks	0,0055	4,0135	1,4539	15,5528	0,8047	15,9401	0,8510	0,7901
75	ort	0,0037	2,7699	0,4021	6,4778	-	6,4778	0,2469	0,6417
75	min	0,0026	1,9813	0,2561	2,2238	-	2,2238	0,1538	0,3465
75	maks	0,0049	3,6824	0,5181	12,3019	-	12,3019	0,4441	0,7810

SS: Sürüş Süresi, SM: Sürüş Mesafesi, YM: Yürüyüş Mesafesi, PÜ: Park Ücreti, RÜ: Rezervasyon Ücreti,
TÜ: Toplam Ücret, YAD: Yönlendirilen Araç Derecesi, UD: Uygunluk Derecesi,
ort: ortalama, min: minimum, maks: maksimum

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Aslı SEBATLI SAĞLAM
Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa / 29.01.1992
Yabancı Dil : İngilizce, Almanca

Eğitim Durumu

Lise : Bursa Anadolu Lisesi, 2010
Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, 2015
Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, 2017
Doktora : Bursa Uludağ Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, 2023

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Mudanya Üniversitesi, Araştırma Görevlisi, 2022 – ...

İletişim (e-posta) : aslisebatli@gmail.com

Yayımları

:

1. SSCI, SCI, SCI-Expanded indekslerince taranan dergilerde yayımlanan makaleler:

- Cavdur, F., Kose-Kucuk, M., & Sebatli, A. (2016). Allocation of temporary disaster response facilities under demand uncertainty An earthquake case study. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 19, 159-166. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.08.009>
- Cavdur, F., Sebatli, A., Kose-Kucuk, M., & Rodoplu, C. (2019). A two-phase binary-goal programming-based approach for optimal project-team formation. *Journal of the Operational Research Society*, 70(4), 689-706. <https://doi.org/10.1080/01605682.2018.1457480>
- Çavdur, F., Sebatlı, A., & Köse-Küçük, M. (2019). A group-decision making and goal programming-based solution approach for the student-project team formation problem. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34(1), 505-521. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.416511>
- Sebatlı, A., & Çavdur, F. (2019). Analysis of relief supplies distribution operations via simulation. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34(4), 2079-2096. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.423091>
- Cavdur, F., & Sebatli, A. (2019). A decision support tool for allocating temporary-disaster-response facilities. *Decision Support Systems*, 127, 113145. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2019.113145>
- Cavdur, F., Sebatli-Saglam, A., & Kose-Kucuk, M. (2020). A spreadsheet-based decision support tool for temporary-disaster-response facilities allocation. *Safety Science*, 124, 104581. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.104581>
- Cavdur, F., Kose-Kucuk, M., & Sebatli, A. (2021). Allocation of temporary disaster-response facilities for relief-supplies distribution: a stochastic optimization approach for afterdisaster uncertainty. *Natural Hazards Review*, 22(1), 05020013. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)nh.1527-6996.0000416](https://doi.org/10.1061/(asce)nh.1527-6996.0000416)
- Cavdur, F., Sebatli-Saglam, A., & Kose-Kucuk, M. (2021). A scenario-based decision support system for allocating temporary-disaster-response facilities. *Journal of the*

Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 36(3), 1499-1514.
<https://doi.org/10.17341/gazimmfd.685383>

Cavdur, F., Sebatli-Saglam, A., & Kaymaz, E. (2021). A mathematical programming model for using dynamically-positioned-rework stations for performing parallel tasks in assembly line balancing. *International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications, and Practice, 28(2), 175-189.*
<https://doi.org/10.23055/ijietap.2021.28.2.6013>

Sebatlı-Sağlam, A., & Çavdur, F. (2022). Earthquake intensity estimation via an artificial neural network: Examination of different network designs and training algorithms. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 37(4), 2133-2145.* <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.791337>

Toprak-Cavdur, T., Anis, P., Bakir, M., Sebatli-Saglam, A., & Cavdur, F. (2023). Dyeing Behavior of Enzyme and Chitosan-Modified Polyester and Estimation of Colorimetry Parameters Using Random Forests. *Fibers and Polymers, 24(1), 221-241.* <https://doi.org/10.1007/s12221-023-00130-x>

2. Diğer uluslararası dergilerde yayınlanan makaleler:

Sebatli, A., Cavdur, F., & Kose-Kucuk, M. (2017). Determination of relief supplies demands and allocation of temporary disaster response facilities. *Transportation research procedia, 22, 245-254.* <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.03.031>

Şener E., Sebatlı-Sağlam A., & Çavdur F. (2023). Otonom-paylaşımlı araç yönetim sistemi. *Politeknik Dergisi, 26(1), 81-92.*
<https://doi.org/10.2339/politeknik.931490>

Sebatlı-Sağlam A., & Çavdur F. (2023). Prediction of parking space availability using arima and neural networks. *Journal of Industrial Engineering, 34(1), 86-108.*
<https://doi.org/10.46465/endustrimuhendisligi.1241453>

Bakır, M., Sebatlı-Sağlam, A., & Çavdur, F. (2023). Bağlantısız paralel parti üretimi yapan makine çizelgeleme probleminin karışık-tamsayı programlama ile çözümü. *Politeknik Dergisi. 26(2), 653-663.* <https://doi.org/10.2339/politeknik.996529>

3. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan bildiriler

a. Sözlü sunulan ve tam metni yayınlanan uluslararası bildiriler

Kose-Kucuk, M., Cavdur, F., & Sebatli, A. (2016). A two-phase solution approach for allocation of temporary disaster response facilities and transportation planning, *LM-SCM 2016 XIV. International logistics and supply chain congress, (Vol. 14, pp. 43-52).*

Baglarbasi-Mutlu, M., Sebatli, A., & Cavdur, F. (2018). Group Decision Making for Criteria Importance Determination in Student Project Team Formation Problems, *12th NCM Conferences International Conference on New Challenges in Industrial Engineering and Operations Management.*

Yeşilyayla, G., Sebatlı, A., & Çavdur, F. (2018). Farklı Finansal Market Koşulları Altında Markowitz Ortalama-Varyans Modeli ile Portföy Optimizasyonu, *19. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması ve İstatistik (EYİ 2018) Sempozyumu.*

Yavuz, B., Sebatlı-Sağlam, A., Çavdur, F., & Şahan, Y. (2019). Menu planning using mathematical programming for type-2 diabetes, *International Marmara Sciences and Social Sciences Congress (Autumn 2019) IMASCON 2019.*

b. Sözlü sunulan ve bildiri kitabında özeti yayınlanan uluslararası bildiriler

Köse-Kucuk, M., Cavdur, F., & Sebatlı, A. (2016). A two-phase binary-goal programming based approach for optimal project-team formation, *2016 International Engineering and Technology Research Congress*.

4. Ulusal hakemli dergilerde yayınlanan makaleler

Değirmen, S., Çavdur, F., & Sebatlı, A. (2018). Afet Operasyonları Yönetiminde İnsansız Hava Araçlarının Kullanımı: Gözetleme Operasyonları için Rota Planlama. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 23(4), 11-26. <https://doi.org/10.17482/uumfd.455146>

Çavdur, F., Kaymaz, E., & Sebatlı, A. (2018). Montaj Hatlarında Yeniden İşleme İstasyon Pozisyonunun Optimizasyonu için Bir Karışık-Tamsayılı Programlama Modeli. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 23(3), 273-288. <https://doi.org/10.17482/uumfd.420001>

Çavdur, F., Bağlarbaşı-Mutlu, M., & Sebatlı-Sağlam, A. (2020). Öğrenci-Proje Takımı Oluşturma Problemi için Bir Karar Destek Sistemi Uygulaması. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 25(1), 485-500. <https://doi.org/10.17482/uumfd.537826>

Sebatlı-Sağlam, A., & Çavdur, F. (2020). Portföy Optimizasyonu için Bir Karar Destek Sistemi Uygulaması. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 25(3), 1345-1358. <https://doi.org/10.17482/uumfd.532966>

Tuna, N., Sebatlı-Sağlam, A., & Çavdur, F. (2022). Covid-19 salgını ile ilgili paylaşımlar üzerinde veri analizi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 15(1), 13-23. <https://doi.org/10.17671/gazibtd.928990>

Tabansız, G., Sebatlı-Sağlam, A., & Çavdur, F. (2023). Öğrenci-proje atama probleminde farklı grup kararlarının değerlendirilmesi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31(1), 544-557. <https://doi.org/10.31796/ogummf.1145417>

5. Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan bildiriler

a. Sözlü sunulan ve tam metni yayınlanan ulusal bildiriler

Değirmen, S., Çavdur, F., & Sebatlı, A. (2018). Afet Operasyonları Yönetiminde İnsansız Hava Araçlarının Kullanımı: Gözetleme Operasyonları için Rota Planlama, *ULTZK 2018 7. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi*.

b. Sözlü sunulan ve bildiri kitabında özeti yayınlanan ulusal bildiriler

Sebatlı, A., Eker, D., Çavdur, F., İnkaya, T., & Ağuşoğlu, A. (2015). Bir Otomotiv Yan Sanayi Firmasında İç Lojistik Sisteminin Tasarımı, *35. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi*.

Çavdur, F., Sebatlı, A., & Köse-Küçük, M. (2017). Afet operasyonları yönetimi için bir karar destek sistemi prototipi tasarımı, *37. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi*.

- Köse-Küçük, M., Çavdur, F., & Sebatlı, A. (2017). Stokastik optimizasyon yaklaşımıyla geçici-afet-müdahale tesisleri yerleşim probleminin çözümü, *37. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi*.
- Sebatlı, A., & Çavdur, F. (2017). Afet sonrası yardım malzemesi dağıtım planlaması için bir simülasyon modeli, *37. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi*.

6. Burs ve Destekler

a. Projeler

TÜBİTAK 115M020, Afet Operasyonları Yönetimi için Stokastik Optimizasyon Yaklaşımıyla Karar Destek Sistemi Geliştirilmesi, 3001 - Başlangıç AR-GE, Burslu, Sonuç raporu kabul, ARDEB, MAG - Mühendislik Araştırma Destek Grubu, Projeye Katılma/Ayrılma Tarihleri: 01.05.2015 - 01.05.2017, Proje Başlangıç/Bitiş Tarihleri: 01.05.2015 - 01.05.2017.

b. Burslar

YÖK 100/2000 Doktora Bursu, Alan Adı: Ulaştırma ve Akıllı Ulaşım, Destek Başlangıç/Bitiş Tarihleri: 08.09.2017 - 31.08.2021.

TÜBİTAK BİDEB, 2211-A Genel Yurt İçi Doktora Burs Programı, Destek Başlangıç/Bitiş Tarihleri: 01.06.2019 - 31.05.2023.

c. Ödüller

TÜBİTAK 2241/B-Sanayi Odaklı Lisans Bitirme Projeleri Yarışması, Süreç Kategorisi, Üçüncülük Ödülü, İç Milk-Run Sisteminin Kurulumu, 09 Ekim 2015.