

**OTONOM VE PAYLAŞIMLI
ARAÇ YÖNETİM SİSTEMİ**

Erdi ŞENER



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OTONOM VE PAYLAŞIMLI ARAÇ YÖNETİM SİSTEMİ

Erdi ŞENER

0000-0002-5153-0680

Doç. Dr. Fatih ÇAVDUR

0000-0001-8054-5606

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2021

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.

27/01/2021

Erdi ŞENER

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

OTONOM VE PAYLAŞIMLI ARAÇ YÖNETİM SİSTEMİ

Erdi ŞENER

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Fatih ÇAVDUR

Günümüzde, büyük kentlerde yaşanan araç trafiği ve ulaşım konusundaki problemlere farklı çözüm arayışları günden güne artmakta bu arayışlar doğrultusunda, tüm dünyada araç paylaşım sistemi modelleri hızla gelişmektedir. Araç paylaşım sistemleri yönetimi konusunda karşılaşılan zorluklar arasında, sistemin dinamik yapısından kaynaklı belirsizlik altında karar verme, atama ve dengeleme problemleri ilk sıralarda yer almaktadır. Bu tez çalışmasında, paylaşımlı araç yönetim sistemleri kapsamında, talep tabanlı araç atama problemi çözümü için bir karar destek sistemi prototipi tasarlanmıştır. Öncelikle, tasarlanan karar destek sistemi prototipi için talep yapısına uygun bir veritabanı sistemi geliştirilmiştir. Ardından, bu veritabanıyla bütünleşik bir yapı içerisinde olması açısından taleplerin kolayca kaydedilmesi ve sistem yöneticisi tarafından görüntülenebilmesi için kullanıcı dostu, web-tabanlı bir sistem arayüzü tasarlanmıştır. Uygulama aşamasında, kent trafik yoğunluğu yüksek olan Bursa ilinin merkezi seçilmiş olup, müşterilerin taleplerini karşılamak üzere doğu-batı doğrultusunda Yıldırım, Osmangazi ve Nilüfer olmak üzere 3 farklı konumda park istasyonu belirlenmiştir. Araç atama probleminin çözümü için çok malzemeli minimum maliyetli ağ akış problemi çözümü kullanılmış olup, paylaşımlı araç hizmetleri için hızla artmakta olan özel sektör girişimlerinin, optimizasyon modelleri olarak bu çalışmada kurgulanan karar destek sistemine benzer modelleri kullanmaları verimlilik açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Paylaşımlı araç sistemi, araç atama problemi, araç filo yönetimi, ağ akış modeli, karar destek sistemleri

2021, vii + 62 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

AUTONOMOUS AND SHARED VEHICLE MANAGEMENT SYSTEM

Erdi ŞENER

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

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Fatih ÇAVDUR

Nowadays, searches for different solutions to traffic and transportation problems in big cities are increasing day by day and in line with these searches, vehicle sharing system models are developing rapidly all over the World. Among the difficulties encountered in the management of vehicle sharing systems, decision making, assignment and balancing problems are in the first place under uncertainty due to the dynamic structure of the system. In this thesis, a decision support system prototype has been designed to solve the demand-based vehicle assignment problem within the scope of shared vehicle management systems. First of all, a database system suitable for the demand structure was developed for the designed decision support system prototype. Then, a user-friendly, web-based system interface was designed so that the requests can be easily recorded and viewed by the system administrator in order to be integrated with this database. In this study, the center of Bursa with high urban traffic density was selected, and parking stations were determined in 3 different locations, namely Yıldırım, Osmangazi and Nilüfer in the east-west direction, in order to meet the demands of the customers. A multi-commodity minimum cost network flow problem model has been used to solve the vehicle assignment problem, and it is thought that it will be beneficial in terms of efficiency for private sector enterprises, which are rapidly increasing for shared vehicle services, to use models similar to the decision support system designed in this study as optimization models.

Key words: Shared vehicle system, vehicle allocation problem, vehicle fleet management, network flow model, decision support systems

2021, vii + 62 pages.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenim sürecim boyunca tecrübesiyle bana her zaman yol gösterici ve destek olan, esirgmeden paylaştığı bilgisiyle ufkumu genişletip yeni bakış açıları kazanmamı sağlayan danışman hocam Doç. Dr. Fatih ÇAVDUR'a teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Yüksek lisans tezi hazırlık sürecimde tecrübesini ve zamanını esirgmeden bana bu süreç boyunca destek olan Aslı SEBATLI SAĞLAM'a teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve 2020 yılındaki pandemi sürecinde, kendi hayatını arka plana atıp hemşirelik mesleğini layıkıyla icra eden, her koşulda yanımda olan hayat arkadaşım Ayşe ŞENER'e teşekkürlerimi sunarım.

Erdi ŞENER
27/01/2021

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Ulaşım Sistemi Problemleri İçin Ağ Akış Modelleri.....	4
2.2. Araç Paylaşım Modelleri	6
2.3. Araç Atama Problemleri İçin Karar Destek Sistemleri.....	9
3. MATERYAL ve YÖNTEM	11
3.1. Materyal	11
3.1.1. Ağ akış modelleri.....	11
3.1.2. Karar destek sistemleri.....	11
3.2. Yöntem	17
3.2.1. Otonom araç atamaları için çok-malzemeli minimum-maliyetli ağ akış modeli..	18
3.2.2. Araç atama problemi için bir karar destek sistemi tasarımı.....	20
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	38
5. SONUÇ	45
KAYNAKLAR	47
EKLER.....	51
EK 1. Veritabanı Nesne İlişki Diyagramı	52
EK 2. Web Arayüzü Fonsiyonel Akış Diyagramı	53
EK 3. Web Arayüzü Kullanım Kılavuzu	54
EK 4. Yazılım Klasör Yapısı	61
ÖZGEÇMİŞ	62

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Karar destek sistemi mimarisi	16
Şekil 3.2. Geliştirilen karar destek sistemi prototipinin temel bileşenleri	20
Şekil 3.3. Geliştirilen karar destek sistemi prototipinin fonksiyonel iş akış diyagramı .	22
Şekil 3.4. Veritabanı nesne-ilişki diyagramı.....	23
Şekil 3.5. Web arayüzü fonksiyonel akış diyagramı.....	29
Şekil 3.6. Araç talep bilgisi oluşturma arayüz tasarımı	30
Şekil 3.7. Yolculuk bilgileri arayüz tasarımı	31
Şekil 3.8. Sistem yöneticisi için web arayüzü tasarımı.....	32
Şekil 3.9. Model çözümü için Microsoft Excel arayüzü tasarımı.....	33
Şekil 3.10. requests tablosu için SQL sorgusu.....	34
Şekil 3.11. park_queries tablosu için SQL sorgusu	34
Şekil 3.12. Model çözümü için gerekli verilerin .txt formatında hazırlanması için SQL sorgusu	35
Şekil 3.13. Model çıktılarının ve sonuç raporunun web arayüzüne aktarılması için SQL kodları	37
Şekil 4.1. Uzaklık-mesafe matrisi elde etme	38
Şekil 4.2. Talep örnek tablosu.....	39
Şekil 4.3. Park istasyonları örnek mesafe-süre matrisi	39
Şekil 4.5. Arz ve talep dengeleme kodu	41
Şekil 4.6. Model çözüm vektörü	42
Şekil 4.7. Model çözüm performans raporu.....	43
Şekil 4.8. Model çözüm performans raporu web arayüzü	43
Şekil 4.9. Yolculuk rota bilgisi	44

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. requests tablosu özellikleri	24
Çizelge 3.2. park_queries tablosu özellikleri	25
Çizelge 3.3. parks tablosu özellikleri	26
Çizelge 3.4. result tablosu özellikleri.....	27
Çizelge 3.5. performance tablosu özellikleri	27
Çizelge 4.1. Park istasyonları kapasite bilgileri.....	40

1. GİRİŞ

Otomobilin icadı, Karl Benz'in 1886'da üç tekerlekli Motorlu Araba'nın patentini almasından bu yana modern toplumumuzu şekillendirmiştir. Bugün, çoğumuz için birincil ulaşım şekli ve şu anda dünya çapında 900 milyondan fazla binek otomobili vardır (OICA 2017). Otomobile dayalı hareketlilik sistemi, bunu karşılayabilenler için önemli ölçüde kişisel özgürlük ve azımsanmayacak derecede ekonomik etkinlik sağlarken; güvenlik, enerji, çevresel etkiler, arazi kullanımı, trafik sıkışıklığı, zaman kullanımı ve erişim eşitliği açısından ciddi yan etkilerle ilişkilidir. Günümüzün otomobile dayalı ulaşım sisteminin sürdürülemez olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir (Chapman 2007). Arabalar arazi alanını sadece yollar için değil aynı zamanda otoparklar için de kullanmaktadır. Aslında arabalar çoğu zaman park halindedir. Bu, değerli doğal kaynakların yetersiz kullanımına yol açan ve özellikle metropol alanlarda değerli yer kaplayan bireysel araç sahipliğine güçlü vurgunun bir sonucudur (Rigole 2014).

Ulaşımın maliyeti her geçen gün artmaktadır. Büyük kentsel bölgelerdeki pek çok insanın yaptıkları küçük seyahatlere karşılık özel bir araca sahip olması gerekmiyor. Çünkü sahiplik, satın alma, ruhsatlandırma, sigorta ve park etme masraflarını karşılamayı gerektiriyor. Başarılı bir ekonomi, büyük ölçüde verimli, etkili ve sürdürülebilir bir ulaşım sistemine dayanır. Dünya çapındaki birçok kentsel ortamda bu sistem giderek daha fazla vurgulanmakta ve kentsel altyapıya yönelik artan talepleri karşılamak için yeni ulaşım hareketlilik çözümleri sürekli olarak geliştirilmektedir (Fan 2014).

Bazı ülkeler (örneğin, Almanya ve Kanada) bunu fark etmiş ve kısa vadeli bir kullanım, hareketlilik çözümü olarak araç paylaşımı fikrini benimsemiştir (Shaheen ve Cohen 2007). Bu model, Fan (2014)'e göre müşterilerin bir aracı yalnızca ihtiyaç duyduklarında kullanmalarına olanak tanır. Kuşkusuz bu program, birçok şehirdeki kentsel tıkanıklığı ve park sorunlarını hafifletmeye yardımcı olabilir. Özellikle, başarılı bir araba paylaşım programı oluşturmak için araba paylaşım operatörleri, dinamik ve belirsiz talepleri etkin bir şekilde yönetebilmeli ve stratejik araç tahsisi ve operasyonel araç yeniden tahsisi konusunda maliyetleri kontrol altında tutmak adına, hem zaman hem de alan açısından iyi kararlar verebilmeli ve bu arada kârlarını artırmalıdır.

Sürüş paylaşımı ve araba paylaşım modellerini (Thrun 2010) kullanmak, örneğin araba paylaşım programları (örneğin, ZipCar veya Car2Go), bir taksi hizmeti ve toplu taşıma, kaynak kullanımını geliştirme olasılığını arttırmakta ve seyahat maliyetlerini önemli ölçüde düşürmektedir (Burns ve ark 2013). Etkili bir toplu taşıma ve artan bisiklet ve yürüyüş ile birlikte, yarının sürdürülebilir ulaşım sisteminin yapı taşlarından biri, yani "ulaşım güvenliğini artıran ve kaynak tüketimini ve emisyonları azaltan bir araç" (Sweeting ve Winfield 2012) olabilir.

Araç paylaşımı ilkesi oldukça basittir: Bireyler, mülkiyetin maliyeti ve sorumlulukları olmadan özel araç kullanımının faydalarını elde ederler. Bir araç paylaşım üyesi, işletme sahibi veya birey, bir konum ağında bulunan ve araba paylaşım programını yürüten kuruluş tarafından sağlanan ortak kullanımlı araç filosuna erişebilir (Shaheen ve Cohen 2007, Shaheen ve ark. 2006). Müşteriden bir kullanıcı ücreti alınır, ancak araç paylaşım şirketi tarafından karşılanan herhangi bir bakım ücreti alınmaz. Sonuç olarak, bu program birçok kişiye, araç sahibi olmadan paylaşılan bir araç filosuna erişim sağlar (Fan 2014).

Bu tür programlarda, kiralama işlemleri doğal olarak araçların dağıtımında dengesizliklere neden olur. Hizmet verilen talep sayısını ve daha sonra araç kullanılabilirliğini en üst düzeye çıkarmak için yer değiştirmeler yapılarak araç dağıtımının düzenlenmesi gerekir. Çok çeşitli talep türleri olabilir. Bazı talepler son dakikada yapılırken; planlanmış bir faaliyet için bir araca ihtiyaç duyulduğunda uzun süre önceden rezervasyon şeklinde talep yapılabilir. Her ikisi de sistemi yöneten firma veya kuruluş için kısıtlamalar getirir. Bu nedenle bir araba paylaşım sisteminin operasyon yönetimi, talep özellikleri, dengesizlik sorunları ve sistemin geleceğiyle ilgili sınırlı bilgi nedeniyle karmaşıktır (Repoux ve ark. 2014).

Araç paylaşım modelleri, operasyonel olarak düzenlenmeleri açısından temel olarak üç grupta incelenebilir (Nourinejad ve Roorda 2015):

- Çift yönlü (istasyon temelli) model: Paylaşımında olan araçlar, mevcut servis sağlayıcısı ya da yerel yönetim tarafından tanımlanan park istasyonlarında konumlandırılır. Yolculuk, başladığı park istasyonunda bitirilmelidir. Dolayısıyla çift yönlü modelde, müşterinin kişisel ihtiyaçları için planlayabileceği ara

duraklara park etme işlemini dikkate alınmaz. Park istasyonları önceden tanımlanmıştır.

- Tek yönlü (istasyon temelli) model: Çift yönlü modelden farklı olarak, yolculuğun bittiği park istasyonu, başladığı istasyondan farklı olabilir. Bu modelde de park istasyonları önceden tanımlanmıştır.
- Serbest akış modeli: Araçlar, mevcut servis sağlayıcısı ya da yerel yönetim tarafından tanımlanan operasyonel alanda (hizmet verilen bütün sürüş alanı), halka açık alanlara serbestçe park edebilir. Yolculuk herhangi bir alanda (servis kapsamı içerisinde) başlayıp, herhangi bir alanda bitebilir.

Bu çalışmada, talep tabanlı araç atama probleminin çözümü için çift yönlü (istasyon temelli) araç paylaşım modeli ele alınarak karar destek sistemi modeli geliştirilmiştir. Müşterilerden gelen talepleri karşılamaya yönelik geliştirilen modelde, talep edilen araç sayısı ve çeşidinin belirlenen park istasyonlarından karşılanmasına yönelik atamaların çözümü sunulmuştur.

Tez çalışmasında, minimum maliyetli ağ akış probleminin özel durumlarından olan atama problemi çözümü için, birden çok araç atamasına uygun bir model olan çok-malzemeli minimum-maliyetli ağ akış modeli dikkate alınarak bir karar destek sistemi modeli geliştirilmiştir. Bu karar destek sistemi modeli, web tabanlı geliştirilen arayüz aracılığıyla müşterilerden toplanan araç taleplerinin atama çözümleri için Microsoft Excel kullanılarak kurgulanmıştır.

Geliştirilen ara yüz yardımıyla, müşterilerin araç talep ettiği başlangıç noktası, gitmek istediği varış noktası, yolculuk başlangıcı için zaman (saat) aralığı ve talep ettiği araç tipi (küçük, orta, büyük) olmak üzere farklı parametrelerin seçimi, girdileri oluşturmaktadır. Bu girdiler kullanılarak Google API (Application Programming Interface) yardımıyla araç rotalarının mesafe ve zaman verileri oluşturulmaktadır. Elde edilen veriler, Microsoft Excel ortamına aktarılarak MPL (Mathematical Programming Language) Optimax kütüphanesi kullanılarak Gurobi çözücüsü ile çözdürülmektedir. Kurgulanan sistemde, oluşturulan taleplerin çözüm ortamına aktarılması ve model tarafından çözdürülmesi işlemlerinin, bir sistem yöneticisi tarafından yapıldığı varsayılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, tez çalışmasında kullanılan araç yönetim sistemi kapsamında literatürde yer alan kaynak araştırmaları; (i) ağ akış modelleri, (ii) araç paylaşım modelleri ve (iii) araç atama problemleri için karar destek sistemleri olmak üzere üç alt grup özelinde sunulmaktadır.

2.1. Ulaşım Sistemi Problemleri İçin Ağ Akış Modelleri

Ulaşım sistemleri, birçok araştırmanın konusu olmuştur. Son zamanlarda ilgi duyulan konular arasında çok amaçlı modeller, trafik yoğunluğu modellemesi ve yolculuk maliyeti modellemesi bulunmaktadır.

Ulaşım, atama, ağ akış modelleriyle ilgili literatür araştırmaları incelendiğinde, Klingman ve ark. (1974) ağ problemleri olarak adlandırılan büyük ölçekli doğrusal programlama problemleri oluşturmak için bir bilgisayar programının geliştirilmesini, uygulanmasını ve kullanılabilirliğini açıkladıkları bir çalışma ortaya koymuşlardır. Çalışmada geliştirilen bilgisayar programının üretebileceği en sık tartışılan ağ sorunları arasında, kapasiteli-kapasitesiz taşıma ve minimum maliyet ağ akışı problemlerinin yanı sıra; atama, en kısa yol ve maksimum akış problemleri gibi daha basit biçimleri de bulunmaktadır. Yapısal olarak farklı ağ problemleri sınıfları üretmeye ek olarak program, kullanıcının bir sınıf içerisindeki yapısal özellikleri değiştirmesine izin vermektedir. Kullanıcının özellikle, başlangıç noktaları, varış noktaları, tedarik aktarma düğümleri, talep aktarma düğümleri, talep veya tedarik içermeyen aktarma düğümleri ve toplam ark sayısını belirleyerek problemin boyutu kontrol etmesi sağlanmıştır. Bunlara ek olarak, toplam arz, maliyet aralığı, üst kapasite sınırı, kapasiteye tabi ark yüzdesi ve bunun gibi dolaylı olarak çözüm zorluğu oluşturan parametrelerin kontrolü de kullanıcıya sunulmuştur.

Doğrusal programlama uygulamalarında önemli bir sorun, ağlardaki maksimum çok malzemeli akışların belirlenmesidir. Simpleks algoritmasının basit metodunun bu tarz problemlere doğrudan uygulanması genellikle mümkün değildir, çünkü küçük ağlar bile mevcut makine kapasitesi için çok büyük olan doğrusal programlar oluşturabilir. İhtiyaç duyulan yapı, bu tür sorunların yapısından faydalanan özel bilgi işlem şemalarıdır. Tek malzemeli durum için, çeşitli kolay hesaplamaları Dantzig ve Fulkerson (1955) ve Ford

ve Fulkerson (1956) çalışmalarında ortaya konulmuştur. Ford ve Fulkerson (2004), bir simpleks hesaplama çerçevesinde çok malzemeli problemin bir formülasyonunun yapısını kullanan bir hesaplama önermişlerdir. Önerilen hesaplama, simpleks yöntemin "fiyatlandırma" işlemini (yani temel değişkenlere girmek için bir vektörün belirlenmesi), ağ içerisinde bir çift noktayı birleştiren en kısa zinciri bulmak için bir kombinasyon algoritmasının birkaç uygulamasıyla değiştirerek, temel olmayan değişkenleri dolaylı olarak ele alır.

Ulaşım ağ akışı üzerine farklı çalışmaları incelediğimizde, Zhou ve Zhong (2005), pareto çözümleri üretmek ve demiryolu tarifesi planlama uygulamaları için çok amaçlı çizelgeleme yöntemlerini kullanma potansiyelini ispatladılar. Önerdikleri modeller, mevcut trenlerin seyahat ve bekleme sürelerini optimize etmek ve dengelemek üzerine olmuştur. Bunun yanında kurdukları modellerde, trenlerin hem hızlanmasını hem de yavaşlamasını dikkate almışlardır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda Bevrani ve ark. (2017) tarafından çok modlu bir taşıma kapasitesi değerlendirme modeli geliştirilmiştir. Bu model, çok modlu taşıma sistemi akışını maksimize ederken çeşitli taşıma modlarını da bu moda entegre edebilmektedir. Model, maksimum akışı elde etmek için malzemelerin farklı başlangıç ve varış yeri çiftleri arasında nasıl hareket ettirileceğini de seçmektedir. Takip eden çalışmada Bevrani ve ark. (2019), sıklığı ve kullanıcı davranışını birleştirmek için arklar üzerinde akış azaltma işlevlerini de eklemiştir. İncelenen bir diğer çalışmada Burdett (2015), bir demiryolu kapasitesi tanımlama yaklaşımında, farklı rekabet biçimlerini, yani hizmete karşı hizmet, trene karşı tren, dikkate almıştır. Çeşitli çok amaçlı modeller ve teknikler uygulamış, ardından bir vaka çalışması üzerinde bu modelleri test etmiştir. Cantarella ve Vitetta (2006) çalışmalarında, bir kentsel ağ tasarım problemi için çok kriterli bir yaklaşım önermiştir. Kentsel ağ tasarımı problemi NP-hard problem sınıfına girer ve bu nedenle bir genetik algoritma kullanarak bir dizi kritere göre en uygun konfigürasyonu belirlerler. Çalışmada kullanılan yöntemde, yol seçiminin simülasyonu, sinyallerin yerel optimizasyon yaklaşımını dikkate almıştır. Sayısal örneklerinde, toplam seyahat süresi ve karbondioksit emisyonlarının çoğunlukla minimum düzeye düştüğü gösterilmiştir. Çalışmada bunun yanında, modunu değiştiren kullanıcı sayısı ve istenen hedefin dışına park eden araç sayısı da dikkate alınmıştır. Yaklaşımları kapsamlı olmasına rağmen, kurgulanan model yalnızca karayolu

ağı senaryoları için uygundur fakat genel ulaşım sistemleri senaryoları için uygun değildir.

Ulaşım sistemleri üzerine yapılan farklı bir çalışmada Szeto ve ark. (2015), sürdürülebilir bir yol ağı tasarımı ve arazi kullanımı sorununu ele alınmışlardır. Çalışmanın diğer çalışmalardan farklı olan bölümü, işe gidip gelenler üzerindeki sosyal, ekonomik ve çevresel etkinin, çok amaçlı iki seviyeli bir optimizasyon modeli kullanılarak değerlendirilmesi olmuştur. Sayısal sonuçlar, tüm hedeflerin birlikte artamayacağını ve ödünleşmelerin hedefler arasında dikkatlice seçilmesi gerektiğini göstermiştir.

2.2. Araç Paylaşım Modelleri

Otomobil paylaşımı ilk kez 1987'de İsviçre'de tanıtılmış ve ardından kısa süre sonra Almanya'da da bu sistem 1988'de tanıtılmıştır. Kuzey Amerika'ya gelinceye kadar Quebec, Kanada, bir araba paylaşım programı oluşturmuştur. Son 20 yılda, araba paylaşımı dünya çapında artmıştır (Shaheen ve Cohen 2007, Shaheen ve ark. 2006).

Literatür çalışmaları incelendiğinde, araç paylaşım sistemleri literatürü, (i) araç paylaşım talebini karakterize eden araştırmalara ve (ii) araç paylaşım organizasyonlarının daha iyi yönetimi için operasyonel modeller geliştirmeye ayrılmış araştırmalar olarak ikiye bölünebilir. Her iki eğilimin de araştırıldığı Jorge ve Correia (2013) tarafından yapılmış yakın tarihli bir literatür inceleme çalışmasında, araç paylaşım talep modellerinin neredeyse tamamen çift yönlü sistemlere ayrıldığı ve diğer araç paylaşım organizasyonlarına uygulanabilirliğini sınırlayan belirli bölgeler için tasarlandıkları sonucuna varmışlardır. Daha yakın zamanlarda, bazı çalışmalar tek yönlü sistemlerdeki talep modellerini de araştırmıştır (Le Vine ve ark. 2014; Firnkorn 2012; Leclerc ve ark. 2013). Öte yandan operasyonel modeller, genellikle tek yönlü sistemler ve araç yeniden dengeleme, optimum istasyon konumu ve gerekli filo büyüklüğü gibi hedef konular için geliştirilmektedir. Operasyonel modellerde kullanılan iki ana metodoloji, simülasyon ve optimizasyondur. Az sayıdaki birkaç metodoloji, yalnızca ikisinin birlikte karışımı olan bir model önermektedir.

Simülasyon modellerinin çoğu, araçları ve kullanıcıları tek tek tanımlayarak makul bir ayrıştırma düzeyini temsil etmektedir; ancak yeniden konumlandırma çizelgesi veya araç

ataması gibi optimum operasyon eylemlerini sağlamaz. Öte yandan, Smith ve ark. (2013) veya Kek ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmalardakine benzer optimizasyon modelleri, optimal operasyon eylemlerini yalnızca toplu bir seviyede sağlamaktadır.

Barth ve Todd (1999) tarafından yapılan çalışmada, araç kullanılabilirliğini, araç dağıtımını ve enerji yönetimini hesaplayabilen bir bilgisayar simülasyon modeli oluşturulmuştur ve bu model, Güney Kaliforniya'daki bir tatil köyü topluluğuna uygulanmıştır. Bu araştırmanın sonuçlarından yola çıkarak Kek ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışmada ise operatör tabanlı yer değiştirme tekniklerini vurgulayan bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Bu model, operatörlerin verimliliğinin en üst düzeye çıkarılmasına ve hizmet düzeylerinin artırılmasına yardımcı olmak için kullanılmıştır. Bu araştırma, Singapur merkezli bir operasyonel ortak kullanımlı araç şirketi tarafından toplanan ticari operasyon verilerinin karşılaştırılmasıyla doğrulanmıştır (Fan 2013).

Araç paylaşım sistemleri için dinamik araç ataması yönetimini stokastik programlama yaklaşımıyla ele alan Fan (2013), yaptığı çalışmasının tarihini baz alarak, araç paylaşım programlarının yönetimi ve işletimi için yöneylem araştırmasına dayalı optimizasyon tekniklerinin bilimsel araştırmalarda yaygın kullanılmadığını belirtmiştir. Bunun sebebi olarak da; araç paylaşım sistemi modeli, birçok boş aracın yeniden konumlandırılmasını gerektirdiğinden, filo hareketlerini optimize etme ihtiyacı doğurduğunu belirtmiştir.

Nair ve Miller-Hooks (2011) ve Nair ve ark. (2013) tarafından sırasıyla araç ve bisiklet paylaşımı için bazı ilginç optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Singapur'da gerçek bir sistem üzerinde yaptıkları uygulamada, talebin stokastik doğasını belirgin bir şekilde açıklayan filo yönetimi stratejilerinin, statik yöntemlere dayalı stratejilerden daha yüksek güvenilirlik sunduğunu göstermişlerdir. Ayrıca, bu yaklaşımlarına dayalı filo yeniden dağılım stratejileri, talebin arzı geride bıraktığı senaryolardan daha iyi olarak belirtilmiştir. Bu çalışmalara rağmen, çok az uygulamada araç paylaşım filosu yönetimi için stokastik programlama modelleri (stratejik araç tahsisini optimize ederek) uygulanmıştır. Ancak böyle bir yaklaşım genel filo yönetimi araştırmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

İnternet teknolojilerinin ve araç sistemlerinin gelişmesine paralel olarak araç paylaşım sistemlerine yönelik yapılan araştırmalar, sürücüsüz (elektrikli) otomobillerin

tasarlanması ve geliştirilmesine yönelik yapılan çalışmaların başlamasıyla birlikte otonom araç paylaşım sistemleri olgusunun doğmasına neden olmuştur.

Araç paylaşımını, otonom araçları, elektrikli araçları ve şarj altyapısının planlamasını ayrı konular olarak inceleyen çok sayıda literatür çalışması vardır. Benzinle çalışan ve (özellikle) elektrikli otonom araçları ortak bir modelde inceleyen çalışmalar sınırlıdır. Wang ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada, kuyruk teorisine dayalı olarak paylaşılan otonom araçlar için dinamik bir filo yönetimi algoritması önermiştir. Beş istasyon ve beş araç ile oluşturulan simülasyon ortamı, ortalama yolcu bekleme süresi 4,89 dakika ve ortalama araç kullanım oranı 3,7 araç olan sabit bir sevk algoritması ile karşılaştırıldığında, ortalama yolcu bekleme süresi 3,37 dakika ve araç kullanım oranı 4,3 araç sonuçlarını elde etmiştir. Spieser ve ark. (2014), Singapur'da herhangi bir özel aracın bulunmadığı paylaşımlı bir otonom araç filosunu modellemiş, her bir paylaşılan aracın, üç özel aracın yerini alabileceğini ve 12,3 haneye hizmet edebileceğini çalışmasında göstermiştir.

Burns ve ark. (2013), orta büyüklükte bir şehir, düşük yoğunluklu bir banliyö gelişim bölgesi ve yoğun nüfuslu büyük bir kentsel alanı örnek olarak üç farklı şehir ortamında, paylaşımlı bir otonom araç filosunun performansını incelemiştir. Çalışmasının neticesinde, orta ölçekli şehir ve banliyö ortamlarında, paylaşılan her aracın özel sektöre ait 6.7 aracın yerini alabileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca, yoğun kentsel bölgede, ortalama bekleme süreleri 1 dakikadan daha kısa olan otonom sürüş teknolojisinin getirilmesi ile mevcut taksi filosunun %30 küçültülebilir olduğunu göstermiştir. Martinez ve Crist (2015) yapmış oldukları çalışmada, otonom ve paylaşımlı araç uygulamalarında sürüş paylaşımı etkinleştirildiğinde, her bir paylaşımlı aracın özel sektöre ait yaklaşık 10 aracın yerini alabileceği ve mevcut durumdaki araçlardan %6 daha fazla yolculuk mesafesi oluşturduğu sonucu ortaya konulmuştur. Çalışmada sonucunda ortaya çıkan bir başka veri de; sürüş paylaşımı olmadan, paylaşımlı her araç, özel mülkiyete ait 6 aracın yerini alabileceği, ancak %44 daha fazla seyahat mesafesi sağlayacağı verisi olmuştur. Bu çalışmada aynı zamanda, 175 kilometrelik bir elektrik menzili ve 30 dakikalık bir şarj süresi varsayılarak, paylaşılan otonom araçların elektrikli hale getirilmesinin etkisine de bakılarak filonun %2 daha büyük olması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Paylaşımli otonom araçlarla ilgili yapılan bir başka çalışmada, Fagnant ve Kockelman (2014), yoğun bir kent merkezinde, paylaşımli bir otonom araç filosunun geleneksel araç sahipliği ve kullanımı karşılaştırıldığında çevresel faydalarını simüle eden firma temelli bir model sunmuştur. Simülasyon sonuçlarında, her bir paylaşımli otonom aracın 11 geleneksel özel mülkiyetli aracın yerini alabileceğini, ancak %10'a kadar daha fazla seyahat mesafesi oluşturduğu gösterilmiştir.

2.3. Araç Atama Problemleri İçin Karar Destek Sistemleri

Birçok karar durumunda artan karmaşıklık ve belirsizlik göz önüne alındığında, yöneticilerin karar vermelerini ve planlamalarını desteklemek için nicel modelleri kullanmalarına yardımcı olmak önemli bir araştırma konusudur. 50 yıldan fazla bir süredir ekonomistler, psikologlar, operasyon araştırmacıları ve yönetim bilimcileri bu konuyu çeşitli perspektiflerinden araştırmışlardır, ancak araştırmacılar etkili modele dayalı Karar Destek Sistemleri tasarlanmanın, geliştirmenin ve uygulamanın davranışsal ve teknik zorluklarını henüz yeni anlamaya başlamışlardır (Power ve Sharda 2007).

Yük ve taşımacılık endüstrisinin karşılaştığı ortak dinamik bir araç atama problemi olarak, birkaç araştırmacı stokastik dinamik araç atama problemlerini formüle etmiş ve de problemin belirsizliğini ve potansiyel sonsuz zaman ufku dikkate alarak bu problemi çözmek için farklı metodolojiler önermiştir. Bununla birlikte, statik deterministik, statik stokastik veya dinamik deterministik formülasyonlar, önceki araştırmaların ana odağıdır (Fan ve ark. 2008).

Literatürde araç atama problemlerini elen alan çalışmalar incelendiğinde, bu konudaki ilk çalışmaların 80'li yıllara dayandığı görülmektedir. Dejax ve Crainic (1987) çalışmasında, boş araç akış problemleri ve modellerinin bir sınıflandırmasını sunmuşlardır. Bu çalışmada, çeşitli araştırma perspektifleri tanımlanmış ve boş ve yüklü nakliye aracı hareketlerinin eşzamanlı yönetimi için entegre yaklaşımların avantajları da ayrıca tartışılmıştır. Araç atama problemlerini ele alma açısından ilklerden sayılabilecek bir başka çalışmayı da Jordan ve Turnquist (1983), talep ve araç arzındaki belirsizliği modele ilk kez dahil ederek demiryolu nakliye kasasında boş yük vagonlarının tahsisi için bir ağ optimizasyon modeli önermişlerdir. Model, bir Frank-Wolfe algoritması ile çözülerek hesaplanmanın çok verimli olduğu ortaya konmuştur. Bu çalışmaya yakın tarihlere

Powell (1986), stokastik model formülasyonunu incelemiş ve dinamik araç tahsis problemini çözdüğü çalışmasını yayınlamıştır. Araç atama problemlerinin çözümünde sezgisel algoritmalar üzerine bir başka çalışmada da Frantzeskakis ve Powell (1990) tarafından sezgisel bir algoritma önerilmiş ve bunu algoritmanın çeşitli deterministik yaklaşımlarla karşılaştırması yapılmıştır. Bir demiryolunun veya bir kamyon taşıyıcısının çalışmasını simüle etmek için dalgali katman prosedürü kullanılmıştır. Hesaplamalı sonuçlar, yeni algoritmanın test edilen diğer yaklaşımlara göre üstünlüğünü göstermiştir. Araç atama problemi çözüm yöntemlerinden stokastik model yaklaşımını kullanan Cheung ve Chen (1998) çalışmasında, dinamik konteyner atama probleminin iki aşamalı bir stokastik ağ modeli olarak nasıl formüle edilebileceğini göstermişlerdir. Modeldeki kararlar, boş konteynerlerin nasıl yeniden konumlandırılacağını ve limanlarda nerede ve kaç adet kiralık konteynerin gerekli olduğu çözümünü içermektedir. Çalışmada ayrıca, stokastik doğrusallaştırma yönteminin ve stokastik hibrit yaklaşım prosedürünün ağ modelini çözmek için nasıl uygulanabileceğini göstererek, bu yöntemlerin birkaç uygulamasını geliştirmişler ve ardından etkinliklerini sayısal testlerle karşılaştırmışlardır.

Bir başka çalışmada Fan ve ark. (2008) araç paylaşım hizmeti operatörü için hem zaman hem de alanda karı maksimize etmek amacıyla araç filosu yönetimi için bir karar verme problemini ele almışlardır. Araç paylaşım sistemi için dinamik araç atama probleminin çözümüne yönelik çok aşamalı bir stokastik doğrusal tamsayı modelini formüle etmişler ve Monte Carlo örneklemesine dayalı stokastik optimizasyon yöntemi geliştirilmişlerdir. Araç atama problemi çözümleri için araştırmalar yardımcı olsa da, az sayıdaki sadece birkaç çalışma, dinamik ve stokastik özellikleri aynı anda ele alma olasılığını tartışmıştır. Paylaşımlı araçlar için dinamik araç atama problemi ayrıca, önceki araştırmalarda tartışılmayan benzersiz bir problemi de ortaya koymaktadır. Fan (2013) çalışmasında, paylaşımlı araçlar için dinamik araç atama problemini sınırlı bir yuvarlanan planlama anlayışı çerçevesinde formüle ederek çözmüştür. Bu çok aşamalı stokastik modeli çözmek üzere paylaşımlı araçlar için dinamik araç atama problemi model formülasyonuna ve stokastik programlama yaklaşımına özellikle dikkat edilmiştir. Sayısal sonuçlar ve araç atama önerileri sunularak analiz edilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada, talep tabanlı araç atama probleminin çözümü için karar destek sistemi modeli geliştirilmiştir. Müşterilerden gelen talepleri karşılamaya yönelik geliştirilen modelde, talep edilen araç sayısı ve çeşidinin belirlenen park istasyonlarından karşılanmasına yönelik atamaların çözümü sunulmuştur.

3.1. Materyal

3.1.1. Ağ akış modelleri

Ulaşım, atama, aktarma, en kısa yol, maksimum akış ve kritik yol problemleri, minimum maliyetli ağ akış probleminin özel durumlarıdır. Herhangi bir minimum maliyetli ağ akış problemi, ağ simpleks adı verilen ulaşım simpleksinin genellemesiyle çözülebilir (Winston 2004).

Ağ simpleks algoritması olarak bilinen, simpleks algoritmasının ağ yapılı doğrusal programlama problemlerine yönelik çözümler, simpleks işlemlerini doğrudan grafik veya ağ üzerinde gerçekleştirir. Bu yöntemle elde edilen verimlilik, seyreklik dışındaki herhangi bir özgün özel yapıları göz ardı eden standart bir simpleks yaklaşımına göre, problemlerin 200-300 kat daha hızlı çözülmesini sağlar (Bazaraa ve ark. 2010).

Tek-Malzemeli Minimum-Maliyetli Ağ Akış Modeli

İndisler:

i, j, p : Düğüm noktaları; $i, j, p = 1, \dots, n_N$

Parametreler:

c_{ij} : i düğüm noktasından j düğüm noktasına (i, j) arkı üzerinden birim malzeme akış maliyeti

b_i : i düğüm noktasının net tedarik miktarı (tedarik düğümleri için $b_i > 0$ ve talep düğümleri için $b_i < 0$)

L_{ij} : (i, j) arkı üzerindeki akış miktarının alt sınırı

U_{ij} : (i, j) arkı üzerindeki akış miktarının üst sınırı

Karar değişkenleri:

x_{ij} : i düğüm noktasından j düğüm noktasına (i, j) arkı üzerinden gönderilen akış miktarı

Amaç fonksiyonu:

$$\min z = \sum_{i=1}^{n_N} \sum_{j=1}^{n_N} c_{ij} x_{ij} \quad (3.1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^{n_N} x_{ij} - \sum_{p=1}^{n_N} x_{pi} = b_i, \quad \forall i \quad (3.2)$$

$$L_{ij} \leq x_{ij} \leq U_{ij}, \quad \forall i, j \quad (3.3)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad \forall i, j \quad (3.4)$$

Denklem 3.1'de yer amaç fonksiyonu ile toplam maliyet minimize edilmektedir.

Denklem 3.2'de ağ akış denge denklemdir. Dengeli bir ağ üzerinde $\sum_{i=1}^{n_N} b_i = 0$ 'dır.

Denklem 3.3 ile her bir ark için akış kapasitesi alt ve üst sınırları kontrol edilmektedir.

Denklem 3.4 ise işaret kısıtıdır.

Çok-Malzemeli Minimum-Maliyetli Ağ Akış Modeli

İndisler:

i, j, p : Düğüm noktaları; $i, j, p = 1, \dots, n_N$

k : Malzemeler; $k = 1, \dots, n_C$

Parametreler:

- c_{ijk} : i düğüm noktasından j düğüm noktasına (i, j) arkı üzerinden gönderilen k malzemesinin birim akış maliyeti
- b_{ik} : i düğüm noktasının k malzemesi için net tedarik miktarı (tedarik düğümleri için $b_{ik} > 0$ ve talep düğümleri için $b_{ik} < 0$)
- L_{ij} : (i, j) arkı üzerindeki akış miktarının alt sınırı
- U_{ij} : (i, j) arkı üzerindeki akış miktarının üst sınırı
- L_{ijk} : (i, j) arkı üzerindeki akış miktarının k malzemesi için alt sınırı
- U_{ijk} : (i, j) arkı üzerindeki akış miktarının k malzemesi için üst sınırı

Karar değişkenleri:

- x_{ijk} : i düğüm noktasından j düğüm noktasına (i, j) arkı üzerinden gönderilen k malzemesi akış miktarı

Amaç fonksiyonu:

$$\min z = \sum_{i=1}^{n_N} \sum_{j=1}^{n_N} \sum_{k=1}^{n_C} c_{ijk} x_{ijk} \quad (3.5)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^{n_N} x_{ijk} - \sum_{p=1}^{n_N} x_{pik} = b_{ik}, \quad \forall i, k \quad (3.6)$$

$$L_{ijk} \leq x_{ijk} \leq U_{ijk}, \quad \forall i, j, k \quad (3.7)$$

$$L_{ij} \leq \sum_{k=1}^{n_C} x_{ijk} \leq U_{ij}, \quad \forall i, j \quad (3.8)$$

$$x_{ijk} \geq 0, \quad \forall i, j, k \quad (3.9)$$

Denklem 3.5 ile ifade edilen amaç fonksiyonu toplam maliyeti minimize etmektedir. Denklem 3.6 ağ akış denge denklemdir. Dengeli bir ağ üzerinde $\sum_{i=1}^{n_N} \sum_{k=1}^{n_C} b_{ik} = 0$ 'dır. Denklem 3.7 ve Denklem 3.8 ile akış kapasitesi alt ve üst sınırları kontrol edilmektedir. Bu kapasite kısıtları sırasıyla, her bir malzeme ve tüm malzemelerin toplam akış miktarı için oluşturulmaktadır. Denklem 3.9 ile karar değişkenleri tanımlanmaktadır.

Ağ Akış Modellerinin Özellikleri

Ağ akış modelleri, içerdiği birtakım özellikler nedeniyle, tamsayılı programlama formülasyonu içermesine rağmen doğrusal programlamada kullanılan tekniklerin modifikasyonu ile çözülebilmektedir. Bu bölümde, söz konusu özellikler sunulmaktadır.

A matrisi (2) numaralı denklemde verilen kısıt ile ilişkili katsayılar matrisi olsun. **A** matrisi, ağ üzerindeki her bir düğüm noktası için bir satıra ve her bir ark için bir sütuna sahiptir. Her bir sütunda, bir tane "+1" ve bir tane "-1" katsayısı olmak üzere sıfır olmayan iki tane katsayı yer almaktadır. (i, j) arkı ile ilişkili sütunun i . satırın "+1", j . satırında "-1" bulunmakta ve diğer tüm alanlarda sıfır değeri yer almaktadır.

A matrisi, $m \times n$ boyutlu bir matris olmak üzere satırlarının toplamı sıfır vektörüne eşit olduğundan **A** matrisinin rankının m değerine eşit olmayacağı açıktır ve bu değer $(m - 1)$ 'dir.

A, $m \times n$ boyutlu bir matris ve **b**, m -boyutlu bir vektör olmak üzere $\mathbf{Ax} = \mathbf{b}$ ve $\mathbf{x} \geq \mathbf{0}$ denklem sistemi dikkate alındığında, $\text{rank}(\mathbf{A}, \mathbf{b}) = \text{rank}(\mathbf{A}) = m$ olduğu varsayılın. **A** matrisinin sütunları yeniden düzenlendikten sonra, $\mathbf{A} = [\mathbf{B}, \mathbf{N}]$ elde edilmektedir. Burada **B**, $m \times m$ boyutlu tersi alınabilir bir matris ve **N**, $m \times (n - m)$ boyutlu bir matristir. $\mathbf{Ax} = \mathbf{b}$ denklem sisteminde, $\mathbf{x} = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_B \\ \mathbf{x}_N \end{bmatrix}$ olan çözüm, temel uygun çözüm olarak adlandırılmaktadır. **B**, temel değişkenler matrisi ve **N**, temel dışı değişkenler matrisi olmak üzere denklem sisteminin çözümünde; $\mathbf{x}_B = \mathbf{B}^{-1}\mathbf{b}$ ve $\mathbf{x}_N = \mathbf{0}$ 'dır. Minimum-maliyetli ağ akış modelinde **B**, temel değişkenler matrisi ± 1 ve 0 elemanlarından oluşmaktadır. Bu durum da beraberinde birtakım özellikler getirmektedir. **w**, dual

değişkenler olmak üzere $\mathbf{B}\mathbf{x}_B = \mathbf{b}$ ve $\mathbf{w}\mathbf{B} = \mathbf{c}_B$ denklem sistemleri ile temel değişkenlerin ve dual değişkenlerin değerleri basit bir yerine koyma süreci ile belirlenebilmektedir. Öte yandan, tüm b_i değerleri tamsayı değerler ise $\det \mathbf{B} = \pm 1$ ve \mathbf{B} tamamen tamsayı değerler içerdiğinden $\mathbf{B}\mathbf{x}_B = \mathbf{b}$ çözümü de tamsayıdır. Bir diğer ifadeyle, problemin optimum sonucu tamsayıdır.

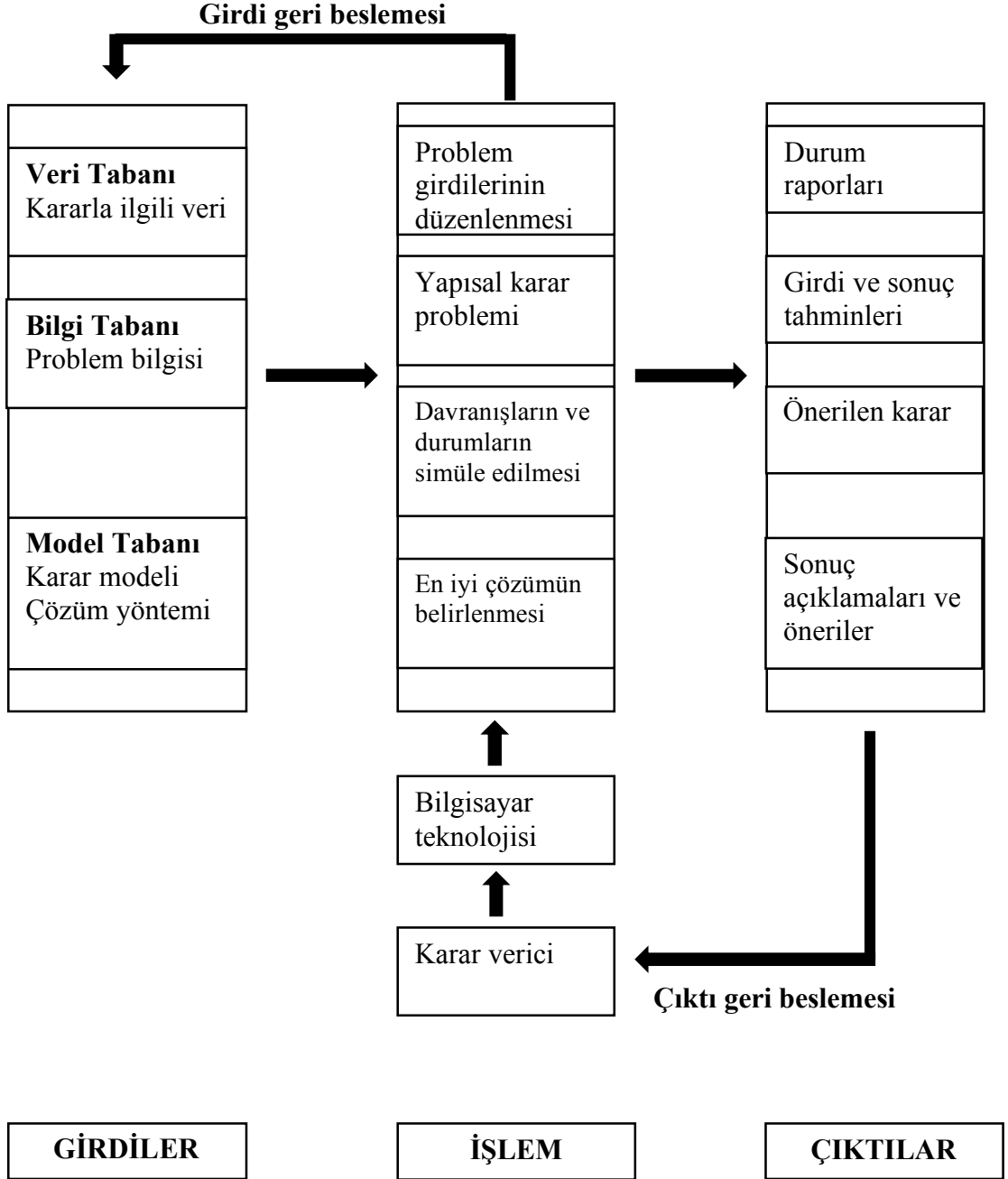
3.1.2. Karar destek sistemleri

Karar destek sistemleri en genel haliyle, "karar vericinin kendi iç görüşlerini" öncelikli yarı yapılandırılmış kararlarla birleştirerek karar vericilere yardımcı olan "etkileşimli, esnek ve uyarlanabilir" bilgisayar tabanlı bilgi sistemleridir (Turban ve Aronson 1998).

Karar verme becerisinin geliştirilmesi amacıyla yönelik olarak, farklı karar verme mercilerine destek olmak amaçlı birçok karar destek sistemi yapısı bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak; (i) yöneticilere bilgi sağlama, (ii) yöneticilere ve uzmanlara çeşitli analitik modeller kullanarak analiz imkanı sunma, (iii) bilgi depolama ve bilgiyi yöneticiler için kullanılabilir hale getirme, (iv) küçük ve büyük grupların karar vermelerini destekleme ve (v) tedarikçilerin ve müşterilerin karar verme süreçlerini destekleme verilebilir. İnternetin kullanımının yaygınlaşması ile birlikte karar destek alanındaki gelişmeler hızlanmış ve karar destek sistemlerinin yeteneklerindeki hızlı değişimlerin takibi zorlaşmıştır (Power ve Sharda 2009).

Karar destek sistemlerinin tarihsel gelişimi incelendiğinde temeli 1960'lı yıllara dayanmaktadır. 1970'li yıllarda Şirketler, karar destek sistemi adı altında, yöneticilerin analiz işlemlerine yardım etmesi amacıyla birtakım veri ve modelleri kullanabilen interaktif bilgi sistemleri geliştirmişlerdir. Ardından, karar destek sistemleri, şirketlerin her seviyesinde kullanılan bir yapıya ulaştırılmıştır. Bunun yanı sıra, yalnızca orta ve üst düzey yöneticilerin kullandığı veya sektör bazında özelleşmiş karar destek sistemleri de bulunmaktadır. Günümüzde ise kişisel bir bilgisayarda çalışan ve tek bir yöneticinin kullandığı karar destek sistemlerinden, ağ üzerindeki sunucu üzerinde çalışan ve geniş toplulukların kullandığı karar destek sistemlerine kadar çok farklı sistemler geliştirilmektedir (Power ve Sharda 2009).

Karar destek sistemleri, veri ve modellerden yararlanarak kullanıcıya ara yüz imkanı sağlarlar. Bu sayede, kullanıcının karar alanını tanımlarken ve keşfederken sistemle etkileşime girmesine yardımcı olurlar. Bir karar destek sistemi mimarisi Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Karar destek sistemi mimarisi (Phillips-Wren ve ark. 2009)

Karar destek sistemi girdileri, ilgili karar verilerini içeren veri tabanı, problem bilgisini içeren bilgi tabanı ile birlikte; karar modeli ve çözüm yöntemini içeren bir model tabanını barındırır. Karar verici, çeşitli girdi tabanlarına erişmek için bilgi teknolojilerini kullanır. Bilgi teknolojileri, problemin unsurlarını düzenlemek, fikir üretmek, problemi yapılandırmak, davranışları ve olayları simüle etmek ve en iyi problem çözümünü bulmak gibi uygulama görevlerini yürütmek için karar vericiye yardımcı olur. Karar destek sistemi, karar vericinin kontrolündeki bir diyalog yönetim sistemiyle etkileşimlidir. İşlemin görevi ise, üretilen fikirler ve problem unsurları, girdi ve çıktı tahminleri, önerilen karar eylemleri ve stratejileri, öneriler için açıklamalar hakkında durum raporları oluşturmaktır (Schuff ve ark. 2011).

3.2. Yöntem

Bu çalışmada, otonom araç yönetim sistemlerinin alt yapı çalışmaları kapsamında, talep tabanlı araç atama probleminin çözümü için karar destek sistemi modeli geliştirilmiştir. Bu karar destek sistemi modeli, web tabanlı geliştirilen arayüz aracılığıyla müşterilerden toplanan araç taleplerinin atama çözümleri için Microsoft Excel kullanılarak kurgulanmıştır. Geliştirilen ara yüz yardımıyla, müşterilerin araç talep ettiği başlangıç noktası, gitmek istediği varış noktası, yolculuk başlangıcı için zaman (saat) aralığı ve talep ettiği araç tipi (küçük, orta, büyük) olmak üzere farklı parametrelerin seçimi, girdileri oluşturmaktadır. Bu girdiler kullanılarak Google API yardımıyla araç rotalarının mesafe ve zaman verileri oluşturulmaktadır. Elde edilen veriler, Microsoft Excel ortamına aktarılarak MPL Optimax kütüphanesi kullanılarak Grobi çözücüsü ile çözdürülmektedir. Araç atamaları için sunulan çözüm modeli, çok malzemeli minimum maliyetli ağ akış problem çözümü (multi-commodity minimum-cost network flow problem) örnek alınarak oluşturulmuştur.

Kurgulanan sistemde, oluşturulan taleplerin çözüm ortamına aktarılması ve model tarafından çözdürülmesi işlemlerinin, bir sistem yöneticisi tarafından yapıldığı varsayılmıştır.

3.2.1. Otonom araç atamaları için çok-malzemeli minimum-maliyetli ağ akış modeli

Tez çalışmasında araç atama problemi, müşterilerden gelen araç taleplerinin en uygun maliyetle karşılanmasına yönelik çözülmesi hedeflenen temel problemdir. Problemin çözülmesi için geliştirilen model, çok malzemeli minimum maliyetli ağ akış modelini baz alarak kurgulanmıştır. Kurgulanan modelin çıktı etkinliğini arttırmak amacıyla, park istasyonlarının konum seçimi Bursa merkez içerisinden yapılmıştır. Araç atama problemi için geliştirilen çok malzemeli minimum maliyetli ağ akış modelinin bileşenleri aşağıdaki gibidir:

İndisler:

i, j, p : Düğüm noktaları; $i, j, p = 1, \dots, n_N$

k : Araç tipleri; $k = 1, \dots, n_C$

Parametreler:

c_i^T : i düğüm noktasındaki talebin kalkış ve başlangıç ve varış noktaları arasındaki yolculuk süresi (saniye)

c_{ij}^{PO} : i düğüm noktasındaki park yerinden j düğüm noktasındaki talebin kalkış noktasına olan yolculuk süresi (saniye)

c_{ij}^{DP} : i düğüm noktasındaki park yerinden j düğüm noktasındaki talebin varış noktasına olan yolculuk süresi (saniye)

b_{ik} : i düğüm noktasının k araç tipi için net tedarik miktarı (park düğümleri için $b_{ik} > 0$ ve talep düğümleri için $b_{ik} < 0$)

L_{ij} : (i, j) arkı üzerindeki akış miktarının alt sınırı

U_{ij} : (i, j) arkı üzerindeki akış miktarının üst sınırı

L_{ijk} : (i, j) arkı üzerindeki akış miktarının k malzemesi için alt sınırı

U_{ijk} : (i, j) arki üzerindeki akış miktarının k malzemesi için üst sınırı

Karar değişkenleri:

x_{ijk} : i düğüm noktasındaki park yerinden j düğüm noktasındaki talebi karşılamak için (i, j) arki üzerinden gönderilen k araç tipi miktarı

Amaç fonksiyonu:

$$\min z = \sum_{i=1}^{n_N} \sum_{j=1}^{n_N} \sum_{k=1}^{n_C} (c_i^T + c_{ij}^{PO} + c_{ij}^{DP}) x_{ijk} \quad (3.10)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^{n_N} x_{ijk} - \sum_{p=1}^{n_N} x_{pik} = b_{ik}, \quad \forall i, k \quad (3.11)$$

$$L_{ijk} \leq x_{ijk} \leq U_{ijk}, \quad \forall i, j, k \quad (3.12)$$

$$L_{ij} \leq \sum_{k=1}^{n_C} x_{ijk} \leq U_{ij}, \quad \forall i, j \quad (3.13)$$

$$x_{ijk} \geq 0, \quad \forall i, j, k \quad (3.14)$$

Denklem 3.10'da yer alan amaç fonksiyonu, toplam ağ akış maliyetini minimize etmekle birlikte; maliyet parametreleri arasında (i) talebin başlangıç ve varış noktaları, (ii) park yeri ile talebin kalkış noktası ve (iii) park yeri ile talebin varış noktası arasındaki yolculuk süresi yer almaktadır. Denklem 3.11 ağ akış denge denklemdir. Dengeli bir ağ olmaması ($\sum_{i=1}^{n_N} \sum_{k=1}^{n_C} b_{ik} \neq 0$) durumunda hayali bir düğüm noktası oluşturularak ağ dengelenmektedir. Burada, her bir araç tipi için ayrı ayrı kontrol yapılmakta ve toplam arz miktarının toplam talep miktarından yüksek olması durumunda hayali talep miktarı; aksi durumda hayali arz miktarı oluşturulmaktadır. Bu hayali düğüm noktasında gerçekleşen akış miktarları ise kullanılmayan kapasite ve karşılanamayan talep miktarlarına karşılık gelmektedir. Model çözümünün elde edilmesinin ardından bu

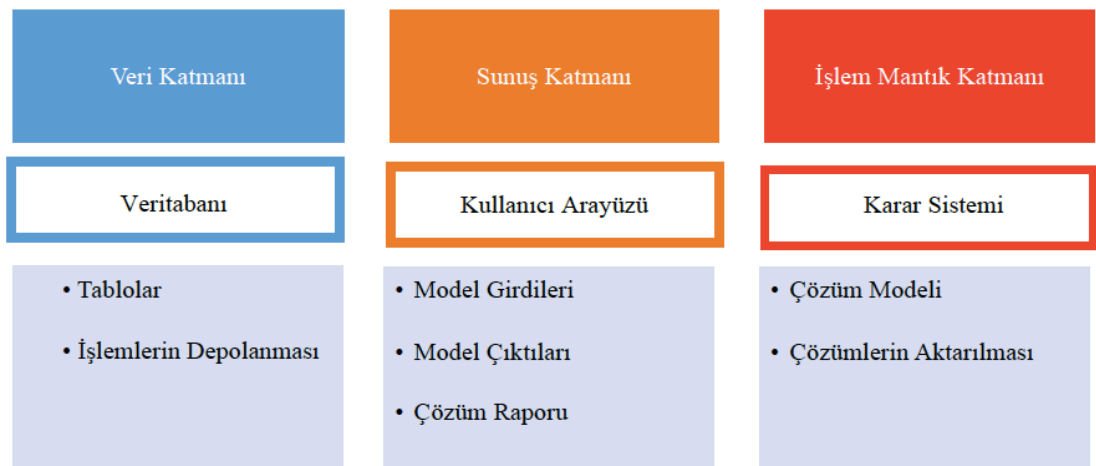
değerler performans parametresi olarak kullanıcıya sunulmaktadır. Denklem 3.12 ve Denklem 3.13 ile akış kapasitesi alt ve üst sınırları kontrol edilmektedir. Bu kapasite kısıtları her bir malzeme için ayrı ele alındığı gibi tüm malzemelerin toplam akış miktarı cinsinden de dikkate alınmaktadır. Denklem 3.14 ise genel işaret kısıtıdır.

3.2.2. Araç atama problemi için bir karar destek sistemi tasarımı

Tez çalışmasında, ele alınan araç atama problemi için bir karar destek sistemi prototipi geliştirilmiştir. Geliştirilen karar destek sistemi, çok-malzemeli minimum-maliyetli ağ akış problemi üzerinde uygulanmış olup, ileride yapılacak çalışmalara yardımcı olması ve yeni teknolojilerle uyum sağlayabilmesi açısından web servisleriyle birlikte çalışacak şekilde kurgulanmıştır.

Geliştirilen karar destek sisteminin bileşenleri, Şekil 3.2’de görüldüğü gibi (i) veritabanı, (ii) kullanıcı arayüzü ve (iii) karar mekanizması olmak üzere üç başlık altında incelenebilir.

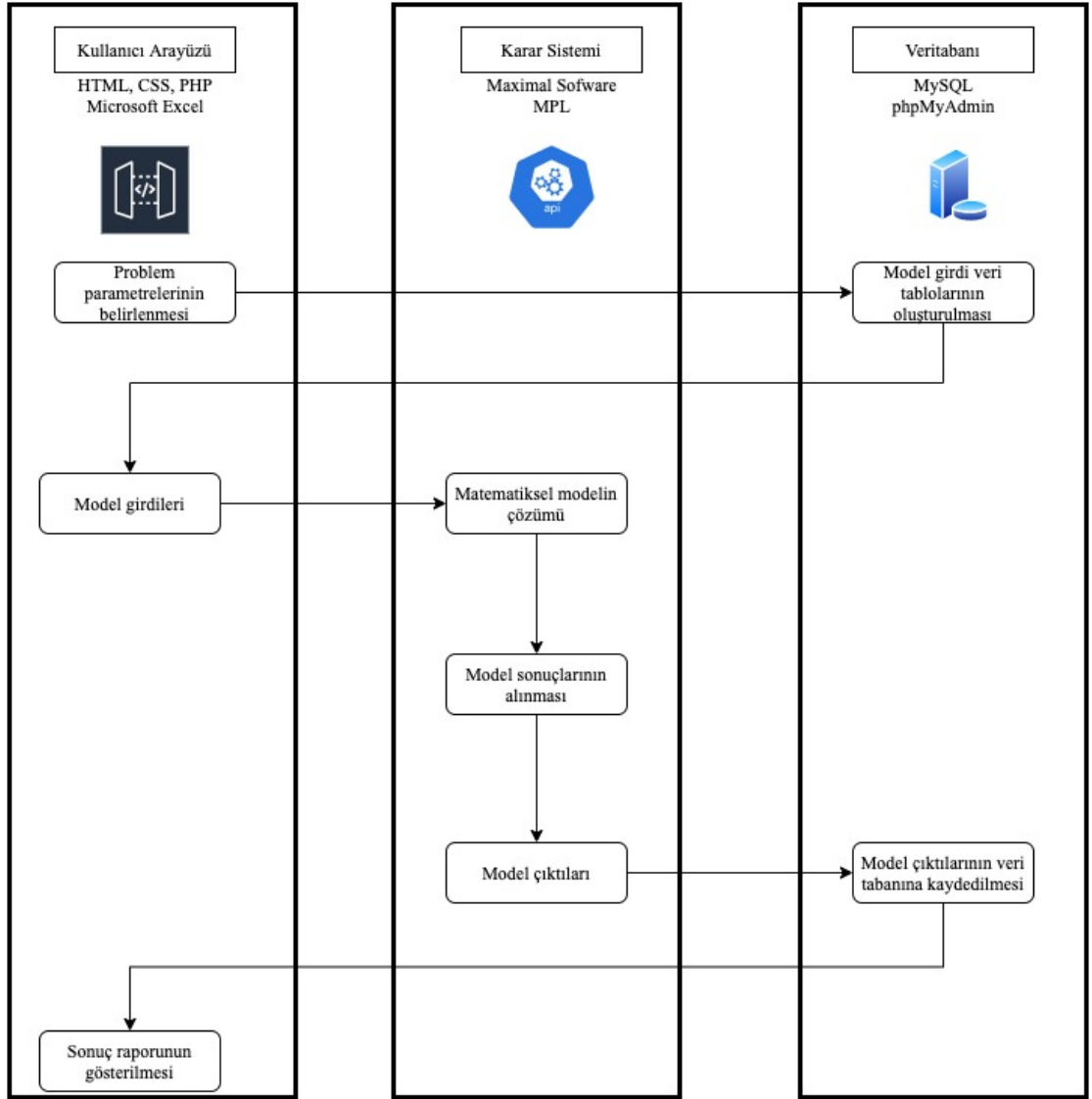
Bu çalışmada öncelikle, modelde kullanılacak girdiler ve verileri kaydetmek üzere açık kaynak kod tabanlı MySQL veritabanı yönetim sistemi kullanılarak bir veritabanı tasarlanmıştır. Bu veritabanındaki verileri yönetmek için ise arayüz olarak tasarlanan phpMyAdmin sunucu sisteminden faydalanılmıştır.



Şekil 3.2. Geliştirilen karar destek sistemi prototipinin temel bileşenleri

Tez çalışmasında, ileriye yönelik çalışmalara temel oluşturma açısından, girdi verilerinin, müşterilerden gelen talep olduğu varsayılarak, internet ortamında oluşturulabilmesi için HTML (Hyper Text Markup Language), CSS (Cascading Style Sheet), JavaScript ve PHP (Personal Home Page) yazılım dilleri yardımıyla bir arayüz tasarlanmıştır. Şekil 3.3'te görüldüğü gibi, web ortamında geliştirilen arayüz aracılığıyla, kullanıcı (müşteri) tarafından problemin çözümü için gerekli parametreler belirlenmektedir. Veritabanına eş zamanlı olarak kaydedilen girdi parametreleri, Microsoft Excel ortamına aktarılmaktadır. Bu veriler doğrultusunda, MPL ortamında geliştirilen matematiksel programlama modeli Gurobi çözücüsü kullanılarak çözülmektedir. Bu çözümden elde edilen sonuçlar Maximal Software OptiMax kütüphanesi kullanılarak Microsoft Excel' e yazdırılmaktadır. Daha sonra atamaların ve araç rotalarının sistem yönetici tarafından kolay yorumlanması açısından elde edilen sonuçlar, bir kez daha web ortamında tablo halinde ve harita üzerinde gösterilmektedir.

Tasarlanan veri tabanının nesne-ilişki diyagramı Şekil 3.4'te verilmiş olup, şeklin yüksek çözünürlükteki versiyonu EK 1'de yer almaktadır. Veritabanındaki tabloların alan tanımları ve değişken türleri oluşturulurken web uygulamasında kullanılan API'ler ile uyumuna dikkat edilmiştir. Değişken tanımları kimlik (id), saniye, adet, sayı gibi türler belirlenirken değer *int* veya *bigint*; mesafe için değerler *decimal*; başlangıç noktası, varış noktası, istasyon tanımları, park tanımları, park adları değerleri *nvarchar* tipi olarak ele alınmıştır. Veritabanı nesne-ilişki diyagramında görülen her bir tablo yapısı ile ilgili ayrıntılı açıklamalara ilerleyen bölümlerde değinilecektir.



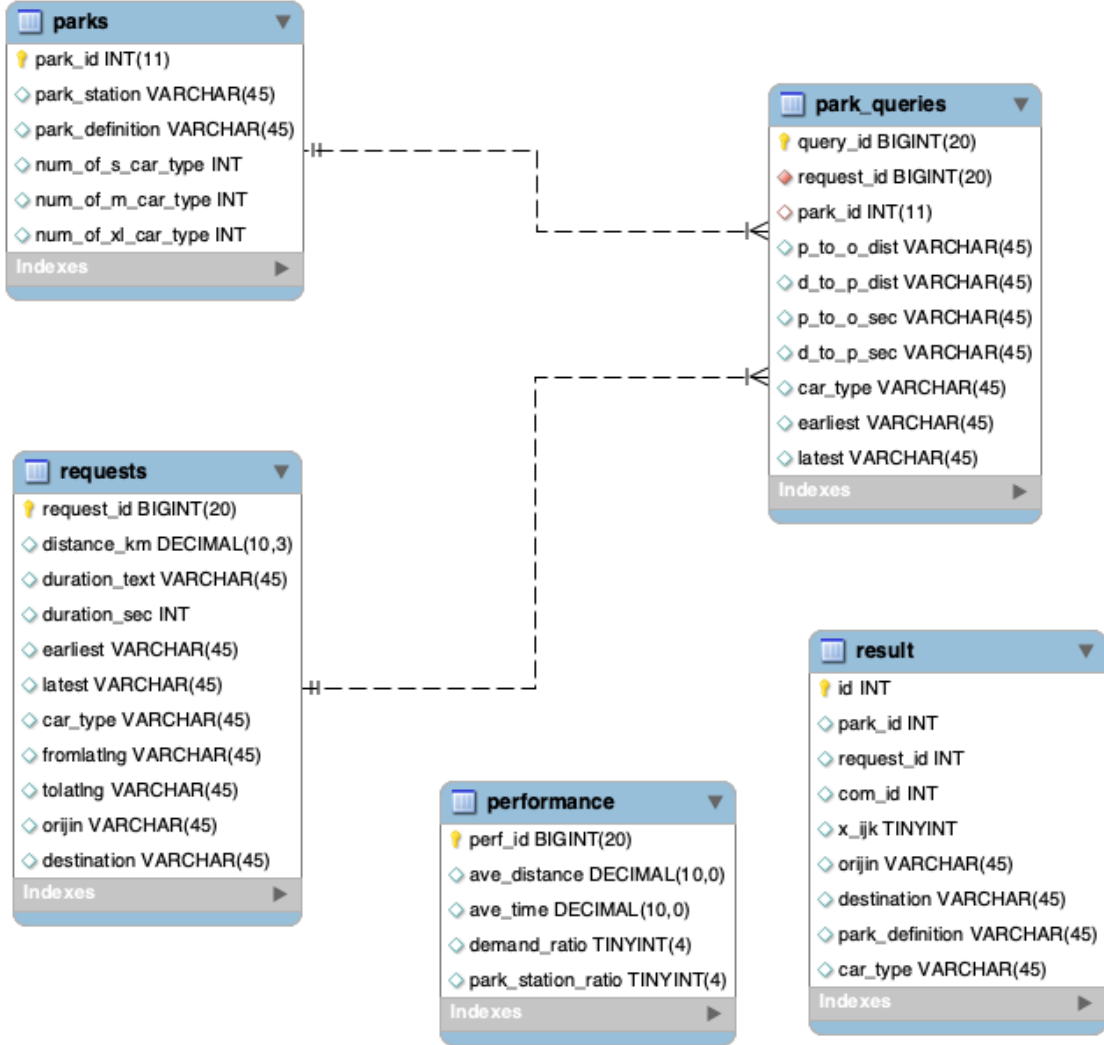
Şekil 3.3. Geliştirilen karar destek sistemi prototipinin fonksiyonel iş akış diyagramı

Veritabanında kullanılan tablolar ve açıklama sırası aşağıdaki gibi sunulmaktadır:

1. requests tablosu
2. park_queries tablosu
3. parks tablosu
4. result tablosu
5. performance tablosu

Tez kapsamında yapılan çalışmaların uluslararası dergilerde yayınlanması ve daha ileri zamanlarda yapılacak çalışmalarda kullanılması hedeflendiğinden veritabanında ve

yazılım altyapısında kullanılan ifadeler İngilizce dilinde oluşturulmuş olup, kullanıcıya kullanım kolaylığı sağlaması açısından arayüz dili Türkçe olarak hazırlanmıştır.



Şekil 3.4. Veritabanı nesne-ilişki diyagramı

Çalışmada kullanılan ilk tablo requests, Çizelge 3.1’de görüldüğü gibi gelen talep bilgilerinin tutulduğu, farklı değişken türleri ile kayıt alınan bir tablodur. Kullanıcı (müşteri) tarafından oluşturulan taleplerin verileri bu tabloda tutulur. request_id alanı birincil anahtar olarak tanımlanmıştır ve park_queries tablosunda da indeks anahtar olarak kullanılır.

Çizelge 3.1. requests tablosu özellikleri

Alan tanımı	Değişken Türü	Açıklama
request_id (birincil anahtar)	bigint	Birincil anahtar alanı olup, talep oluşturulduka otomatik artan sırada oluşmaktadır.
distance_km	decimal	Talebin, başlangıç ve varış noktası arasındaki mesafenin kilometre bilgisini içermektedir.
duration_text	varchar	Talebin, başlangıç ve varış noktası arasındaki yolculuk süresinin bilgisini metin şeklinde içermektedir.
duration_sec	int	Talebin, başlangıç ve varış noktası arasındaki yolculuk süresinin bilgisini saniye cinsinden içermektedir.
earliest	varchar	Talep edilen en erken yolculuk başlangıç saat bilgisini içermektedir.
latest	varchar	Talep edilen en geç yolculuk başlangıç saat bilgisini içermektedir.
car_type	varchar	Talep edilen araç tipi bilgisini içermektedir.
fromlatlng	varchar	Talebin başlangıç noktasının koordinat bilgisini içermektedir.
tolatlng	varchar	Talebin varış noktasının koordinat bilgisini içermektedir.
orijin	varchar	Talebin başlangıç noktasının adres bilgisini içermektedir.
destination	varchar	Talebin varış noktasının adres bilgisini içermektedir.

Tabloda yer alan en erken yolculuk başlangıç saat bilgisi “earliest”, en geç yolculuk başlangıç saat bilgisi “latest”, başlangıç ve varış noktalarının koordinat bilgisini veren “fromlatlng” - “tolatlng” değişkenleri, ileride yapılacak olan çalışmalar düşünülerek tabloda kayıt altına alınmaktadır. Bu çalışmada sadece sistem yöneticisini bilgilendirme amaçlı arayüz ekranlarındaki tablolarda gösterilmektedir.

Çizelge 3.2’de yer alan park_queries tablosunda, belirlenen üç park istasyonu ile başlangıç ve bitiş ve noktaları arasındaki mesafe ve yolculuk süresi bilgileri tutulmaktadır. Bunlara ek olarak araç tipi, en erken ve en geç yolculuk başlangıç saatleri bilgisi bu tabloda tekrar yer almaktadır.

Çizelge 3.2. park_queries tablosu özellikleri

Alan tanımı	Değişken Türü	Açıklama
query_id (birincil anahtar)	bigint	Birincil anahtar alanı olup, talep oluşturuldukça otomatik artan sırada oluşmaktadır.
request_id	bigint	requests tablosundan alınan indeks parametresidir.
park_id	int	Belirlenen park istasyonlarının id bilgisini içermektedir.
p_to_o_dist	decimal	Park istasyonlarından, başlangıç noktası yönüne olan mesafenin kilometre bilgisini içermektedir.
d_to_p_dist	decimal	Variş noktasından park istasyonları yönüne olan mesafenin kilometre bilgisini içermektedir.
p_to_o_sec	int	Park istasyonlarından, başlangıç noktası yönüne olan yolculuk süresi bilgisini saniye cinsinden içermektedir.
d_to_p_sec	int	Variş noktasından park istasyonları yönüne olan yolculuk süresi bilgisini saniye cinsinden içermektedir.
car_type	varchar	Talep edilen araç tipi bilgisini içermektedir.
earliest	varchar	Talep edilen en erken yolculuk başlangıç saat bilgisini içermektedir.
latest	varchar	Talep edilen en geç yolculuk başlangıç saat bilgisini içermektedir.

Tabloda yer alan “park_id” alanı, Çizelge 3.3’ te gösterilen parks tablosunun birincil anahtar alanıdır. park_id bilgileri bu tablodan alınır. Park istasyonları ile başlangıç ve varış noktaları arasında hesaplanan yolculuk süresi ve mesafe bilgileri modelin temel parametrelerindedir.

Çizelge 3.3. parks tablosu özellikleri

Alan tanımı	Değişken Türü	Açıklama
park_id (birincil anahtar)	int	Birincil anahtar alanı olup, park istasyonu sayısına göre otomatik artan sırada oluşmaktadır.
park_station	varchar	Belirlenen park istasyonlarının isim bilgisini içermektedir.
park_definition	varchar	Belirlenen park istasyonlarının Google Haritalar Artı Kod tanım bilgisini içermektedir.
num_of_s_car_type	int	Her bir park istasyonunda bulunan “küçük” tipindeki araç sayısı bilgisini içermektedir.
num_of_m_car_type	int	Her bir park istasyonunda bulunan “orta” tipindeki araç sayısı bilgisini içermektedir.
num_of_xl_car_type	int	Her bir park istasyonunda bulunan “büyük” tipindeki araç sayısı bilgisini içermektedir.

parks tablosunda tanımlanan alanlardan, “park_definition” alanı oluşturulurken, Google Haritalar API tarafından özel olarak sunulan Artı Kod özelliğinden faydalanılmıştır. Artı Kod özelliği ile, belirlenen harita konumuna özel bir Google Haritalar kodu verilir. Bu kod, belirlenen noktanın tanımlayıcısı olarak kullanılabilir. Örneğin park1 noktası için Artı Kod “6W7R+3H Nilufer, Bursa”; park2 noktası için ise “53W4+R3 Osmangazi/Bursa, Türkiye” şeklinde belirlenmiştir. Her bir park istasyonu için atanan küçük, orta, büyük tipindeki araç sayı bilgisi de yine parks tablosunda tutulmaktadır.

Modelin sonuçlarının sistem yöneticisi tarafından listelenmesini ve yolculuk rotalarının görüntülenmesi amacıyla arayüze aktarılacak sonuç raporu verileri Çizelge 3.4’te gösterilen result tablosunda; performans raporu verileri ise Çizelge 3.5’te tutulmaktadır. Bu tablo alanları diğer tablolardan kısmen bağımsız olarak oluşturulmaktadır. result ve performans tablosunda yer alan veriler, model çıktı sonuçlarının sisteme yüklenmesi neticesinde oluşturulmaktadır. Bundan önceki kısımlarda değinilen requests, park_queries ve parks tablo verilerinin modelde girdi olarak kullanılması sonucunda, modelden çıktı olarak elde edilen veriler result ve performance tablosunda veri tabanına kaydedilmektedir. Daha sonra bu tablodan alınan veriler, sistem yöneticisinin vereceği karara destek olmak amacıyla web ortamında oluşturulan arayüz aracılığıyla sistem yöneticisine gösterilmektedir.

Çizelge 3.4. result tablosu özellikleri

Alan tanımı	Değişken Türü	Açıklama
id (birincil anahtar)	int	Birincil anahtar alanı olup, çözüm satırı oluştuğunda otomatik artan sırada oluşmaktadır.
park_id	int	Belirlenen park istasyonlarının id bilgisini içermektedir.
request_id	bigint	Talep id bilgisini içermektedir.
com_id	int	Her bir araç tipine karşılık gelen tam sayı bilgisini içermektedir.
x_ijk	boolean	Talebin, karşılanıp karşılanmadığı bilgisini 0-1 şeklinde içermektedir.
orijin	varchar	Talebin başlangıç noktasının adres bilgisini içermektedir.
destination	varchar	Talebin varış noktasının adres bilgisini içermektedir.
park_definition	varchar	Belirlenen park istasyonlarının Google Haritalar Artı Kod tanım bilgisini içermektedir.
car_type	varchar	Talep edilen araç tipi bilgisini içermektedir.

result tablosunda yer alan veriler, modelin çözdürülmesi sonucunda araçların atama bilgilerini içermektedir. request_id ile tanımlı olan talebin başlangıç ve varış noktası, talebe karşılık herhangi bir araç atanıp atanmadığı, araç atandıysa hangi park istasyonundan hangi tip araç atandığı bilgisi bu tabloda tutulmaktadır.

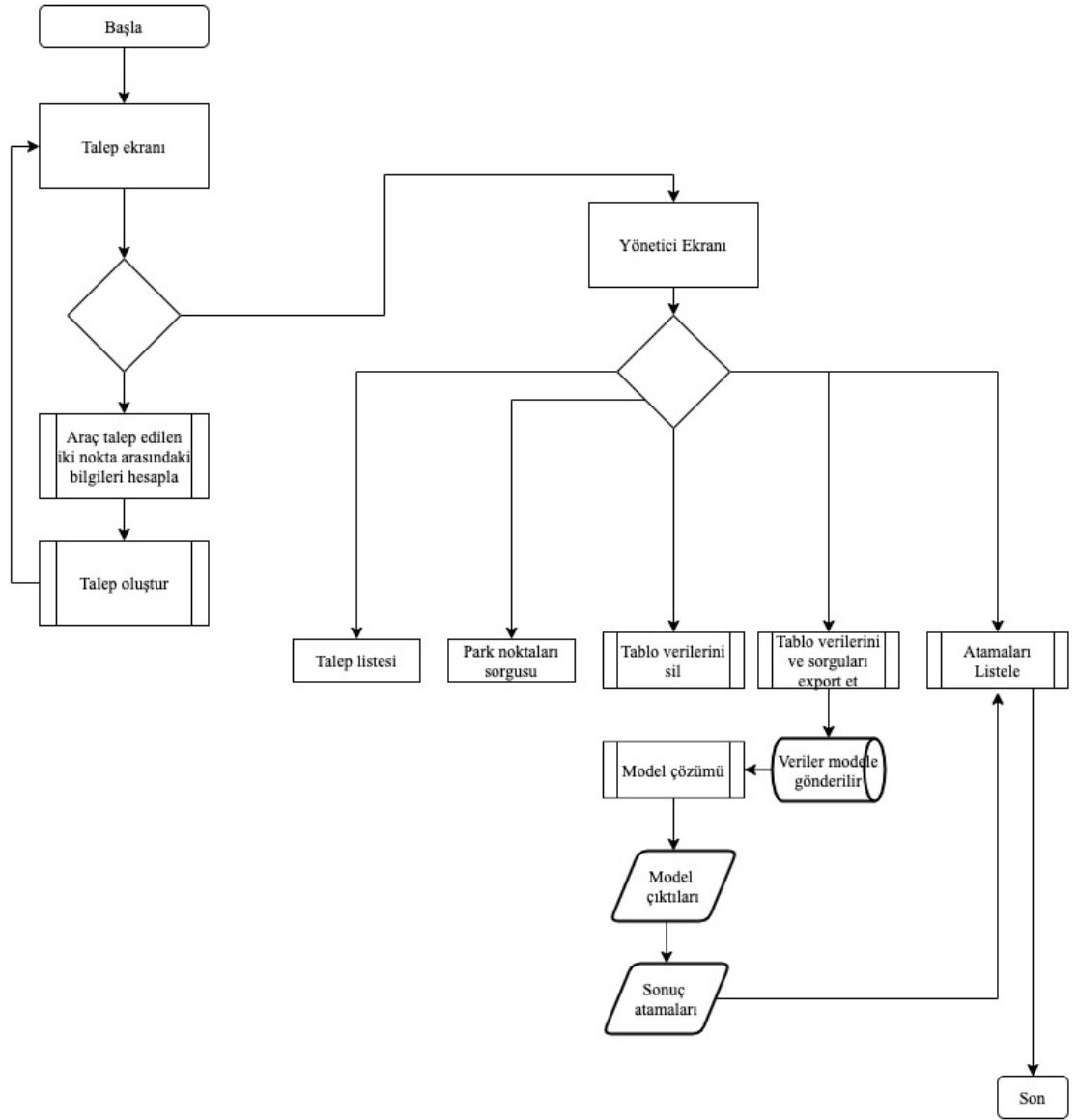
Çizelge 3.5. performance tablosu özellikleri

Alan tanımı	Değişken Türü	Açıklama
perf_id (birincil anahtar)	bigint	Birincil anahtar alanı olup, performans sonuçları satırı oluştuğunda otomatik artan sırada oluşmaktadır.
ave_distance	decimal	Talepler için ortalama yolculuk mesafe bilgisini kilometre cinsinden içermektedir.
ave_time	decimal	Talepler için ortalama yolculuk süre bilgisini saniye cinsinden içermektedir.
demand_ratio	tinyint	Talep karşılama oranını içermektedir.
park_station_ratio	tinyint	Park istasyonları kullanım oranını içermektedir.

Çizelge 3.5'te yer alan veritabanındaki son tablo, modelde çözdürülen atama problemi sonuçlarına göre gerçekleşen performans bilgilerini içermektedir. Bu tabloda, talebi

karşılamanın ortalama yolculuk mesafesi, ortalama yolculuk süresi, talep karşılama oranı ve park istasyonlarının kullanım oranı bilgileri yer almaktadır.

Tasarlanan karar destek sistemi prototipi, iki farklı arayüz ortamında çalışmaktadır. Bunlar (i) web tabanlı tarayıcılarda çalışacak, hem müşterilerden gelen talep verilerinin toplandığı, hem gelen taleplerin mesafe ve zaman bilgilerinin hesaplanıp listelendiği; hem de model sonuçlarının sistem yöneticisine gösterildiği HTML yazılım dili tabanlı web arayüzü, (ii) modelin çözdürülmesinde sistem yöneticisi tarafından kullanılacak olan, aynı zamanda da model sonuçlarının da görülebileceği Microsoft Excel programında çalışan model çözüm arayüzüdür. (i) web arayüzünün fonksiyonel akış diyagramı Şekil 3.5'te gösterilmiş olup, yüksek çözünürlüklü versiyonu EK 2' de yer almaktadır.



Şekil 3.5. Web arayüzü fonksiyonel akış diyagramı

Tasarlanan karar destek sistemi prototipi web arayüzü, müşteri ve sistem yöneticisi olmak üzere iki farklı kullanıcı tipine uygun tasarlanmıştır. Bu çalışma, prototip bir çalışma olduğundan dolayı arayüzdeki herhangi bir ekrana giriş kısıtı getirilmemiştir. Web arayüzünün en üst kısmında, sayfalar arası geçişi sağlamak için linkler konumlandırılmıştır.

Web arayüzü giriş ekranı iki bölümden oluşmaktadır. (i) müşterinin araç talep bilgilerini oluşturduğu bölüm Şekil 3.6'da, (ii) müşterinin talep verileri sonucunda kendisine

gösterilecek yolculuk başlangıç ve bitiş noktalarının mesafe, süre, enlem ve boylam derecesi bilgilerini gösteren bölüm Şekil 3.7’de gösterilmiştir.

[Talep Oluştur](#) [Sistem Yönetimi](#)

Otonom Araç Yönetim Sistemi

Uludağ Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

Başlangıç noktası:

Varış Noktası:

En erken araç talebi: **En geç araç talebi:**

Araç tipi seçiniz:

[Hesapla](#)

Şekil 3.6. Araç talep bilgisi oluşturma arayüz tasarımı

Şekil 3.6’da kullanıcı, yolculuk etmek istediği, başlangıç ve bitiş noktalarını veri giriş kutucuklarına (input box) yazarak belirlemektedir. Veri giriş kutucukları, Google Yerler API altyapısı ile desteklenmiş otomatik tamamlama özelliğine sahiptir. Kutucuklara yazılan adres bilgisine dair tahminler ve alternatifler kutucukların altında listelenmektedir. Müşteri, başlangıç ve varış yeri bilgilerini girdikten sonra, yolculuğun başlangıcı için en erken ve en geç zaman bilgisini de seçebilmektedir. Zaman bilgileri, bu çalışmada kurgulanan karar destek sistemi prototipinin çözümü için kullanılmamakta olup, gelecek çalışmalara altyapı oluşturması bakımından verileri tutulmaktadır. Müşteri son olarak, tahsis etmek istediği araç tipini de seçtikten sonra Hesapla linkine tıklayarak, hesaplanan yolculuk bilgilerini 3.7’de görebilmektedir.

Başlangıç Noktası - Varış Noktası arası mesafe (km):
Başlangıç Noktası - Varış Noktası arası yolculuk süresi:
Başlangıç Noktası - Varış Noktası arası yolculuk süresi (saniye):
Başlangıç Noktası:
Başlangıç Noktası enlem-boylam derecesi:
Varış Noktası:
Varış Noktası enlem-boylam derecesi:

Kaydet

Şekil 3.7. Yolculuk bilgileri arayüz tasarımı

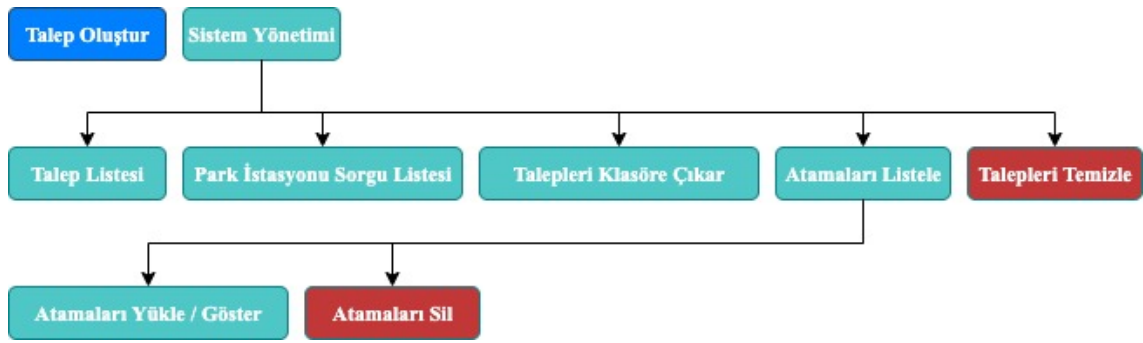
Şekil 3.7’de görüntülenen formda, müşterinin seçtiği başlangıç ve bitiş noktası açık adres bilgileri, enlem ve boylam derecesi, iki nokta arasındaki mesafeyle beraber yolculuk süresi (saniye ve metin tipinde) gösterilmektedir. Formda görüntülenen bu bilgiler, müşteri kullanıcı için bilgi verme amaçlı olup, talebini son kez kontrol etme fırsatı vermektedir. Müşteri eğer girdiği bilgilerde değişiklik yapmak isterse, Şekil 3.6’daki formdan adres bilgilerini güncelleyip hesaplanan yeni bilgileri bu formda görebilir. Müşteri, bu formda gördüğü bilgileri *Kaydet* linkine tıklayarak talep oluşturmuş olur. Gönderilen talep ve hesaplanan gerekli bilgiler, veritabanında önceki bölümlerde değindiğimiz ilgili alanlara kaydedilir.

Web arayüzünün sistem yöneticisi tarafından kullanılan “Sistem Yönetimi” bölümü Şekil 3.8’de gösterilmiş olup, bu bölümde sistem yöneticisi;

- kaydedilen talepleri ve her talebe ait yolculuk, mesafe ve süre bilgilerini listeleme,
- belirlenen park istasyonlarının, her talep için başlangıç ve varış noktalarına olan mesafe ve süre bilgilerini listeleme,

- veritabanındaki talep bilgilerini, modele girdi oluşturacak formatta lokal bilgisayar ortamına aktarma,
- talep bilgilerini veritabanından silme,
- model çıktıları ve araç atamalarının sonuçlarını veritabanına kaydetme, web ortamına yükleyerek listeleme ve araç rotalarını Google Haritalar üzerinde görüntüleme
- model çıktı sonuçlarını veritabanından silme

işlemlerini gerçekleştirebilmektedir.



Şekil 3.8. Sistem yöneticisi için web arayüzü tasarımı

Web arayüzüne karşılık, Microsoft Excel programında, talep girdilerini matematiksel modelde kullanmak üzere sistem yöneticisi için tasarlanan arayüz, kısmen daha sade biçimde hazırlanmıştır. Web sistemi üzerinden talep bilgilerinin lokal bilgisayara aktarılmasının ardından, sistem yöneticisi, Şekil 3.9’da görülen, Microsoft Excel’de tasarlanmış arayüz üzerinden, lokal bilgisayarındaki talep verilerini “Girdiler” düğmesiyle model ortamına aktarmaktadır. Bu veriler, Microsoft Excel ortamına aktarıldıktan sonra, *Optimizasyon* düğmesiyle de MPL ortamında geliştirilen matematiksel programlama modeli Gurobi çözücü kullanılarak çözülmektedir. Bu çözümden elde edilen sonuçlar Maximal Software OptiMax kütüphanesi kullanılarak Microsoft Excel’e yazdırılmaktadır. Modelin çözümünden elde edilen sonuçlar Microsoft Excel ortamında da listelenmesinin yanı sıra; atamaların ve araç rotalarının sistem yönetici tarafından kolay yorumlanması açısından elde edilen sonuçlar, bir kez daha web ortamında tablo halinde ve harita üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 3.9. Model çözümü için Microsoft Excel arayüzü tasarımı

Daha önceki bölümlerde, web arayüzü ve Microsoft Excel arayüzü açıklaması yapılan karar destek sisteminin veri tabanı ile haberleşmesi için PHP yazılım dili kullanılmış olup veri sorgulama işlemleri MySQL veritabanı yönetim sistemiyle sağlanmıştır.

Müşteriler tarafından oluşturulan araç talepleri, web arayüz ekranındaki giriş alanlarından ilgili değişkenlere atanarak veri tabanına kaydedilmektedir. Şekil 3.10’da gösterilen SQL sorgusunda, müşterinin Şekil 3.7’deki *Kaydet* tuşuyla tetiklediği POST metodu, *s_request_query* sorgusunu çalıştırarak, ilgili alanlardaki verilerin önceki bölümlerde Çizelge 3.1’de açıklanan veritabanındaki *requests* tablosuna eklenmesini sağlamaktadır. Aynı POST metodu sayesinde, Şekil 3.11’de gösterilen *s_park_query* sorgusu çalıştırılmakta, başlangıç ve bitiş noktaları ile park istasyonları arasındaki Google API yardımı ile hesaplanan mesafe ve zaman bilgileri Çizelge 3.2’de açıklanan *park_queries* veritabanı tablosuna yazdırılmaktadır.

Araç talep verileri, web arayüzü aracılığıyla toplandıktan sonra, sistem yöneticisi tarafından Şekil 3.8’de gösterilmiş olan ekrandaki “Talepleri Klasöre Çıkar” seçeneği ile veritabanına taleplerle eş zamanlı olarak kaydedilmiş olan *requests*, *park_queries* ve *parks* tablosundaki bütün veriler, modele girdi oluşturması amacıyla bilgisayardaki lokal klasörlere .txt uzantılı üç ayrı dosya olarak Şekil 3.12’de gösterilen kod yapısı aracılığıyla çıkartılmaktadır.

1	<code>\$s_request_query = "INSERT INTO `requests`</code>
2	<code>(`request_id`, `distance_km`, `duration_text`, `duration_sec`,</code>
3	<code>`earliest`, `latest`, `car_type`, `fromlatlng`, `tolatlng`,</code>
4	<code>`orijin`, `destination`)</code>
5	<code>VALUES (NULL,</code>
6	<code>".SQL_Virgul_Filter(\$_POST["input_orj_to_dest_km"]).",</code>
7	<code>".SQL_Tirnak(\$_POST["input_duration_text"]).",</code>
8	<code>".SQL_Virgul_Filter(\$_POST["input_duration_sec"]).",</code>
9	<code>".SQL_Tirnak(\$_POST["input_earliest_time"]).",</code>
10	<code>".SQL_Tirnak(\$_POST["input_latest_time"]).",</code>
11	<code>".SQL_Tirnak(\$_POST["input_car_type"]).",</code>
12	<code>".SQL_Tirnak(\$_POST["input_fromlatlng"]).",</code>
13	<code>".SQL_Tirnak(\$_POST["input_tolatlng"]).",</code>
14	<code>".SQL_Tirnak(\$_POST["input_orijin"]).",</code>
15	<code>".SQL_Tirnak(\$_POST["input_destination"])."</code>
16	<code>);";</code>
17	<code>\$result_request_query =</code>
18	<code>mysqli_query(\$db_obj >link_object,\$s_request_query);</code>

Şekil 3.10. requests tablosu için SQL sorgusu

1	<code>\$s_park_query = "INSERT INTO `park_queries` (`request_id`, `park_id`,</code>
2	<code>`p_to_o_dist`, `p_to_o_sec`, `d_to_p_dist`, `d_to_p_sec`) VALUES</code>
3	<code>(".SQL_Virgul_Filter(\$sonuc_id["request_id"]).",</code>
4	<code>".SQL_Virgul_Filter(\$_POST["input_park_id_1"]).",</code>
5	<code>".SQL_Virgul_Filter(\$_POST["input_dist_p1_to_orj"]).",</code>
6	<code>".SQL_Virgul_Filter(\$_POST["input_duration_p1_to_orj_sec"]).",</code>
7	<code>".SQL_Virgul_Filter(\$_POST["input_dest_to_p1"]).",</code>
8	<code>".SQL_Virgul_Filter(\$_POST["input_duration_dest_to_p1_sec"]).",</code>
9	<code></code>
10	<code>(".SQL_Virgul_Filter(\$sonuc_id["request_id"]).",</code>
11	<code>".SQL_Virgul_Filter(\$_POST["input_park_id_2"]).",</code>
12	<code>".SQL_Virgul_Filter(\$_POST["input_dist_p2_to_orj"]).",</code>
13	<code>".SQL_Virgul_Filter(\$_POST["input_duration_p2_to_orj_sec"]).",</code>
14	<code>".SQL_Virgul_Filter(\$_POST["input_dest_to_p2"]).",</code>
15	<code>".SQL_Virgul_Filter(\$_POST["input_duration_dest_to_p2_sec"]).",</code>
16	<code></code>
17	<code>(".SQL_Virgul_Filter(\$sonuc_id["request_id"]).",</code>
18	<code>".SQL_Virgul_Filter(\$_POST["input_park_id_3"]).",</code>
19	<code>".SQL_Virgul_Filter(\$_POST["input_dist_p3_to_orj"]).",</code>
20	<code>".SQL_Virgul_Filter(\$_POST["input_duration_p3_to_orj_sec"]).",</code>
21	<code>".SQL_Virgul_Filter(\$_POST["input_dest_to_p3"]).",</code>
22	<code>".SQL_Virgul_Filter(\$_POST["input_duration_dest_to_p3_sec"]).");";</code>
	<code>\$result_park_query = mysqli_query(\$db_obj->link_object,\$s_park_query);</code>

Şekil 3.11. park_queries tablosu için SQL sorgusu

```

1  $s_query = "SELECT * FROM `requests` ORDER BY `requests`.`request_id` DESC ";
2  $p_query = "SELECT * FROM `parks` ORDER BY `parks`.`park_id` DESC ";
3  $q_query = "SELECT * FROM `park_queries` ORDER BY `park_queries`.`query_id`
4  DESC ";
5
6  $query_result = mysqli_query($db_obj->link_object,$q_query);
7  $park_result = mysqli_query($db_obj->link_object,$p_query);
8  $result = mysqli_query($db_obj->link_object,$s_query);
9  $br = "\r\n";
10 $request_file=fopen("request_list.txt", "w") or die ("Unable to open file!");
11 $park_query_file=fopen("park_queries.txt", "w") or die ("Unable to open
12 file!");
13 $park_table_file=fopen("park_table.txt", "w") or die ("Unable to open file!");
14 include( 'public/admin.php');
15 // Request tablosunu export etme işlemi
16 $add_request_row =
17 "request_id;distance_km;duration_sec;duration_text;earliest;latest;car_type;fro
18 mlatlng;tolatlng;orijin;destination\n";
19 fwrite($request_file, $add_request_row);
20
21 while (($row=mysqli_fetch_assoc ($result))) {
22 $request_line2 = $row['request_id'] . ";" . $row['distance_km'] . ";" .
23 $row['duration_sec'] . ";" . $row['duration_text'] . ";" . $row['earliest'] .
24 ";" . $row['latest'] . ";" . $row['car_type'] . ";" . $row['fromlatlng'] . ";" .
25 . $row['tolatlng'] . ";" . $row['orijin'] . ";" . $row['destination'] . "\n";
26
27 $request_data1 = $request_line2;
28 fwrite($request_file, $request_data1); }//while kapanışı
29
30 // Park_queries tablosunu export etme işlemi
31 $add_queries_row =
32 "query_id;request_id;park_id;p_to_o_dist;p_to_o_sec;d_to_p_dist;d_to_p_sec\n";
33 fwrite($park_query_file, $add_queries_row);
34
35 while (($row=mysqli_fetch_assoc ($query_result))) {
36 $park_query_line2 = $row['query_id'] . ";" . $row['request_id'] . ";" .
37 $row['park_id'] . ";" . $row['p_to_o_dist'] . ";" . $row['p_to_o_sec'] . ";" .
38 $row['d_to_p_dist'] . ";" . $row['d_to_p_sec'] . "\n";
39 $park_query_data1 = $park_query_line2;
40 fwrite($park_query_file, $park_query_data1); }//while kapanışı
41
42 // Parks tablosunu export etme işlemi
43 $add_parks_row =
44 "park_id;park_station;park_definition;num_of_s_car_type;num_of_m_car_type;num_o
45 f_xl_car_type\n";
46 fwrite($park_table_file, $add_parks_row);
47 while (($row=mysqli_fetch_assoc ($park_result))) {
48 $park_table_line2 = $row['park_id'] . ";" . $row['park_station'] . ";" .
49 $row['park_definition'] . ";" . $row['num_of_s_car_type'] . ";" .
50 $row['num_of_m_car_type'] . ";" . $row['num_of_xl_car_type'] . "\n";
51
52 $park_table_data1 = $park_table_line2;
53 fwrite($park_table_file, $park_table_data1); }//while kapanışı
54
55 fclose($request_file);
56 fclose($park_query_file);
57 fclose($park_table_file);

```

Şekil 3.12. Model çözümü için gerekli verilerin .txt formatında hazırlanması için SQL sorgusu

Matematiksel modelin çözümü için, önceki bölümlerde Şekil 3.9’da gösterilmiş olan Microsoft Excel programında hazırlanmış arayüz üzerindeki “Girdiler” düğmesi aracılığıyla bilgisayarın lokal klasörlerine .txt uzantılı olarak çıkartılmış üç dosya okunarak model girdileri hazırlanmış olur. *Optimizasyon* düğmesiyle de MPL ortamında geliştirilen matematiksel programlama modeli Gurobi çözücüsü kullanılarak çözülmekte, bu çözümden elde edilen sonuçlar Maximal Software OptiMax kütüphanesi kullanılarak Microsoft Excel’e yazdırılmaktadır. Sonuçlar ve performans raporu eş zamanlı olarak, sistem yöneticisinin web arayüzünde listelemesi amacıyla iki ayrı .txt dosyası şeklinde bilgisayar lokal klasörüne kaydedilmektedir. Geliştirilen karar destek sistemi prototipinin Microsoft Excel program tarafında şu işlemler sırayla gerçekleştirilmektedir:

- Microsoft Excel’de eski veriler varsa silme işlemi yapılır,
- web arayüzü aracılığıyla lokal bilgisayara .txt formatında kaydedilmiş dosyalar okunarak, araları noktalı virgül (;) işareti ile ayrılmış her satırdaki sıralı veriler Microsoft Excel hücrelerine yazdırılır,
- gerekli diziler dinamik boyutta oluşturulur,
- araç tipi numerik dönüşümü yapılır,
- talep-arz miktarı karşılaştırılarak ağ dengeleme işlemi yapılır,
- model için maliyet yapıları oluşturulur,
- karşılanamayan maliyeti jenerik olarak hesaplanır,
- alt ve üst sınır belirlenir
- MPL için gerekli tanımlamalar oluşturulur,
- eski sonuç verileri varsa silinir,
- model çözümü gerçekleştirilir,
- çözüm raporu hazırlanır ve Microsoft Excel hücrelerine yazdırılır,
- çözüm vektörü .txt dosyası formatında bilgisayar lokal klasörlerine kaydedilir.

Araç atamaları sonuç raporunu ve performans sonuçlarını veren model çıktıları Şekil 3.8’de gösterilmiş *Atamaları Yükle / Göster* düğmesi kullanılarak Şekil 3.13’de gösterilmiş sorgular ve fonksiyonlar yardımıyla lokal klasörden okunup, veritabanındaki, önceki bölümlerde açıklanan, Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5’teki result ve performance tablolarına yazdırılmakta ve web arayüzünde tablo şeklinde listelenmektedir. Her bir

atama sonucu, birincil id anahtarı ile tanımlanmış olup, bu atamaların başlangıç ve varış noktaları arasındaki rotaları, Google Haritalar API aracılığıyla sistem yöneticisinin karar vermesine yardımcı olmak amacıyla web arayüzünde gösterilmektedir.

```
$performance = new SplFileObject('performance.txt');
while (!$performance->eof()) {
    $line_perf = $performance->fgets();
    list($ave_distance,$ave_time,$demand_ratio,$park_station_ratio)=explode(';',$line_perf);
    // Veri tabanına ekleme
    $s_query_perf = "INSERT INTO performance (`perf_id`, `ave_distance`, `ave_time`,
    `demand_ratio`, `park_station_ratio`) VALUES (NULL, '$ave_distance', '$ave_time',
    '$demand_ratio', '$park_station_ratio');";
    $result_perf = mysqli_query($db_obj->link_object,$s_query_perf);

    // Listedden sırayla id alma
    $s_query_id_perf = " SELECT * FROM `performance` ";
    $query_id_result_perf = mysqli_query($db_obj->link_object,$s_query_id_perf);

    while ($row=mysqli_fetch_assoc ($query_id_result_perf)) {}
        echo "<tr>";
            echo "<td>".$ave_distance."</td> ";
            echo "<td>".$ave_time."</td>";
            echo "<td>".$demand_ratio."</td>";
            echo "<td>".$park_station_ratio."</td>";
        echo "</tr>";
    }
```

Şekil 3.13. Model çıktılarının ve sonuç raporunun web arayüzüne aktarılması için SQL kodları

Tez kapsamında yapılan çalışmalar, ileride daha gelişmiş çalışmalara destek olması ve uluslararası dergilerde yayınlanması hedeflendiği için, MySQL veritabanı yönetim sistemindeki ve web arayüzünün yazılım kısımlarındaki alt yapısı İngilizce dilinde oluşturulmuş olup, kullanıcıya sunulan arayüz Türkçe olarak tasarlanmıştır.

Oluşturulan web arayüzünün açıklama kullanım kılavuzu EK 3'te, programın yazılım kısmının klasör yapısı ise EK 4'te sunulmuştur.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Tez çalışmasında, otonom araç yönetim sistemi araç atama problemi için bir karar destek sistemi prototipi geliştirilmiştir. Önerilmiş olan bu karar destek sistemi prototipi, müşterilerden gelen taleplerin girdileri matematiksel modele uygulanarak, bu modelin çözümünü içermektedir. Prototip çalışma alanı için Bursa ilinin merkezi seçilmiştir. Merkez alanı sınırları içerisinde, araç taleplerinin karşılanması beklenen farklı konumlarda 3 adet park istasyonu ve her bir istasyona içerisinde, küçük, orta, büyük olmak üzere, 3 farklı araç tipi, toplamda 30 adet araç tanımlanmıştır. Daha önceki bölümlerde bahsedilen web arayüzü ortamında, müşterilerden gelen talebi temsil etmesi hedeflenen 35 adet talep oluşturulmuştur. Talep zaman aralığı, belirli bir t anında anlık talep olarak uygulanmıştır. Oluşturulan talepler ve bu taleplere karşılık park istasyonları arasında Google Haritalar Uzaklık Matrisi API yardımıyla Şekil 4.1'deki fonksiyon ile hesaplanan mesafe ve süre matrisinin web arayüzündeki sonuçlarının bir kısmı örnek olması açısından Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'de gösterilmiştir.

```
1 // mesafe hesaplama
2 function calculateDistance() {
3   var origin = $("#origin").val();
4   var destination = $("#destination").val();
5   var park1 = "6W7R+3H Nilüfer, Bursa";
6   var park2 = "53W4+R3 Osmangazi/Bursa, Türkiye";
7   var park3 = "55W9+Q2 Yıldırım/Bursa, Türkiye";
8   var service = new google.maps.DistanceMatrixService();
9   service.getDistanceMatrix(
10    {origins: [origin, park1, park2, park3, destination], destinations:
11     [destination, park1, park2, park3, origin],
12     travelMode: google.maps.TravelMode.DRIVING,
13     unitSystem: google.maps.UnitSystem.metric,
14     avoidHighways: false,
15     avoidTolls: false},
16     callback);}
```

Şekil 4.1. Uzaklık-mesafe matrisi elde etme

Talep Listesi Park İstasyonu Sorgu Listesi Talepleri Klasöre Çıkar Atamaları Listele Talepleri Temizle

Talep ID	Başlangıç Noktası - Varış Noktası arası mesafe (km)	Başlangıç Noktası - Varış Noktası arası yolculuk süresi	Başlangıç Noktası - Varış Noktası arası yolculuk süresi (sn)	En erken araç talep zamanı	En geç araç talep zamanı	Araç tipi	Başlangıç Noktası enlem-boylam derecesi	Varış Noktası enlem-boylam derecesi	Başlangıç Noktası	Varış Noktası
12724	19.760	23 mins	1391	12:00	13:00	orta	40.2088 28.9483	40.1967 29.1674	ucevler, Bursa Kucuk Sanayi Sitesi, 16000 Nilufer/Bursa, Turkey	Yigitler, Ankara Yolu Cd. No:752, 16300 Yildirim/Bursa, Turkey
12723	16.180	24 mins	1424	07:53	08:25	kucuk	40.1810 29.0554	40.2330 28.9279	Pinarbasi, Bayramyeri Cd. 16/4, 16040 Osmangazi/Bursa, Turkey	Minarelicavus, Erguvan Cd., 16140 Nilufer/Bursa, Turkey
12722	22.920	26 mins	1546	08:12	09:00	kucuk	40.1876 29.0595	40.2234 28.8506	sehrekustu, Cemal Nadir Cd. No:22 D:28, 16050 Osmangazi/Bursa, Turkey	Gorukle, Ataturk Cd. Yurt Sitesi D:101/A, 16285 Nilufer/Bursa, Turkey
12721	9.780	14 mins	861	09:00	09:26	buyuk	40.2245 28.8660	40.2184 28.8700	urunlu, 16120 Nilufer/Bursa, Turkey	ozluce, Uludag unv. No:190, 16120 Nilufer/Bursa, Turkey
12720	13.820	22 mins	1297	08:48	09:30	kucuk	40.1834 29.0650	40.2176 29.1915	Nalbantoglu, comlekçiler Cd. 30-1, 16010 Osmangazi/Bursa, Turkey	Zafer, Besevler Cd. No:5, 16580 Gursu/Bursa, Turkey
12719	1.800	6 mins	361	08:55	09:31	orta	40.1966 29.0603	40.1876 29.0595	Santral Garaj, Kibris sehitleri Cd. No:64, 16200 Osmangazi/Bursa, Turkey	sehrekustu, Cemal Nadir Cd. No:22 D:28, 16050 Osmangazi/Bursa, Turkey
12718	11.750	18 mins	1054	08:38	09:57	kucuk	40.1981 29.0538	40.2255 28.9707	Santral Garaj, Kibris sehitleri Cd. No:64, 16200 Osmangazi/Bursa, Turkey	Cumhuriyet, Nilufer Hatun Cd. No:114, 16140 Nilufer/Bursa, Turkey
12717	11.910	20 mins	1185	07:17	08:00	buyuk	40.2372 29.0660	40.1874 29.1300	Altinova, Fuar Cd. No:61, 16250 Demirtas Dumlupinar Osb/Osmangazi/Bursa, Turkey	Mimarsinan Mahallesi, Mimar Sinan Bulvarı, Mimar Sinan, Eflak Cd. No:177, 16310 Yildirim/Bursa, Turkey
12716	5.730	9 mins	569	08:00	09:00	orta	40.2132 28.9546	40.2156 28.9849	ucevler, 16120 Nilufer/Bursa, Turkey	ihsaniye, 16130 Nilufer/Bursa, Turkey

Şekil 4.2. Talep örnek tablosu

Talep Listesi Park İstasyonu Sorgu Listesi Talepleri Klasöre Çıkar Atamaları Listele Talepleri Temizle

Sorgu ID	Talep ID	Park ID	Park İstasyonları ve Başlangıç Noktası arasındaki mesafe (km)	Park İstasyonları ve Başlangıç Noktası arasındaki yolculuk süresi (sn)	Varış Noktası ve Park İstasyonları arasındaki mesafe (km)	Varış Noktası ve Park İstasyonları arasındaki yolculuk süresi (sn)
165	12724	3	20.45	1395	2.73	231
164	12724	2	10.70	783	12.49	842
163	12724	1	1.85	310	22.79	1451
162	12723	3	11.24	1035	25.85	1908
161	12723	2	3.83	541	14.77	1212
160	12723	1	13.43	1134	4.63	492
159	12722	3	10.20	849	31.14	1999
158	12722	2	2.79	355	20.06	1302
157	12722	1	12.39	948	10.77	659
156	12721	3	26.53	1671	29.48	1979
155	12721	2	16.78	1060	18.40	1283
154	12721	1	6.48	450	9.11	639
153	12720	3	11.42	1079	3.75	472
152	12720	2	4.00	586	13.51	1084
151	12720	1	13.60	1179	23.80	1693
150	12719	3	10.45	734	13.13	1093
149	12719	2	2.25	221	4.30	454
148	12719	1	11.84	799	14.60	1063
147	12718	3	9.45	700	21.91	1625
146	12718	2	2.27	191	10.83	928
145	12718	1	11.86	769	4.20	408
144	12717	3	10.32	715	6.93	575
143	12717	2	6.06	619	7.04	570
142	12717	1	15.15	1012	17.34	1179
141	12716	3	20.58	1388	19.95	1494
140	12716	2	10.82	776	8.87	797

Şekil 4.3. Park istasyonları örnek mesafe-süre matrisi

Prototip çalışma için belirlenen park istasyonları ve her bir park istasyonundaki araç çeşitleri ve kapasitesi Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Park istasyonları kapasite bilgileri

park	park istasyonu	istasyon tanımı	küçük araç	orta araç	büyük araç
3	park3	55W9+Q2 Yildirim/Bursa, Türkiye	3	5	2
2	park2	53W4+R3 Osmangazi/Bursa, Türkiye	4	4	2
1	park1	6W7R+3H Nilufer, Bursa	6	3	1

Problemin çözülmesi için geliştirilen model, çok malzemeli minimum maliyetli ağ akış modelini baz alarak kurgulanmıştır. Araç talebi girdilerinden başlangıç noktası ve varış noktası ile birlikte belirlenen park istasyonları modeldeki düğüm noktalarını oluşturmaktadır. Her bir talebin park istasyonları özelinde hesaplanan, talebin başlangıç ve varış noktaları, park yeri ile talebin kalkış noktası ve park yeri ile talebin varış noktası arasındaki yolculuk süresi, modelde birim akış maliyet parametresi olarak kullanılmıştır. Web arayüzü üzerinden talep temelli oluşturulan veriler, model ortamına aktarılıp çözdürüldükten sonra modelin sonuçları Microsoft Excel sayfalarında listelenmektedir. Modele giren 30 araçlık taşıma kapasitesine karşılık 35 talep, modelde dengesiz bir ağ ($\sum_{i=1}^{n_N} \sum_{k=1}^{n_C} b_{ik} \neq 0$) durumu oluşturmuştur. Ağı dengelemek için hayali bir düğüm noktası oluşturularak hayali arz yaratılmıştır. Bu hayali düğüm noktasında gerçekleşen akış miktarları ise karşılanamayan talep miktarlarına karşılık gelmektedir. Oluşturulan hayali park istasyonu id değerine, en son talep id değerinin bir üst binlik değeri olan (13000) değeri atanmıştır. Geliştirilen model çözümü, sadece talep fazlası için dengeleme değil; hem arz hem de talep fazlası için problemin girdilerine göre çözüm vermektedir. Şekil 4.5'te talep ve arz fazlasını dengelemek için yazılan kod bloğu görülmektedir.

1	' demand-supply miktarlarini karsilastir ve networku dengele
2	Dim total_supply_com1, total_supply_com2, total_supply_com3, _
3	total_demand_com1, total_demand_com2, total_demand_com3, _
4	dummy_com1, dummy_com2, dummy_com3 As Long
5	
6	total_supply_com1 =
7	Application.WorksheetFunction.Sum(Worksheets(2).Range("Y2:Y" & size_park + 2))
8	total_supply_com2 =
9	Application.WorksheetFunction.Sum(Worksheets(2).Range("Z2:Z" & size_park + 2))
10	total_supply_com3 =
11	Application.WorksheetFunction.Sum(Worksheets(2).Range("AA2:AA" & size_park + 2))
12	
13	total_demand_com1 =
14	Application.WorksheetFunction.CountIf(Worksheets(2).Range("H2:H" & size_request
15	+ 2), "kucuk")
16	total_demand_com2 =
17	Application.WorksheetFunction.CountIf(Worksheets(2).Range("H2:H" & size_request
18	+ 2), "orta")
19	total_demand_com3 =
20	Application.WorksheetFunction.CountIf(Worksheets(2).Range("H2:H" & size_request
21	+ 2), "buyuk")
22	If total_supply_com1 > total_demand_com1 Then
23	dummy_com1 = (-1) * (total_supply_com1 - total_demand_com1)
24	Else
25	dummy_com1 = total_demand_com1 - total_supply_com1
26	End If
27	If total_supply_com2 > total_demand_com2 Then
28	dummy_com2 = (-1) * (total_supply_com2 - total_demand_com2)
29	Else
30	dummy_com2 = total_demand_com2 - total_supply_com2
31	End If
32	If total_supply_com3 > total_demand_com3 Then
33	dummy_com3 = (-1) * (total_supply_com3 - total_demand_com3)
34	Else
	dummy_com3 = total_demand_com3 - total_supply_com3
	End If

Şekil 4.5. Arz ve talep dengeleme kodu

Elde edilen matematiksel model çözümü örnek sonuç raporu Şekil 4.6’da gösterilmiştir.

Cozum Vektörü						
park_id	request_id	com_id	x_ijk	orijin	destination	park_definitior car_type
1	12689	1	1	1 ozluce Gorukle	Fatih, 2. Mese	6W7R+3H Nilu kucuk
1	12690	3	3	1 Cumhuriyet, Nil Besevler, Bes	6W7R+3H Nilu buyuk	
1	12695	2	2	1 ihlamur Cd., 16 Fatih Sultan N	6W7R+3H Nilu orta	
1	12696	1	1	1 sehrekustu, Cer isiktepe, Laciv	6W7R+3H Nilu kucuk	
1	12702	1	1	1 Altinsehir, 1612 Bursa Uluslara	6W7R+3H Nilu kucuk	
1	12713	2	2	1 Ertugrul, 16000 Aydinpinar, Sa	6W7R+3H Nilu orta	
1	12716	2	2	1 ucevler, 16120 ihsaniye, 1613	6W7R+3H Nilu orta	
1	12718	1	1	1 Santral Garaj, K Cumhuriyet, N	6W7R+3H Nilu kucuk	
1	12722	1	1	1 sehrekustu, Cer Gorukle, Atati	6W7R+3H Nilu kucuk	
1	12723	1	1	1 Pinarbasi, Bayr Minarelicavus	6W7R+3H Nilu kucuk	
2	12692	1	1	1 Yunuseli, 1620C Bursa Uluslara	53W4+R3 Osm kucuk	
2	12693	1	1	1 Soganli, Bursa 2 Sirameseler, B	53W4+R3 Osm kucuk	
2	12697	3	3	1 Baruthane, Tey Dikkaldirim, 1	53W4+R3 Osm buyuk	
2	12698	2	2	1 Hudavendigar, 1 Odunluk, Akac	53W4+R3 Osm orta	
2	12707	1	1	1 Dikkaldirim Mai Ali Osman Sor	53W4+R3 Osm kucuk	
2	12708	2	2	1 Nalbantoglu M: Altinsehir, 161	53W4+R3 Osm orta	
2	12710	2	2	1 Haci ilyas, Kibri: Kurtulus, Halı	53W4+R3 Osm orta	
2	12712	1	1	1 omerbey, istasy Bursa Uluslara	53W4+R3 Osm kucuk	
2	12717	3	3	1 Altinova, Fuar C Mimarşinan N	53W4+R3 Osm buyuk	
2	12719	2	2	1 Santral Garaj, K sehrekustu, Cı	53W4+R3 Osm orta	
3	12694	3	3	1 Altinsehir, 1612 Yeni, Eflatun	55W9+Q2 Yildi buyuk	
3	12699	1	1	1 Yigitler, Ankara ucevler, Bursa	55W9+Q2 Yildi kucuk	
3	12701	2	2	1 Yesil, 1. Yesil Cc Gumustepe, A	55W9+Q2 Yildi orta	
3	12703	2	2	1 Baruthane, Tey Dogankoy, 16	55W9+Q2 Yildi orta	
3	12704	2	2	1 Barakfakih, Vat Gorukle, Atati	55W9+Q2 Yildi orta	
3	12706	2	2	1 Kucukbalikli, se Gorukle Sakar	55W9+Q2 Yildi orta	
3	12709	2	2	1 Esenevler, Ank Besevler, 161	55W9+Q2 Yildi orta	
3	12711	3	3	1 Yigitler, Ankara Balat, 16140	N 55W9+Q2 Yildi buyuk	
3	12715	1	1	1 Zafer Cd. & Zafı Hudavendigar	55W9+Q2 Yildi kucuk	
3	12720	1	1	1 Nalbantoglu, cc Zafer, Besevle	55W9+Q2 Yildi kucuk	
13000	12691	2	2	1 Diskaya, 16580 inkaya, Uludağ	Hayali park istz orta	
13000	12700	3	3	1 Dogankoy, 161: Ahmet Vefik P	Hayali park istz buyuk	
13000	12705	3	3	1 Dumlupinar, Kiz Yigitler, Ankar	Hayali park istz buyuk	
13000	12714	2	2	1 Gorukle Sakary: Fethiye, Kirilar	Hayali park istz orta	
13000	12721	3	3	1 urunlu, 16120 N ozluce, Uludağ	Hayali park istz buyuk	

Şekil 4.6. Model çözüm vektörü

Elde edilen çözümün performans raporu Şekil 4.7’de görülmektedir. Araç atama problemi için geliştirilen çok malzemeli minimum maliyetli ağ akış modelinin çözüm performans parametreleri, %86’lık talep karşılama oranı ve %100’lük bir park istasyonu kullanım oranı olarak karşımıza çıkmaktadır. Sonuçlar, taleplere karşılık, 37,59 km’lik bir ortalama yolculuk mesafesi ve 2.750,03 saniyelik ortalama yolculuk süresi olduğunu göstermektedir.

Performans Parametreleri	
Ortalama Mesafe (km)	37,59
Ortalama Süre (s)	2750,03
Talep Karşılama Oranı	86%
Park İstasyonu Kullanım Oranı	100%

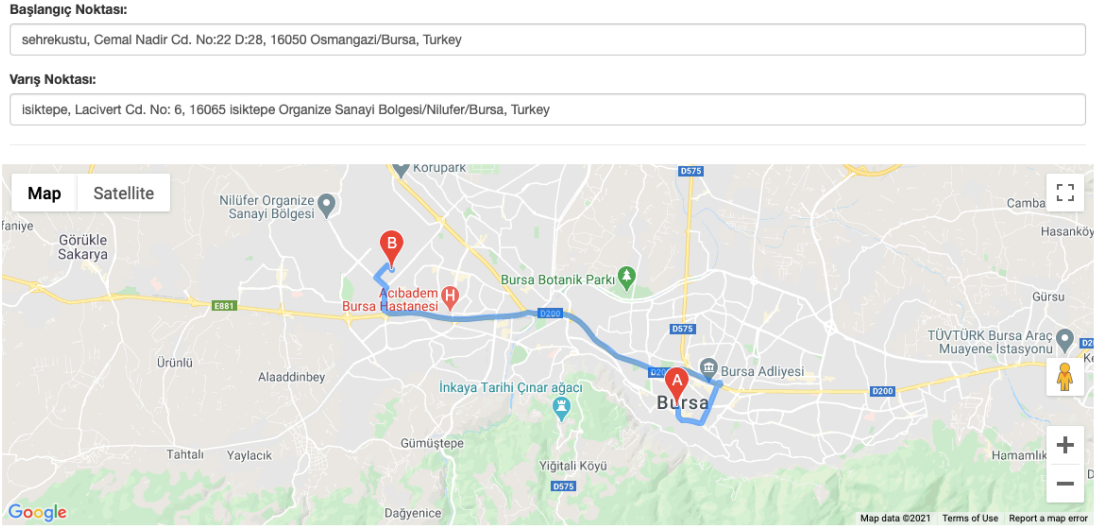
Şekil 4.7. Model çözüm performans raporu

Örnek uygulama sonuç raporlarının ve performans parametrelerinin web arayüzündeki görüntülenmesi ise Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da verilmiştir.

Performans Sonuçları			
Ortalama Mesafe (km)	Ortalama Süre (sn)	Talep Karşılama Oranı (%)	Park İstasyonu Kullanım Oranı
37,59	2750,03	0,86	1

Atama Tablosu									
Park ID	Talep ID	Araç Kodu	Atama Durumu	Başlangıç Nok.	Variş Nok.	Park Tanımı	Araç Tipi	Rota	
1	12689	1	1	ozluce Gorukle Kampusu, ozluce, 16059 Nilufer/Bursa, Turkey	Fatih, 2. Meselik Sk., 16200 Osmangazi/Bursa, Turkey	6W7R+3H Nilufer, Bursa	kucuk	Rota	
1	12690	3	1	Cumhuriyet, Nilufer Hatun Cd. No:114, 16140 Nilufer/Bursa, Turkey	Besevler, Besevler Cd. No:103 D:B, 16110 Nilufer/Bursa, Turkey	6W7R+3H Nilufer, Bursa	buyuk	Rota	
1	12695	2	1	Ihlamur Cd., 16140 Minarelicavus Osb/Nilufer/Bursa, Turkey	Fatih Sultan Mehmet Bulvarı, Baris, Sumer Sk. No:1, 16110 Nilufer/Bursa, Turkey	6W7R+3H Nilufer, Bursa	orta	Rota	
1	12696	1	1	sehkustu, Cemal Nadir Cd. No:22 D:28, 16050 Osmangazi/Bursa, Turkey	Isiktepe, Lacivert Cd. No: 6, 16065 Isiktepe Organize Sanayi Bolgesi/Nilufer/Bursa, Turkey	6W7R+3H Nilufer, Bursa	kucuk	Rota	
1	12702	1	1	Altinsehir, 16120 Nilufer/Bursa, Turkey	Bursa Uluslararası ve sehirlerarası Otobus Terminali, Terminal Cd. Bursa Otogar, 16190 Demirtas Dumlupinar Osb/Osmangazi/Bursa, Turkey	6W7R+3H Nilufer, Bursa	kucuk	Rota	
1	12713	2	1	Ertugrul, 16000 Nilufer/Bursa, Turkey	Aydinpinar, Sari Cd. No:2, 16940 Mudanya/Bursa, Turkey	6W7R+3H Nilufer, Bursa	orta	Rota	
1	12716	2	1	ucevler, 16120 Nilufer/Bursa, Turkey	ihvaniye, 16130 Nilufer/Bursa, Turkey	6W7R+3H Nilufer, Bursa	orta	Rota	
1	12718	1	1	Santral Garaj, Kibris sehitleri Cd. No:64, 16200	Cumhuriyet, Nilufer Hatun Cd. No:114, 16140 Nilufer/Bursa,	6W7R+3H Nilufer,	kucuk	Rota	

Şekil 4.8. Model çözüm performans raporu web arayüzü



Şekil 4.9. Yolculuk rota bilgisi

Sistem yöneticisi, Şekil 4.8’de web arayüzünde listelenen çözüm vektörü tablosundan araç ataması yapılmış bütün talepleri inceleyebilmektedir. Her atama sonuç satırının son sütununda yer alan *Rota* linkiyle, yolculuğun başlangıç ve bitiş noktası harita üzerinde Şekil 4.9’daki gibi simüle edilerek, sistem yöneticisine gösterilmektedir.

5. SONUÇ

Günümüzde, büyük kentlerde yaşanan araç trafiği ve ulaşım konusundaki problemlere farklı çözüm arayışları günden güne artmaktadır. Bu çözüm arayışı, sadece trafik sıkışıklığı adına değil; daha geniş çerçeveden değerlendirilerek sürdürülebilirlik ve kısıtlı kaynakları verimli kullanmak adına yaşadığımız gezegen için yapılmaktadır. Her geçen gün artan enerji ihtiyacını alternatif kaynaklarla karşılamak ve karbondioksit salınımını azaltmak için gerek devlet kuruluşları; gerekse özel sektör girişimleri büyük çaba sarf etmektedir. Kullandığımız araçların, petrol kaynaklı yakıtına alternatif olarak elektrik teknolojisine geçmesi, uzun yıllar boyunca planlanan ve günümüzde uygulama aşamasında olan bir verimlilik ve çevre hareketidir. Son yıllarda bu çevre hareketine, araç paylaşım uygulamaları eklenmiştir. Kişilerin araç sahipliği azaltılıp, harcanan amortisman, yakıt, bakım, park alanı gibi unsurlarda da paylaşım ekonomisi benimsenmeye başlanmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda, tüm dünyada araç paylaşım sistemleri hızla gelişmektedir.

Araç paylaşım sistemleri yönetimi konusunda karşılaşılan zorluklar arasında, sistemin dinamik yapısından kaynaklı belirsizlik altında karar verme, atama ve dengeleme problemleri ilk sıralarda yer almaktadır. Paylaşılan araçların, talepler doğrultusunda optimum sırayla paylaşılması, zaman aralıklarını dikkate alarak rota hesaplamaları ve kaynak kısıtları dikkate alınarak park istasyonlarında bulundurulacak araç sayısına kadar bir çok problem çözümü için farklı modeller geliştirilmektedir.

Bu tez çalışmasında, paylaşımlı araç yönetim sistemleri kapsamında, talep tabanlı araç atama problemi çözümü için bir karar destek sistemi prototipi geliştirilmiştir. Öncelikle, talep yapısına uygun bir veritabanı sistemi geliştirilmiştir. Bu veritabanında, gelen talepleri ve taleplere ait hesaplanan mesafe ve süre bilgilerini anlık olarak saklayan bir yapı kurulmuştur. Ardından, bu veritabanıyla bütünlük bir yapı içerisinde olması açısından taleplerin kolayca kaydedilmesi ve sistem yöneticisi tarafından görüntülenebilmesi için kullanıcı dostu, web-tabanlı bir sistem arayüzü tasarlanmıştır. Web-tabanlı sistem arayüzü sayesinde taleplerin girişleri ve gerekli mesafe-zaman hesaplamaları kısa bir sürede yapılmakta ve matematiksel modele girdi oluşturması amacıyla sistem yöneticisinin masaüstü bilgisayarının lokal klasörlerine

kaydedilmektedir. Matematiksel model çözümü Microsoft Excel programı ile yapıldıktan sonra çözüm vektörünün sonuçları, hem Microsoft Excel ortamında; hem de tasarlanan web-tabanlı arayüz ekranında gösterilmektedir.

Uygulama aşamasında, kent trafik yoğunluğu yüksek olan Bursa ilinin merkezi seçilmiş olup, müşterilerin taleplerini karşılamak üzere doğu-batı doğrultusunda Yıldırım, Osmangazi ve Nilüfer olmak üzere 3 farklı konumda park istasyonu belirlenmiştir. Araç atama probleminin çözümü için çok-malzemeli minimum-maliyetli ağ akış problemi çözümü kullanılmıştır. Araç atama problemi çözümü için tasarlanan karar destek sistemi prototipinde, talepler neticesinde oluşabilecek hem arz hem de talep fazlalığı durumu göz önüne alınarak matematiksel model içerisinde ağ dengeleme yapısı da kurulmuştur.

Bu tez çalışmasında, paylaşımlı araç atama problemi çözümü için geliştirilen karar destek sisteminin, günümüzde hızla artan paylaşım modelleri için kullanılması durumunda, sistem yöneticilerinin karar verme süreçlerine yardımcı olacağı düşünülmektedir. Paylaşımlı araç hizmetleri için hızla artmakta olan özel sektör girişimlerinin, optimizasyon modelleri olarak bu çalışmada kurgulanan karar destek sistemine benzer modelleri kullanmaları verimlilik açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

Geliştirilen karar destek sistemi prototipinin gelecek çalışmalarda, paylaşımlı araç atama sistemleri için araçların dinamik park yeri seçimi özelliğinin olduğu, müşterilerin zaman penceresi seçimlerini de göz önünde bulunduran, veritabanının lokal sistemlerden bağımsız bulut saklama yöntemiyle kullanıldığı, kimlik doğrulama sistemiyle müşteri ve sistem yöneticisinin farklı program arayüzleriyle işlem yaptığı bütünleşik bir mobil uygulamada kullanılması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

Barth, M., Todd, M. 1999. Simulation model performance analysis of a multiple station shared vehicle system. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 7(4): 237-259.

Bazaraa, M.S., Jarvis, J.J. and Sherali, H.D. 2010. Linear Programming and Network Flows, John Wiley and Sons. Inc., Publication, New Jersey, USA, 748 pp.

Bevrani, B., Burdett, R.L., Bhaskar, A. and Yarlagaadda, P.K. 2017. A capacity assessment approach for multi-modal transportation systems. *European Journal of Operational Research*, 263(3): 864-878.

Bevrani, B., Burdett, R.L., Bhaskar, A. and Yarlagaadda, P.K. 2019. A multi commodity flow model incorporating flow reduction functions. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, (1): 1-31.

Burdett, R.L. 2015. Multi-objective models and techniques for analysing the absolute capacity of railway networks. *European Journal of Operational Research*, 245(2): 489-505.

Burns, L., Jordan, W. and Scarborough, B. 2013. Transforming Personal Mobility. The Earth Institute, Columbia University, New York, 431,431.

Cantarella, G.E. ve Vitetta, A. 2006. The multi-criteria road network design problem in an urban area. *Transportation*, 33(6): 567-588.

Chapman, L. 2007. Transport and climate change: a review. *Journal of transport geography*, 15(5): 354-367.

Cheung, R.K., Chen, C.Y. 1998. A two-stage stochastic network model and solution methods for the dynamic empty container allocation problem. *Transportation science*, 32(2): 142-162.

Dantzig, G.B., Fulkerson, D.R. 1955. Computation of maximal flows in networks. *Naval Res. Logist. Quart*, 2(4).

Dejax, P.J., Crainic, T.G. 1987. Survey paper—a review of empty flows and fleet management models in freight transportation. *Transportation science*, 21(4): 227-248.

Fagnant, D.J., Kockelman, K.M. 2014. The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 1(40): 1-13.

Fan, W., Machemehl, R.B. and Lownes, N.E. 2008. Carsharing: Dynamic decision-making problem for vehicle allocation. *Transportation Research Record*, 2063(1): 97-104.

- Fan, W.D. 2013.** Management of dynamic vehicle allocation for carsharing systems: Stochastic programming approach. *Transportation research record*, 2359(1): 51-58.
- Fan, W.D. 2014, September.** Optimizing strategic allocation of vehicles for one-way car-sharing systems under demand uncertainty. *In Journal of the Transportation Research Forum*, 53(3).
- Firnkorn, J. 2012.** Triangulation of two methods measuring the impacts of a free-floating carsharing system in Germany. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(10): 1654-1672.
- Ford, L.R., Fulkerson, D.R. 1956.** Maximal flow through a network. *Canadian journal of Mathematics*, 8(1): 399-404.
- Ford Jr, L.R., Fulkerson, D.R. 2004.** A suggested computation for maximal multi-commodity network flows. *Management Science*, 50(12): 1778-1780.
- Frantzeskakis, L.F., Powell, W.B. 1990.** A successive linear approximation procedure for stochastic, dynamic vehicle allocation problems. *Transportation Science*, 24(1): 40-57.
- Jordan, W.C., Turnquist, M.A. 1983.** A stochastic, dynamic network model for railroad car distribution. *Transportation Science*, 17(2): 123-145.
- Jorge, D., Correia, G. 2013.** Carsharing systems demand estimation and defined operations: a literature review. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 13(3).
- Kek, A.G., Cheu, R.L., Chor, M.L. 2006.** Relocation simulation model for multiple-station shared-use vehicle systems. *Transportation research record*, 1986(1): 81-88.
- Kek, A.G., Cheu, R.L., Meng, Q., Fung, C.H. 2009.** A decision support system for vehicle relocation operations in carsharing systems. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 45(1): 149-158.
- Klingman, D., Napier, A., Stutz, J. 1974.** NETGEN: A program for generating large scale capacitated assignment, transportation, and minimum cost flow network problems. *Management Science*, 20(5): 814-821.
- Leclerc, B., Trépanier, M., Morency, C. 2013.** Unraveling the travel behavior of carsharing members from global positioning system traces. *Transportation Research Record*, 2359(1): 59-67.
- Le Vine, S., Adamou, O., Polak, J. 2014.** Predicting new forms of activity/mobility patterns enabled by shared-mobility services through a needs-based stated-response method: Case study of grocery shopping. *Transport Policy*, 32(1): 60-68.

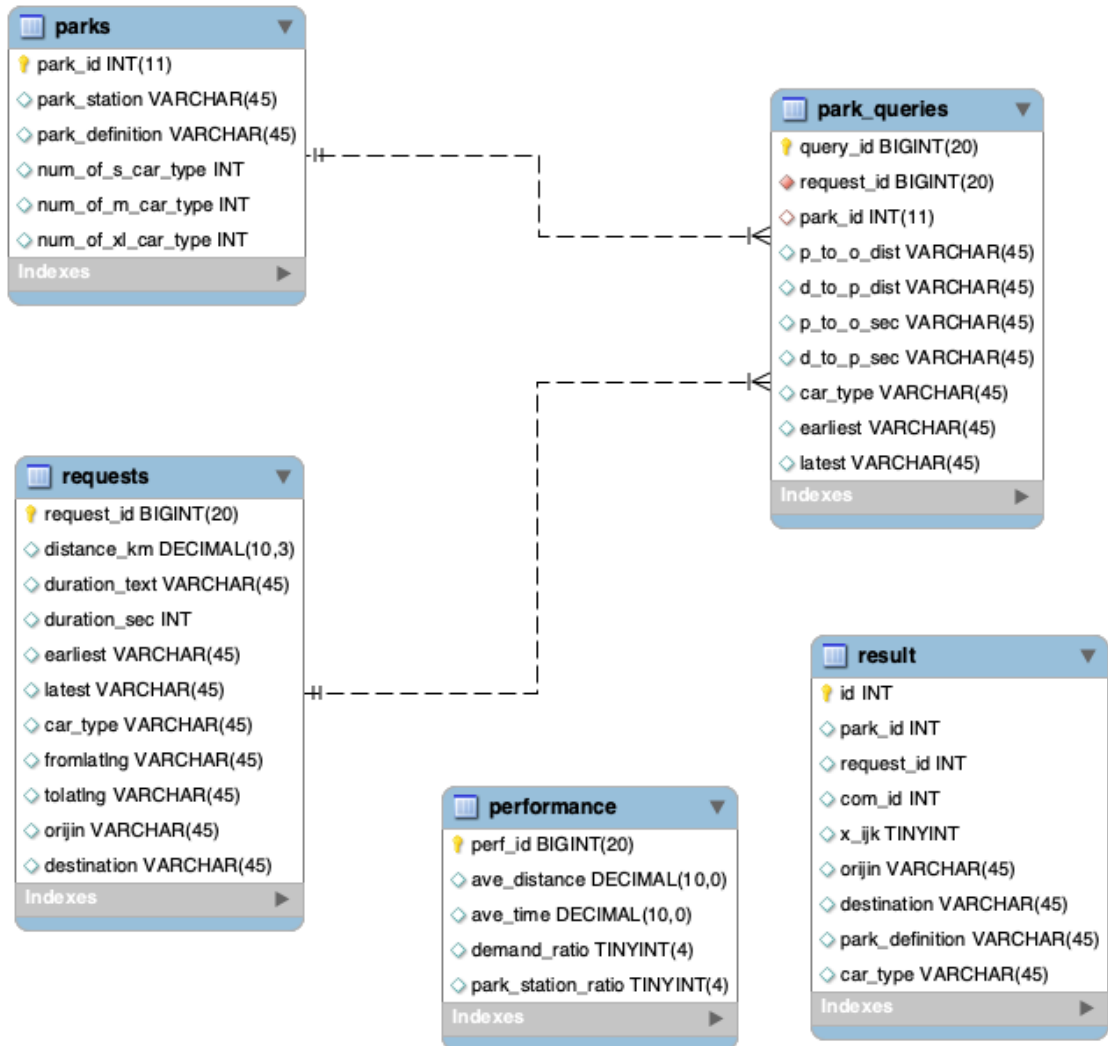
- Martinez, L., Crist, P. 2015.** Urban Mobility System Upgrade—How shared self-driving cars could change city traffic. In *International Transport Forum, Paris*.
- Nair, R., Miller-Hooks, E. 2011.** Fleet management for vehicle sharing operations. *Transportation Science*, 45(4): 524-540.
- Nair, R., Miller-Hooks, E., Hampshire, R.C., Bušić, A. 2013.** Large-scale vehicle sharing systems: analysis of Vélip'. *International Journal of Sustainable Transportation*, 7(1): 85-106.
- Nourinejad, M., Roorda, M.J. 2015.** Carsharing operations policies: a comparison between one-way and two-way systems. *Transportation*, 42(3): 497-518.
- OICA 2017.** International Organisation of Motor Vehicle Manufacturers. <https://www.oica.net/category/vehicles-in-use/>-(Erişim tarihi: 07.01.2021).
- Phillips-Wren, G., Mora, M., Forgionne, G.A., Gupta, J.N. 2009.** An integrative evaluation framework for intelligent decision support systems. *European Journal of Operational Research*, 195(3): 642-652.
- Powell, W.B., 1986.** A stochastic model of the dynamic vehicle allocation problem. *Transportation science*, 20(2): 117-129.
- Power, D.J., Sharda, R. 2007.** Model-driven decision support systems: Concepts and research directions. *Decision Support Systems*, 43(3): 1044-1061.
- Power D.J., Sharda R. 2009.** Decision Support Systems: Springer Handbook of Automation, Ed.: Nof, S. Y., *Springer Science & Business Media*, Berlin, Heidelberg, pp: 1539-1548.
- Repoux, M., Boyacı, B., Geroliminis, N. 2014, September.** Simulation and optimization of one-way car-sharing systems with variant relocation policies. In hEART 2014-3rd Symposium of the European Association for Research in Transportation.
- Rigole, P.J. 2014.** Study of a shared autonomous vehicles based mobility solution in Stockholm. URL <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf>.
- Schuff, D., Paradice, D., Burstein, F., Power, D. J., Sharda, R. 2010.** Decision Support: An Examination of the DSS Discipline (Vol. 14). Springer Science & Business Media.
- Shaheen, S.A., Cohen, A.P., Roberts, J.D. 2006.** Carsharing in North America: Market growth, current developments, and future potential. *Transportation Research Record*, 1986(1): 116-124.
- Shaheen, S., Cohen, A. 2007.** Worldwide carsharing growth: An international comparison. *Transportation Research Record*, 1992(1): 81-89.

- Smith, S.L., Pavone, M., Schwager, M., Frazzoli, E., Rus, D. 2013, June.** Rebalancing the rebalancers: Optimally routing vehicles and drivers in mobility-on-demand systems. In 2013 American Control Conference (pp. 2362-2367). IEEE.
- Spieser, K., Treleaven, K., Zhang, R., Frazzoli, E., Morton, D., Pavone, M. 2014.** Toward a systematic approach to the design and evaluation of automated mobility-on-demand systems: A case study in Singapore. In *Road vehicle automation* (pp. 229-245). Springer, Cham.
- Sweeting, W.J. and Winfield, P.H. 2012.** Future transportation: Lifetime considerations and framework for sustainability assessment. *Energy Policy*, 51(1): 927-938
- Szeto, W.Y., Jiang, Y., Wang, D.Z.W., Sumalee, A. 2015.** A sustainable road network design problem with land use transportation interaction over time. *Networks and Spatial Economics*, 15(3): 791-822.
- Thrun, S. 2010.** Toward robotic cars. *Communications of the ACM*, 53(4): 99-106.
- Turban, E., Aronson, J. 1998.** Decision Support and Intelligent Systems: *Management Support Systems*.
- Wang, F., Yang, M., Yang, R. 2006, September.** Dynamic fleet management for cybercars. In 2006 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (pp. 1246-1250). IEEE.
- Winston, W.L., Goldberg, J.B. 2004.** *Operations research: applications and algorithms* (Vol. 4). Belmont^ eCalif Calif: Thomson/Brooks/Cole.
- Zhou, X., Zhong, M. 2005.** Bicriteria train scheduling for high-speed passenger railroad planning applications. *European Journal of Operational Research*, 167(3): 752-771.

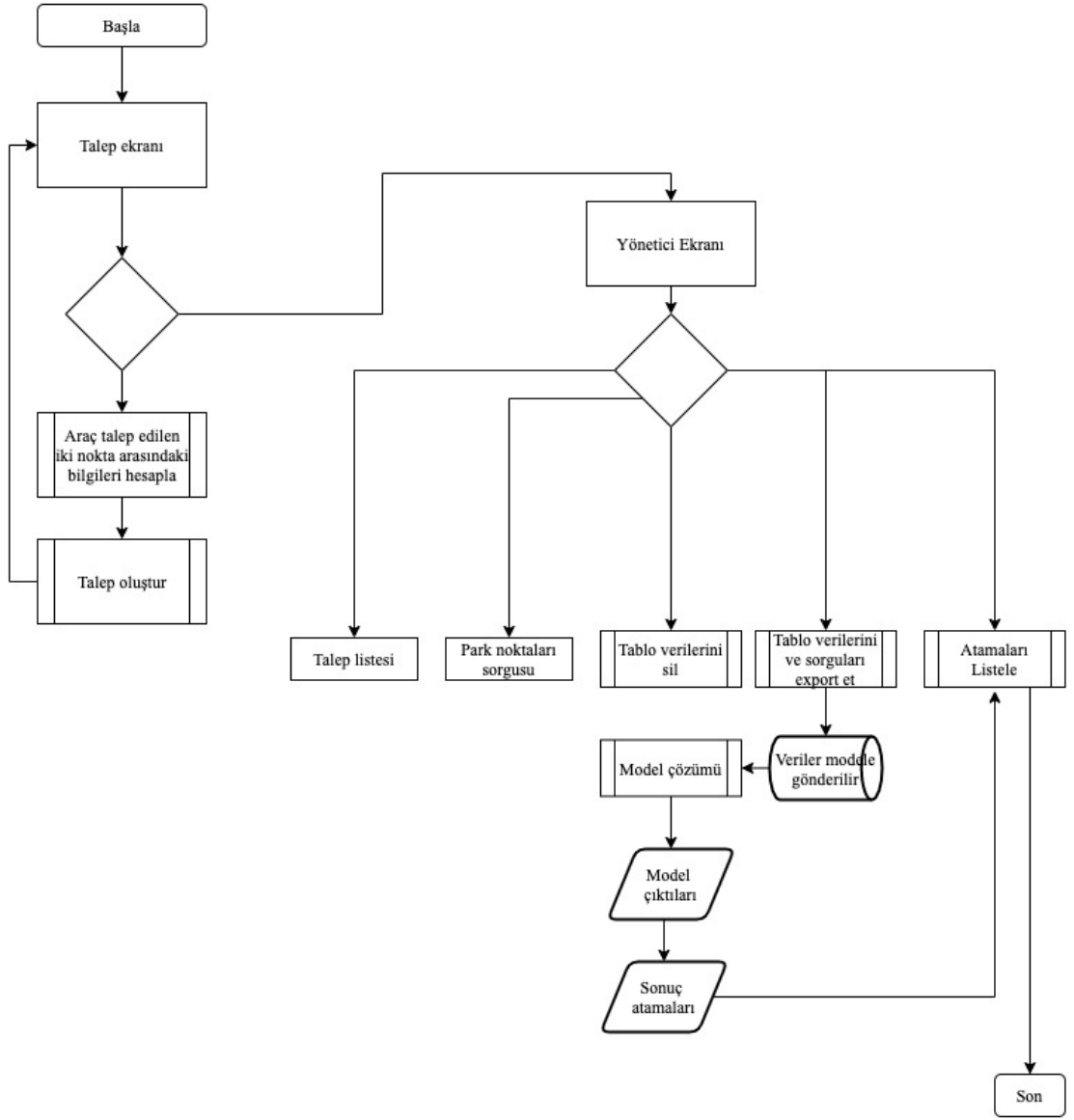
EKLER

- EK 1** Veri Nesne İlişki Diyagramı
- EK 2** Web Arayüzü Fonksiyonel Akış Diyagramı
- EK 3** Web Arayüzü Kullanım Kılavuzu
- EK 4** Yazılım Klasör Yapısı ve Kod İçeriği

EK 1 Veri Nesne İlişki Diyagramı



EK 2 Web Arayüzü Fonksiyonel Akış Diyagramı



EK 3 Web Arayüzü Kullanım Kılavuzu

1. Giriş / Talep Ekleme Sayfası

Giriş sayfası, aynı zamanda kullanıcıların (müşterilerin) araç taleplerini sisteme gönderdikleri sayfadır. Bu sayfa temel olarak 3 bölüme ayrılmıştır:

1. Yönlendirme linklerinin bulunduğu Navigation bölümü.
2. Kullanıcı tarafından talebi oluşturan girdilerin seçildiği veri girişi bölümü.
3. Talep bilgilerinin kullanıcıya gösterildiği temel çıktılar ve bu çıktıların veri tabanına kaydedildiği, talebin sisteme gönderildiği bölüm.

[Talep Oluştur](#) [Sistem Yönetimi](#)

1

Otonom Araç Yönetim Sistemi

Uludağ Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

Başlangıç noktası:

Varış Noktası:

En erken araç talebi: **En geç araç talebi:**

Araç tipi seçiniz:

[Hesapla](#)

2

Başlangıç Noktası - Varış Noktası arası mesafe (km):

Başlangıç Noktası - Varış Noktası arası yolculuk süresi:

Başlangıç Noktası - Varış Noktası arası yolculuk süresi (saniye):

Başlangıç Noktası:

Başlangıç Noktası enlem-boylam derecesi:

Varış Noktası:

Varış Noktası enlem-boylam derecesi:

[Kaydet](#)

3

1.1. Talep giriş ekranı

Bu bölümde kullanıcı, yolculuk bilgilerini ilgili alanlara giriş yaparak talebinin ilk adımını oluşturur.

Başlangıç noktası: <input type="text" value="Başlangıç noktası giriniz"/>	1
Variş Noktası: <input type="text" value="Variş noktası giriniz"/>	2
En erken araç talebi: <input type="text" value="12:00"/> <input type="button" value="⌚"/> En geç araç talebi: <input type="text" value="12:00"/> <input type="button" value="⌚"/>	3
Araç tipi seçiniz: <input type="text" value="Kucuk"/> <input type="button" value="v"/>	4
<input type="button" value="Hesapla"/>	5

(1) numaralı alanda kullanıcı, kendisinin alınmasını talep ettiği noktayı, adres olarak belirtilir.

(2) numaralı alanda kullanıcı, kendisinin bırakılmasını talep ettiği noktayı, adres olarak belirtilir.

(3) numaralı alanda kullanıcı, kendisinin alınmasını talep ettiği saat aralıklarını belirtir.

(4) numaralı alanda kullanıcı, talep ettiği araç tipini seçeneklerin arasından (küçük, orta, büyük) birini seçer.

(5) numaralı “*Hesapla*” linki , kullanıcının girişini yaptığı başlangıç ve variş noktasına göre mesafe, zaman ve enlem-boylam derecesi gibi hesaplamaları yaparak bir alt bölümdeki forma yazdırarak görüntülenmesini sağlar.

1.2. Talep girişi bilgilendirme ekranı

Bu bölüm, 1.1. Talep giriş ekranından gelen verilerin kullanıcıya gösterilip, veritabanına kayıt gönderilmesi için onaylandığı bölümüdür.

Başlangıç Noktası - Varış Noktası arası mesafe (km):	24.19
Başlangıç Noktası - Varış Noktası arası yolculuk süresi:	28 mins
Başlangıç Noktası - Varış Noktası arası yolculuk süresi (saniye):	1684
Başlangıç Noktası:	Yiğitler, Ankara Yolu Cd. No:752, 16300 Yıldırım/Bursa, Turkey
Başlangıç Noktası enlem-boylam derecesi:	40.1967 29.1674
Varış Noktası:	Altınşehir, 16120 Nilüfer/Bursa, Turkey
Varış Noktası enlem-boylam derecesi:	40.2120 28.9416

Kaydet

(1) numaralı alanda yukarıdan aşağıya sırasıyla,

- başlangıç ve varış noktası arasındaki mesafe kilometre cinsinden,
- başlangıç ve varış noktası arasındaki yolculuk süresi dakika, saat ve saniye cinsinden,
- başlangıç noktasının açık adresi
- varış noktasının açık adresi
- başlangıç ve varış noktasının enlem-boylam derecesi gösterilmektedir.

(2) numaralı “*Kaydet*” linki, talebin onaylanıp, sisteme kayıt edildiği linktir.

2. Sistem Yönetimi Sayfası

Sistem Yönetimi sayfası, taleplerin ve sorguların listelendiği, veri tabanındaki taleplerin toplu halde silindiği, matematiksel modelde kullanılacak verilerin .txt uzantılı olarak kaydedildiği, matematiksel modelin sonuç ve performans raporlarının sistem yöneticisine gösterildiği linklerin olduğu sayfadır.

2.1. Talep listeleme ekranı

“Talep Listesi” linkinden kullanıcıların oluşturduğu taleplerin tamamı tablo halinde listelenir.

Talep Oluştur	Sistem Yönetimi									
Talep Listesi	Park İstasyonu Sorgu Listesi	Talepleri Klasöre Çıkar	Atamaları Listele	Talepleri Temizle						
Talep ID	Başlangıç Noktası - Varış Noktası arası mesafe (km)	Başlangıç Noktası - Varış Noktası arası yolculuk süresi	Başlangıç Noktası - Varış Noktası arası yolculuk süresi (sn)	En erken araç talep zamanı	En geç araç talep zamanı	Araç tipi	Başlangıç Noktası enlem-boyam derecesi	Varış Noktası enlem-boyam derecesi	Başlangıç Noktası	Varış Noktası
12724	19.760	23 mins	1391	12:00	13:00	orta	40.2088 28.9483	40.1967 29.1674	ucevler, Bursa Kucuk Sanayi Sitesi, 16000 Nilufer/Bursa, Turkey	Yigitler, Ankara Yolu Cd. No:752, 16300 Yildirim/Bursa, Turkey
12723	16.180	24 mins	1424	07:53	08:25	kucuk	40.1810 29.0554	40.2330 28.9279	Pinarbasi, Bayramyeri Cd. 16/4, 16040 Osmangazi/Bursa, Turkey	Minarelicavus, Erguvan Cd., 16140 Nilufer/Bursa, Turkey
12722	22.920	26 mins	1546	08:12	09:00	kucuk	40.1876 29.0595	40.2234 28.8506	sehrekustu, Cemal Nadir Cd. No:22 D:28, 16050 Osmangazi/Bursa, Turkey	Gorukle, Ataturk Cd. Yurt Sitesi D:101/A, 16285 Nilufer/Bursa, Turkey
12721	9.780	14 mins	861	09:00	09:26	buyuk	40.2245 28.8660	40.2184 28.8700	urunlu, 16120 Nilufer/Bursa, Turkey	ozluce, Uludag unv. No:190, 16120 Nilufer/Bursa, Turkey

2.2. Park istasyonu sorguları listeleme ekranı

“Park İstasyonu Sorgu Listesi” linki, kullanıcıların oluşturduğu taleplerin park noktalarına ait mesafe ve zaman verilerinin tamamını içeren tablonun görüntülediği ekrandır.

Talep Oluştur	Sistem Yönetimi					
Talep Listesi	Park İstasyonu Sorgu Listesi	Talepleri Klasöre Çıkar	Atamaları Listele	Talepleri Temizle		
Sorgu ID	Talep ID	Park ID	Park İstasyonları ve Başlangıç Noktası arasındaki mesafe (km)	Park İstasyonları ve Başlangıç Noktası arasındaki yolculuk süresi (sn)	Varış Noktası ve Park İstasyonları arasındaki mesafe (km)	Varış Noktası ve Park İstasyonları arasındaki yolculuk süresi (sn)
165	12724	3	20.45	1395	2.73	231
164	12724	2	10.70	783	12.49	842
163	12724	1	1.85	310	22.79	1451

2.3. Talep listelerini indirme ekranı

Matematiksel modelde kullanılacak talep verilerin .txt uzantılı olarak kaydedildiği fonksiyonun çalıştırıldığı linktir. Bu linke tıklandıktan sonra requests, park_queries ve parks veritabanı dosyaları yerel bilgisayardaki ilgili klasöre .txt uzantılı olarak kaydedilmiş olur. Bu kaydedilen dosyalar, model girdileri olarak Microsoft Excel’de oluşturulan arayüz aracılığıyla kullanılabilir.



2.4. Model sonuçlarını görüntüleme ekranı

Sistem Yönetimi sayfasındaki “Atamaları Listele” linki, matematiksel modelin Microsoft Excel’de çözdürülmesinin ardından, sonuç ve performans raporlarının web arayüzde görüntülediği ekrana geçişi sağlar. Bu ekranda (1) numaralı linke tıklandığında model çıktılarından, (2) numaralı tabloda performans raporu, (3) numaralı tabloda ise her talebe ait park istasyonu atama bilgileri listelenmektedir. Sistem yöneticisi, (4) numaralı “Rota” linki yardımıyla, linkin bulunduğu satırdaki talebin başlangıç ve varış noktası rotasını Google Haritalar’da görebilmektedir. (5) numaralı linkten, veritabanına kaydedilmiş atama verileri silinebilmektedir.

Talep Oluştur Sistem Yönetimi

Talep Listesi Park İstasyonu Sorgu Listesi Talepleri Klasöre Çıkar Atamaları Listele Talepleri Temizle

1 5

Atamaları Yükle / Göster Atamaları Sil

Performans Sonuçları

Ortalama Mesafe (km)	Ortalama Süre (sn)	Talep Karşılama Oranı (%)	Park İstasyonu Kullanım Oranı
37,59	2750,03	0,86	1

2 3

Atama Tablosu

Park ID	Talep ID	Araç Kodu	Atama Durumu	Başlangıç Nok.	Varış Nok.	Park Tanımı	Araç Tipi	Rota
1	12689	1	1	ozluce Gorukle Kampusu, ozluce, 16059 Nilufer/Bursa, Turkey	Fatih, 2. Meselik Sk., 16200 Osmangazi/Bursa, Turkey	6W7R+3H Nilufer, Bursa	kucuk	Rota
1	12690	3	1	Cumhuriyet, Nilufer Hatun Cd. No:114, 16140 Nilufer/Bursa, Turkey	Besevler, Besevler Cd. No:103 D:B, 16110 Nilufer/Bursa, Turkey	6W7R+3H Nilufer, Bursa	buyuk	Rota
1	12695	2	1	ihlamur Cd., 16140 Minarelicavus Osb/Nilufer/Bursa, Turkey	Fatih Sultan Mehmet Bulvarı, Baris, Sumer Sk. No:1, 16110 Nilufer/Bursa, Turkey	6W7R+3H Nilufer, Bursa	orta	Rota
1	12696	1	1	sehkustu, Cemal Nadir Cd. No:22 D:28, 16050 Osmangazi/Bursa, Turkey	Isiktepe, Lacivert Cd. No: 6, 16065 Isiktepe Organize Sanayi Bolgesi/Nilufer/Bursa, Turkey	6W7R+3H Nilufer, Bursa	kucuk	Rota
1	12702	1	1	Altınsehir, 16120 Nilufer/Bursa, Turkey	Bursa Uluslararası ve şehirlerarası Otobüs Terminali, Terminal Cd. Bursa Otogar, 16190 Demirtas Dumlupinar Osb/Osmangazi/Bursa, Turkey	6W7R+3H Nilufer, Bursa	kucuk	Rota

Rota linkine tıklandıktan sonra sistem yöneticisine gösterilen ekranda, (1) numaralı link bir önceki ekrandaki park istasyonları atama tablosu ekranına yönlendirmektedir. (2) numaralı alanda, ilgili atamanın adres bilgileri yer almaktadır. Başlangıç ve varış noktası adreslenen talebe ait ulaşım rotası (3) numaralı bölümde Google Haritalar API yardımıyla gösterilmektedir.

Talep Oluştur Sistem Yönetimi

Sonuçlara Dön 1

Başlangıç Noktası:
ihlamur Cd., 16140 Minarelicavus Osb/Nilufer/Bursa, Turkey

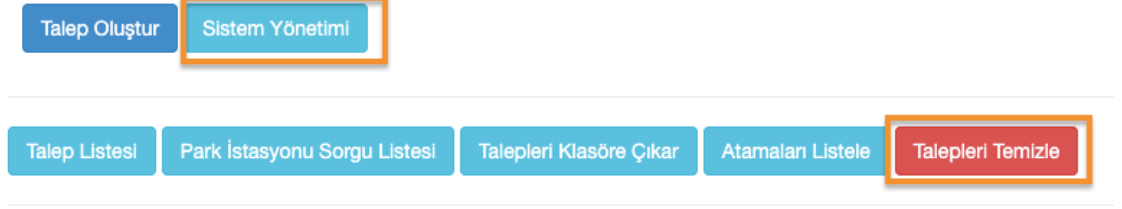
Varış Noktası:
Fatih Sultan Mehmet Bulvarı, Baris, Sumer Sk. No:1, 16110 Nilufer/Bursa, Turkey

2

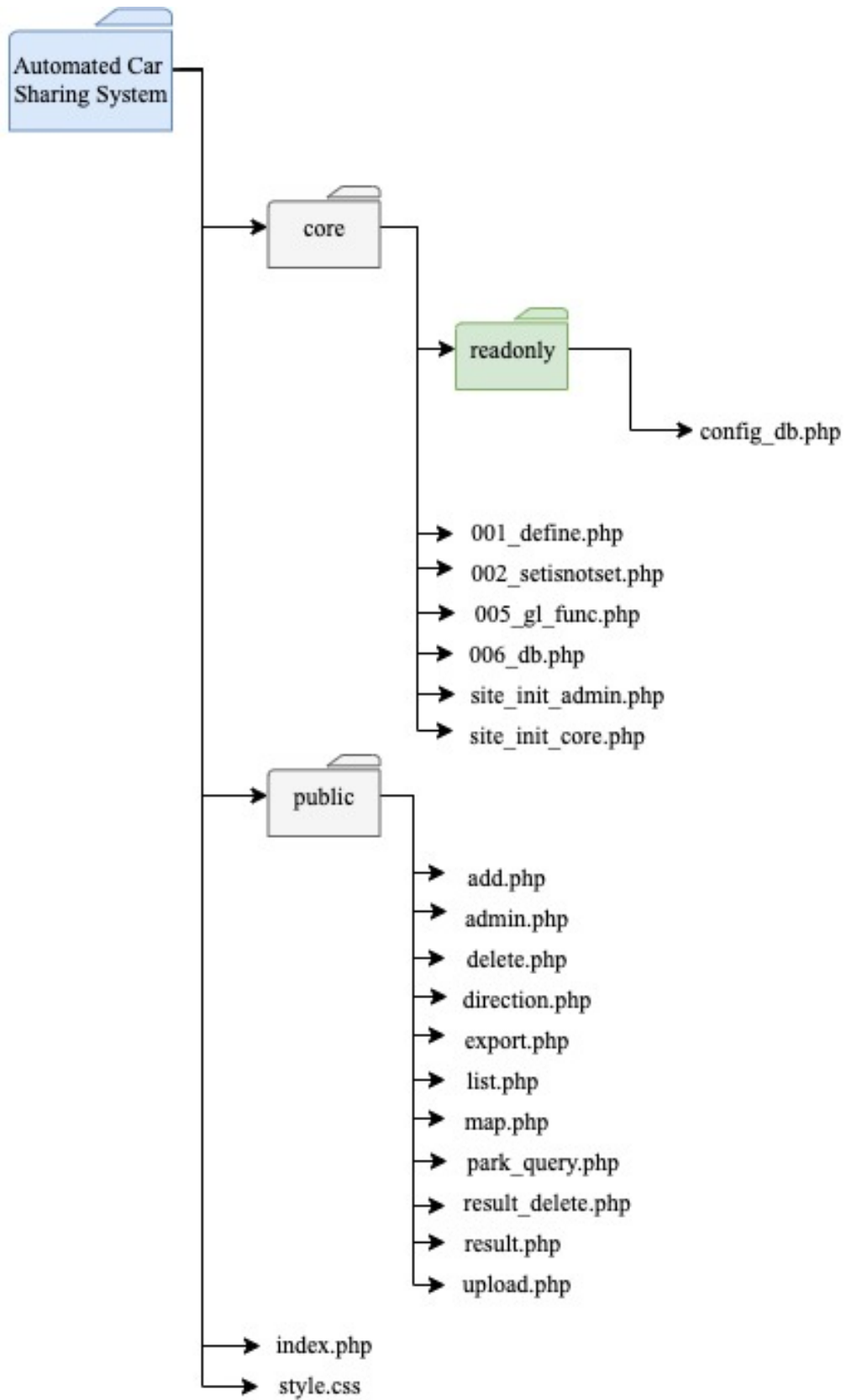
3

2.5. Talep verilerini silme linki

Sistem Yönetimi sayfasındaki “Talepleri Temizle” linkinden, veritabanına kaydedilen tüm taleplerin silinme işlemi gerçekleştirilmektedir.



EK 4 Yazılım Klasör Yapısı ve Kod İçeriği



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Erdi ŞENER
Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa, 12.03.1989
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Ziraat Bankası Balıkesir Fen Lisesi, 2007
Lisans : Eskişehir Osmangazi Üniversitesi – Endüstri Mühendisliği, 2012
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi – Endüstri Mühendisliği, 2021

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : -

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

Yayımları :

Çavdur, F., Değirmen, S., Şener, E. 2018. Depolama ve Geri-Alma Makinesi Bekleme Noktası Optimizasyonu: Atanmış Depolama Politikası Durumu. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 23(2): 183-202.