



**BÜYÜKŞEHİRLERDE PARK YERİ SEÇİMİ PROBLEMİNE YÖNELİK
BİR KARAR DESTEK SİSTEMİ ÖNERİSİ: İSTANBUL İÇİN BİR
UYGULAMA**

Çağla YILMAZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ARALIK 2022

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Çağla YILMAZ

08 / 12 / 2022

BÜYÜKŞEHİRLERDE PARK YERİ SEÇİMİ PROBLEMİNE YÖNELİK BİR KARAR
DESTEK SİSTEMİ ÖNERİSİ: İSTANBUL İÇİN BİR UYGULAMA

(Yüksek Lisans Tezi)

Çağla YILMAZ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Aralık 2022

ÖZET

Dünyanın birçok şehrinde hızlı nüfus artışına bağlı olarak artan araç sayısı ulaşım sorunlarının artmasına neden olmaktadır. Metropollerde trafik ve ulaşım sorunlarının olabildiğince azaltılması için ulaşımda düzenleyici olarak rol alan otoparkların en iyi konum ve miktarda olması gerekmektedir. Bu çalışmada, öncelikle Türkiye'nin en kalabalık ve ulaşım sorununu en çok yaşayan şehri İstanbul'daki otopark sorunu ele alınmakta ve otopark için en uygun yerlerin belirlenmesi için bir Karar Destek Sistemi (KDS) önerilmektedir. Önerilen KDS, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) ardışık kullanımına dayanmaktadır. Çalışmanın amacına uygun olarak, otoparkların yollara, alışveriş merkezlerine, sağlık tesislerine, toplu taşıma duraklarına yakınlığı ve otopark doluluk oranı gibi girdiler toplanmıştır. Belirlenen kriterleri önemlerine göre ağırlıklandırmak için öncelikle AHP yöntemi kullanılmış, ardından belirlenen kriterler harita katmanları olarak dahil edilerek, otoparka en çok ihtiyaç duyulan ilçe ve bölgeleri belirlemeyi amaçlayan CBS tabanlı bir KDS geliştirilmiştir. Çalışmamızın, ortaya çıkacak ihtiyaçlar doğrultusunda yeni otopark açma sorununu konu alan çalışmalara etkin bir öngörü vermesi beklenmektedir.

Bilim Kodu : 90602
Anahtar Kelimeler : Otopark yer seçimi, Analitik hiyerarşi prosesi (AHP), Coğrafi bilgi sistemi (CBS), Karar destek sistemi (KDS), Çok kriterli yer seçimi
Sayfa Adedi : 71
Danışman : Prof. Dr. Ömer Faruk BAYKOÇ

A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR PARKING LOT LOCATION PROBLEMS IN
METROPOLES: A CASE STUDY IN ISTANBUL

(M. Sc. Thesis)

Çağla YILMAZ

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

December 2022

ABSTRACT

The increasing number of vehicles due to rapid population growth in many cities of the world leads to an increase of the transportation problems. Car parks, which play a regulatory role in transportation, should be in optimum locations and quantities in order to alleviate traffic and transportation problems as much as possible in metropolises. In this study, first we consider the parking problem in İstanbul, city with the highest population and facing the most transportation problems in Turkey, and then propose a Decision Support System (DSS) to determine the most suitable places for car parking. The DSS is based on successive usage of Analytical Hierarchy Process (AHP) and Geographical Information System (GIS). To this end, the inputs such as proximities of parking lots to roads, shopping centers, health facilities, public transportation stops and parking occupancy rate were collected. We firstly use the AHP method to weight the specified criteria according to their importance. Afterwards, by including the determined criteria as map layers, we develop GIS-based DSS that aims to determine the districts and regions where parking is most needed. Our study is expected to provide an efficient insight in tackling with opening new parking lots problem in regarding to needs.

Science Code : 90602

Key Words : Parking lot selection, AHP (Analytical Hierarchy Process), Geographical information system (GIS), Decision support system (DSS), Multi-Criteria facility location

Page Number : 71

Supervisor : Prof. Dr. Ömer Faruk BAYKOÇ

TEŞEKKÜR

Beni kendisine yüksek lisans öğrencisi olarak kabul eden ve tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösteren ve destekçi olan değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Ömer Faruk BAYKOÇ'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

İş yerimde yüksek lisans eğitimim boyunca bana hep destek veren ve teknik bilgilerini paylaşan değerli "SmartICT Bilişim A.Ş." Genel Müdürü Sayın Erdoğan BIKMAZ'a ve ayrıca iş arkadaşlarım Sayın Yusuf COŞKUN ve Ece KAYA'ya teşekkürü bir borç biliyor ve şükranlarımı sunuyorum.

Yüksek lisans tezi çalışmam boyunca yöntem ve kaynak açısından desteğini ve bilgilerini esirgemeyen değerli destekçim Doğukan YILDIRIM'a teşekkür ederim.

Başarılarımla sevinen, üzüntülerimle üzülen, yüksek lisans eğitimim süresince bana hep destekçi olan ve çalışmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan canım babam, annem ve kız kardeşime de sonsuz sevgi, saygı ve teşekkürlerimi bildirmek isterim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xi
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. OTO PARKLAR HAKKINDA GENEL BİLGİ VE İLGİLİ LİTERATÜRE KISA BİR BAKIŞ	3
2.1. Otopark Talebini Etkileyen Faktörler	8
2.2. Otopark Sorununu Ele Alan Çalışmalar.....	12
3. MEKANSAL KARAR DESTEK SİSTEMLERİ.....	19
3.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP).....	21
3.1.1. Analitik hiyerarşi prosesinin avantajları ve dezavantajları	22
3.1.2. Analitik hiyerarşi prosesinin aksiyomları ve teoremleri.....	23
3.1.3. AHP yönteminde izlenecek adımlar	24
3.2. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS).....	31
3.2.1. CBS temel işlevleri	31
3.2.2. Coğrafi analiz teknikleri	36
4. UYGULAMA	43

	Sayfa
4.1. Ön Çalışma.....	43
4.2. Kriterlerin Belirlenmesi	44
4.3. Veri Hazırlama	46
4.4. AHP ile Kriterlerin Değerlendirilmesi	52
4.5. CBS ile En Uygun Otoparkların Gösterilmesi	54
4.6. Sonuçların Analizi	55
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	61
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	71

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. İstanbul'daki nüfus ve otomobil sayısı.....	11
Çizelge 2.2. Bin kişi başına düşen otomobil sayısı.....	12
Çizelge 3.1. İkili karşılaştırmada kullanılan ölçek.....	27
Çizelge 3.2. Karşılaştırma matrislerinin boyutlarına göre RI değerleri.....	30
Çizelge 4.1. Veri tür ve kaynakları	46
Çizelge 4.2. Veri ve öznelilik	47
Çizelge 4.3. Kriter katman değerleri.....	47
Çizelge 4.4. İkili karşılaştırma matrisi.....	52
Çizelge 4.5. Normalize değerler tablosu.....	53
Çizelge 4.6. Kriter öncelik vektörü.....	53

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Paralel parklanmada park ölçüleri	5
Şekil 2.2. Yol üstü paralel parklanma.....	5
Şekil 2.3. 30 derece parklanmada park ölçüleri.....	6
Şekil 2.4. 45 derece parklanmada park ölçüleri.....	6
Şekil 2.5. 60 derece parklanmada park ölçüleri.....	6
Şekil 2.6. Dik parklanma (90 derece) park ölçüleri.....	7
Şekil 2.7. Araçlara bağlılık döngüsü.....	10
Şekil 3.1. AHP iş akışı	25
Şekil 3.2. Üç seviyeli AHP hiyerarşik yapısı.....	27
Şekil 3.3. Raster ve vektör gösterimi	34
Şekil 3.4. CBS katman bilgileri	35
Şekil 3.5. Ağırlıklı çakıştırma yöntemi.....	38
Şekil 3.6. Kernel yoğunluk analizi.....	38
Şekil 3.7. Tampon (buffer) analizi	40
Şekil 3.8. Yeniden sınıflandırma analizi.....	41
Şekil 4.1. İlçe bazlı otopark türleri.....	57
Şekil 4.2. Fatih ilçesi otopark türleri.....	58
Şekil 4.3. Beyoğlu ilçesi otopark türleri	58
Şekil 4.4. Şişli ilçesi otopark türleri.....	59
Şekil 4.5. Otopark türüne göre kapasiteleri	59
Şekil 4.6. Otopark türüne göre toplam doluluk oranı	60

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. İSPARK Kazlı Çeşme Marmaray otoparkı.....	8



HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 4.1. İstanbul il haritası	44
Harita 4.2. Sağlık tesislerine yakınlık	48
Harita 4.3. Yollara yakınlık.....	49
Harita 4.4. Alışveriş merkezlerine yakınlık	50
Harita 4.5. Toplu taşıma duraklarına yakınlık.....	51
Harita 4.6. Sonuç haritası	55
Harita 4.7. Yeni otopark için en uygun bölgeler	56

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

%	Yüzde
km	Kilometre
m	Metre

Kısaltmalar

Açıklamalar

AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
CI	Tutarlılık İndeksi
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
COPRAS	Complex Proportional Assessment
CR	Consistency Ratio
GPS	Global Positioning System
İBB	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
İSPARK	İstanbul Otopark İşletmeleri Tic. A.Ş.
KDS	Karar Destek Sistemi
MKDS	Mekansal Karar Destek Sistemi
OD	Nesne Uzaklık
OWA	Sıralı Ağırlıklandırılmış Ortalama
P&R	Park et – Devam et
RI	Rastgele İndeksi
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
VBA	Visual Basic for Application

1. GİRİŞ

Türkiye'de nüfus artışına paralel olarak park talebi ve doğal olarak park sorunu her geçen gün artmaktadır. Otopark sorunun en sade şekli bir bölgedeki otopark arzının otopark talebinden daha düşük olması durumudur [1]. Otopark sorununun büyüklüğünü sayısal verilerle ifade etmek sorunu daha somut olarak görmemizi sağlayacaktır. Hareket halindeki tüm araçlar belirli bir zaman sonrasında duraklama ihtiyacı duymaktadır. Araçların park halinde olması da ulaşımın bir parçasıdır. Bir aracın her sene yaklaşık olarak 10 000 km yol kat ettiği ve ortalama hızının da 40 km/saat olduğu kabul edildiğinde, toplam hareket süresi 250 saat olacaktır. Bir senede toplam 8 760 saat bulunmaktadır. Bu durumda araçlar bir sene içinde 8 510 saat park halinde olacaklardır. Bu durum, otopark sorununun dikkate alınması gereken önemli bir konu olduğunu olabildiğince somut olarak göstermektedir [2].

Özellikle metropollerde daha sık görülen otopark sorunu, küçük yerleşim yerlerinde bile önemini korumaktadır. Mekânsal problemler genellikle kamusal meseleyi ilgilendirmektedir. Bu sorunlara çözüm aramanın temel nedeni toplumsal fayda sağlamaktır. Otopark yer seçimi problemleri de mekansal problemler kapsamına girmektedir. Otomobilleşme, günümüz kentlerin önemli ve güncel sorunlarından biri olan kentsel yayılmanın temel sebebidir [3]. Araç sayısının sürekli artması ve bu araçların tek bir alanda tutulması isteği nedeniyle park sorunu güncel bir sorun olmakla birlikte otopark ve otopark seçimi konusunda oldukça az sayıda araştırma bulunmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, Türkiye'nin metropol şehirlerinden biri olan İstanbul incelenmiştir. İstanbul, Türkiye'nin en kalabalık nüfusuna sahip ili olması sebebi ile park sorunun da en çok yaşandığı ildir. Otoparkların talebi karşılamak için en uygun yerlere konumlandırılması stratejik olarak önemlidir. Bu amaçla, en uygun lokasyonlarda park yerleri oluşturulabilmesi için elde edilen sayısal ve sözel verilerin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımları kullanılarak değerlendirilmesi, mümkün olan en kısa zamanda doğru ve net bilgiye ulaşılmasına yardımcı olacaktır. Yer seçimi problemlerinde karar verme süreçleri, farklı uzman görüşleri ve buna dayalı olarak farklı ve çok sayıda faktörün ele alınması nedeniyle karmaşık problemler haline gelmektedir. Bu karmaşıklığı azaltmak, uzman görüşleri arasındaki fikir ayrılığını en azlamak, subjektif görüşleri objektif karar verme süreçlerine dönüştürmek, karar vericilerin sezgi ve iç güdülerini çözüm sürecine katabilmek amacıyla

kolay ve anlaşılır Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile değerlendirmelerin yapılmasının uygun olduğu düşünülmüştür. Ayrıca, CBS yazılımı ve analizleri için de uygun olduğu düşünülen AHP yönteminin otoparkların en uygun yerlere konumlandırılması amacına hizmet edeceği de değerlendirilmektedir. Bu yöntemler ile konumuna karar verilen otoparkların kurulumundan sonra kısa sürede işletmecisine ve ülke ekonomisine karı yüksek katkılar sağlayacağı ön görülmektedir. Literatür taraması ve SmartICT Bilişim A.Ş. Akıllı Otopark Projesi paydaşlarının görüşleri uzman görüşü olarak değerlendirilerek bu çalışma kapsamında beş kriter belirlenmiştir. Bu kriterler; alışveriş merkezlerine yakınlık, yollara yakınlık, sağlık tesislerine yakınlık, toplu taşıma duraklarına yakınlık ve otopark dolulukları olarak belirlenmiştir. Otopark doluluk kriteri için İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı olarak otopark yönetimini sağlayan İSPARK (İstanbul Otopark İşletmeleri Tic. A.Ş.) otoparkları ele alınmıştır. Belirlenen kriterleri önemlerine göre ağırlıklandırmak için öncelikle AHP yöntemi kullanılmıştır. Ardından belirlenen kriterleri harita katmanları olarak dahil ederek, otoparka en çok ihtiyaç duyulan ilçe ve bölgeleri belirlemeyi amaçlayan CBS tabanlı Karar Destek Sistem (KDS) önerilmiştir.

Etkin, verimli ve sürdürülebilir bir şehir ulaşımı, birbiriyle entegre birden fazla ulaşım türünün iyi bir koordinasyonu ile sağlanabilmektedir. Bu ulaşım türleri içerisinde en çok tercih edilen ve en önemlisi özel taşıtlarla ulaşım, varış noktasında araçların park edeceği alan ihtiyacını da beraberinde getirmektedir. Bu çalışma ile otoparka ihtiyacı olan bölgeler belirlenmiş böylece park yeri arayan araç kullanıcıların trafiğe karışması ile oluşan trafik yoğunluğunun en azlanması sağlanacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca, bu çalışma karar vericilerin yeni otopark açma kararlarında yol gösterici olacaktır.

2. OTOPARKLAR HAKKINDA GENEL BİLGİ VE İLGİLİ LİTERATÜRE KISA BİR BAKIŞ

Otoparklar ile ilgili doğru analizler yapabilmek için öncelikle otoparkı, otopark sınıflandırmalarını ve otoparklara ait terimleri iyi bir şekilde tanımlamak ve anlamak gerekmektedir.

Araçların insan veya eşya indirip bindirme amaçlı olarak durmasına duraklama denmektedir. Araçların duraklaması gereken durumlar dışında daha uzun süreli bırakılmasına ise park etme denmektedir. Park yeri, araçların park etmek için bırakıldıkları kapalı veya açık alanlar olarak tanımlanmaktadır [4].

Motorlu araçların hareket etmediği zamanlarda geçireceği uygun yerlere otopark denmektedir. Otoparklar, Türk Standartları Enstitüsü'ne (TSE) göre ise tüm araç kullanıcılarının kullanımına açık olan ve park edecek araçlar için ayrılan yol kenarı ve yol dışı otopark olmak üzere iki türü bulunan yer veya tesis olarak tanımlanmaktadır [5]. Otopark, başka bir tanıma göre ise motorlu araçların hareketsiz olduğu zamanlarında duraklayacağı yer olarak belirtilmektedir. Bir başka tanımda ise otoparklar; özellikle otomobil türündeki araçların bir arada ve sabit olarak bulunabildiği belirlenmiş açık veya kapalı mekanlardır [6].

Otoparklar, genel olarak binek araçların park etmesi için ayrılmış bölgelerdir. Bu bölgeler özelleştirilmiş alanlar ve yapılardan oluşabileceği gibi bina uzantıları şeklinde de olabilmektedir. Bu yapılar için oteller, sağlık tesisleri, siteler, yol kenarları, alışveriş merkezleri vb. örnek olarak verilebilir. İlave olarak, yolcu taşıma kapasiteleri yüksek toplu taşıma istasyonlarına ve şehir merkezlerine yakın olarak konumlandırılan park et ve devam et (P&R) tesisleri de otoparklara örnek olarak verilebilir.

Otoparklar buldukları konum ve yapı şekillerine göre çeşitlilik göstermektedir. Bu çeşitlilik otoparkların gereksinimlerini, özelliklerini ve kullanım şekillerini de etkilemektedir. Otoparklar kullanım amaçları ve konumlarına göre en genel olarak yol üstü ve yol dışı olmak üzere iki şekilde ele alınmaktadır. Yol üstü ve yol dışı otoparkların özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

Yol Üstü Otoparklar

Yol üstü otoparklar, motorlu veya motorsuz araçların park edebileceği alanları belirtmektedir. Bu otoparklar, cadde ve sokak üzerinde bulunan yayalar için yapılmış kaldırımlarından ayrılan ceplerde, yolun genellikle sağ tarafında konumlandırılmıştır. Bu alanlar yol standartlarına uygun yatay ve dikey şekilde ayırt edici işaretler ile ayrılmış ve kullanım şartlarına ilişkin tüm hususlar idaresince belirlenmiştir. Ayrıca, kullanıcıları için kullanım süreleri rahatça görülebilecek biçimde konumlandırılmaktadır [1].

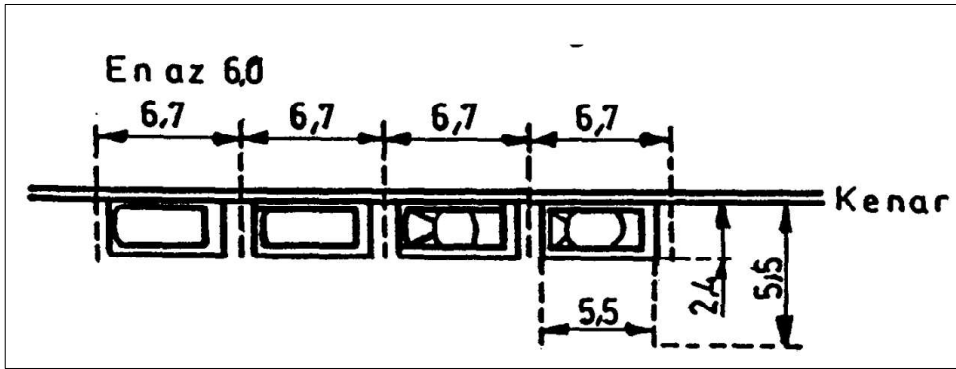
Yol üstü otoparklar üçe ayrılır. Bunlar;

- Paralel park
- Açılı park
- Dik açılı park

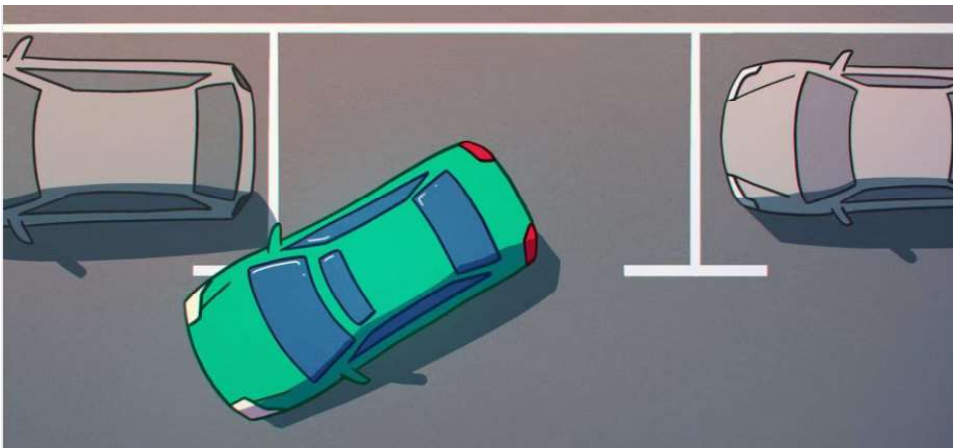
Park açısı arttıkça mevcut yol üzerine daha fazla araç park yeri oluşturulabilmektedir, ancak açılı parkların trafiğe olumsuz etkisi paralel parklanmaya göre daha fazladır. Paralel parklanmada bir yol boyunca daha az park yeri sağlanmakta fakat bu parklanmanın yol üzerinde kapladığı alan açılı parklanmalara göre daha azdır. Böyle bir durum söz konusu iken yol üzerlerinde nasıl bir parklanma planı yapılacağı konusunda öncelikler belirlenmeli ve hangisinin daha önemli olduğuna karar verilmelidir [7].

Paralel park, yol kenarına veya kaldırıma paralel olarak konumlanan park türüdür. Yol kenarına paralel olarak park edildiğinde park yerinin giriş ve çıkışında aracın hareket genişliği, açılı parka göre azalacağından yol boyunca konumlandırılacak araç park yeri sayısı da azalacaktır. Bu yüzden yolun durumu ve ihtiyacı göz önünde bulundurularak paralel parklanmaya karar verilmelidir [5].

Şekil 2.1.'de TSE 10551'de verilen paralel parklanma için yol üstü park tasarım ölçütleri gösterilmektedir. Şekil 2.2.'de ise paralel parklanmaya örnek gösterilmektedir.



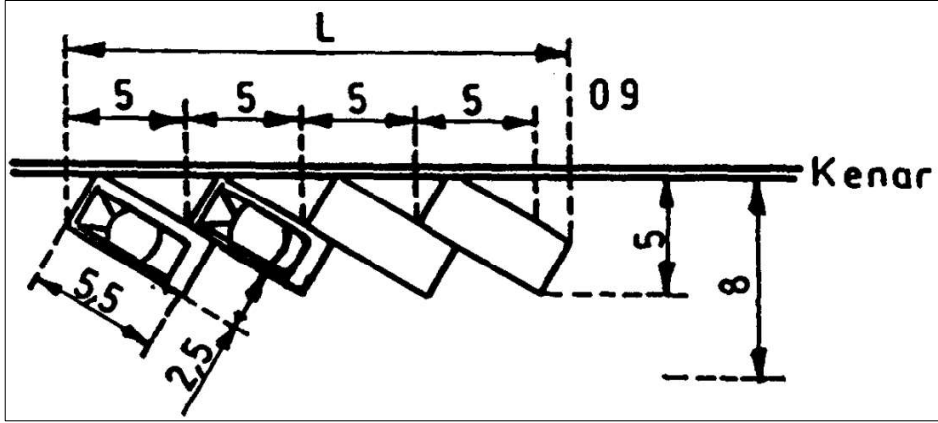
Şekil 2.1. Paralel parklanmada park ölçüleri



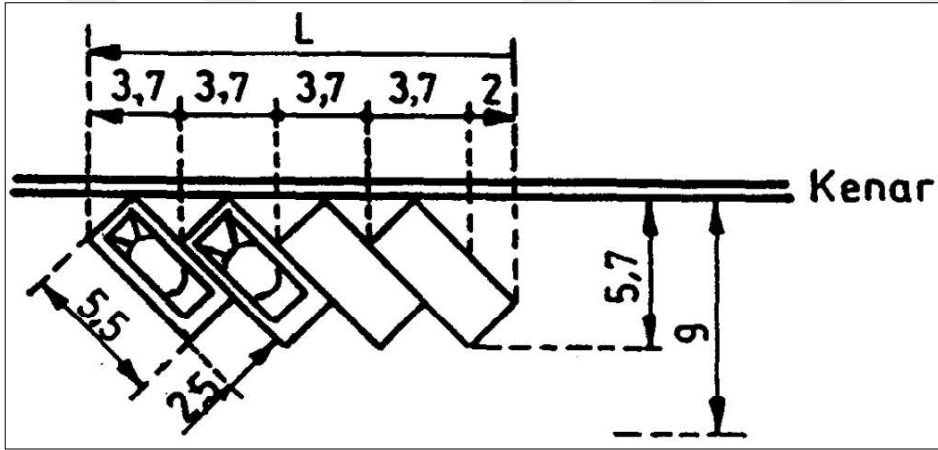
Şekil 2.2. Yol üstü paralel parklanma

Açılı park, yol kenarına veya kaldırıma açılı bir şekilde konumlandırılan park türüdür. Açılı olarak park etme durumunda, park açısı büyüdükçe giriş ve çıkışta manevra genişliği de azalacaktır. Açılı park yerlerinin, park eden aracın yola çıkışı sırasında mevcut trafiği aksatmayacak şekilde konumlandırılması gerekmektedir. Açılı park yerleri için yeterli yol genişliği varsa yol kenarına açılı park yerleri konumlandırılmalıdır. Yol kenarındaki açılı parklar 30, 45 veya 60 derecede olmaktadır. Tüm açılı parklar göz önüne alındığında araçların ön kapısının açılması durumunda diğer park halindeki araçlara kapının çarparak zarar verme ihtimali düşünülürken, 45 derecelik park tercih edilmelidir [5].

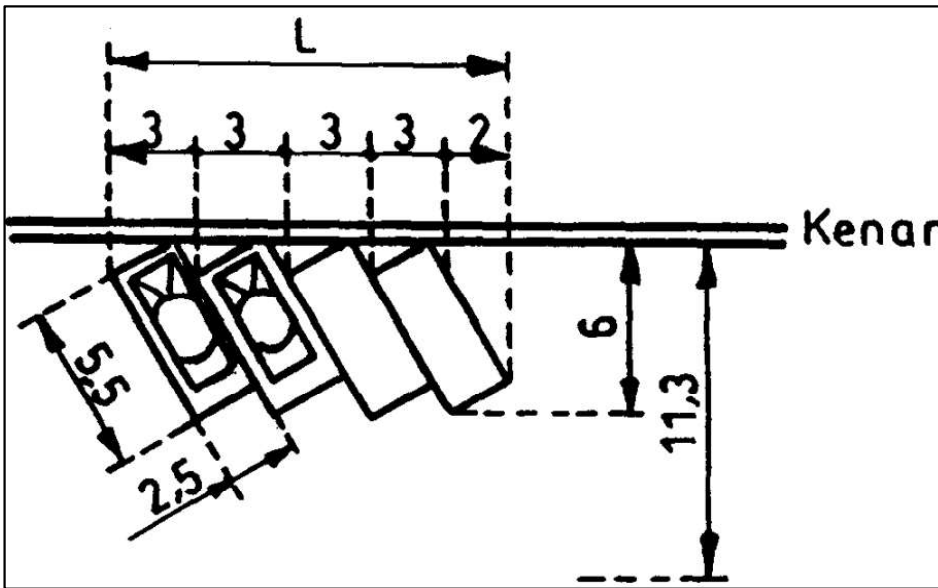
Şekil 2.3.'te 30 dereceli parka ait ölçüler, Şekil 2.4.'te 45 dereceli parka ait ölçüler, Şekil 2.5.'te ise 60 dereceli parka ait ölçüler gösterilmektedir. Bu görseller incelendiğinde ve hem park yeri, hem sürücülerin konforu hem de mevcut trafiğe etkisi sebebi ile de en uygun park şeklinin 45 derece parklanma olduğu görülmektedir. Bu bölümde her parklanma için örnekler verilmiştir.



Şekil 2.3. 30 derece parklanmada park ölçüleri

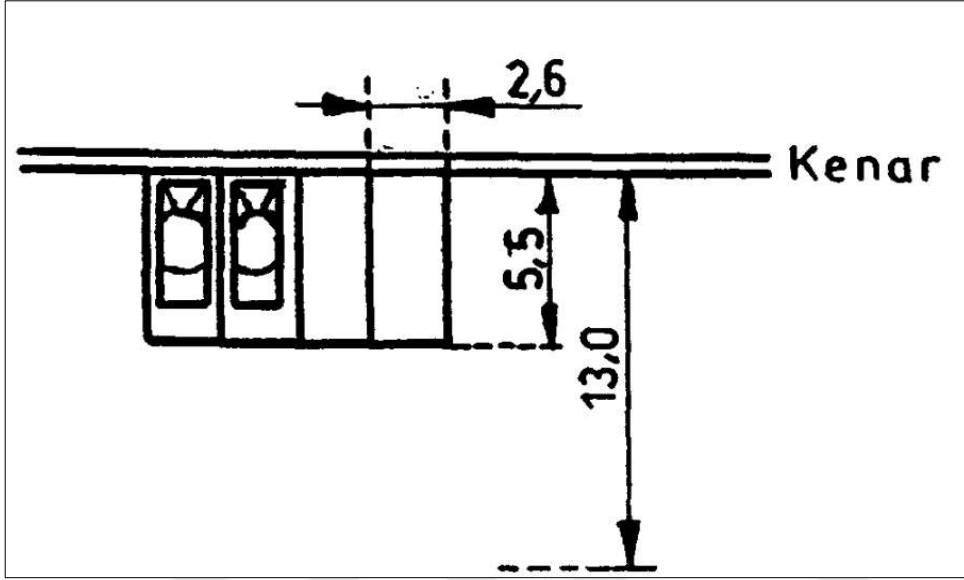


Şekil 2.4. 45 derece parklanmada park ölçüleri



Şekil 2.5. 60 derece parklanmada park ölçüleri

Dikey park, yol kenarına 90 dereceli olarak yapılan parklanmalardır. Diğer açılı parklara göre kapasite açısından daha yüksek verim sağlamaktadır. Ancak yol hacminden diğer park şekillerine göre daha çok kısıtıldığı için trafik açısından çok uygun görülmeyen bir park türüdür. Çok geniş yollarda trafiği etkilemeyecek şekilde tercih edilebilmektedir. Şekil 2.6.'da TSE 10551'de dikey park için verilen ölçüler gösterilmektedir.



Şekil 2.6. Dik parklanma (90 derece) park ölçüleri

Yol Dışı Otoparklar

Yol dışı otoparklar, araç ve giriş çıkışlarında akan trafiği etkilememek amacıyla özel olarak ayrılan park alanlarıdır. Yol dışı otoparklar, büyük mağazaların ön veya arka bahçelerine, binaların bodrum katlarına, iş merkezleri etrafındaki uygun alanlara, toplu taşıma durakları, havalimanı, gar, terminal gibi yerlere ya da toplu taşıma araçlarının ulaşamadığı sanayi alanları gibi yerlere konumlandırılabilir. Yol dışı otoparklar açık, kapalı/ katlı garajlar şeklinde tesis edilebilirler [5]. Yol dışı otoparkları en genel şekilde 2 gruba ayırmak mümkündür. Bunlar;

- Açık otoparklar
- Kapalı / katlı otoparklar

Açık otoparklar, yol dışı otoparklar arasında en çok tercih edilen otopark türüdür. Resim 2.1.'de açık otoparka ait bir örnek gösterilmektedir.



Resim 2.1. İSPARK Kazlı Çeşme Marmaray otoparkı

2.1. Otopark Talebini Etkileyen Faktörler

Otoparklar ulaşım sistemi içinde birçok faktörden etkilenebilmektedir. Bir bölgede otopark ihtiyacının olup olmadığını tespit edebilmek için öncelikle oradaki mevcut otopark durumunu ve talebini belirlemek önemlidir.

- Otopark arzı: Bir bölgede halihazırda kullanılmakta olan açık, kapalı/katlı ve yol üstü parklanmalarının tamamıdır.
- Otopark talebi: Çeşitli kullanıcılar için gerekli olan otopark alanıdır.
- Otopark ihtiyacı: Otopark talebi otopark arzından büyük ise otopark ihtiyacı meydana gelmektedir.

Otopark talebinin karşılanması için yeterli otopark alanı sağlanmalıdır. Otopark ihtiyacını karşılamak için mevcut talebe uygun otopark yeri seçimi önemlidir. Yeni bir otopark inşa edilirken mevcut otopark yerlerindeki sorunlar ve otoparkların bulunduğu bölgelerdeki diğer sorunlar göz önünde bulundurularak yeni düzenlemeler yapılmalıdır. Otoparklar planlanırken, araç kullanıcılarının beklentileri dikkate alınmalı, trafik güzergahları ve güvenlik önemleriyle uygun olmalıdır [8].

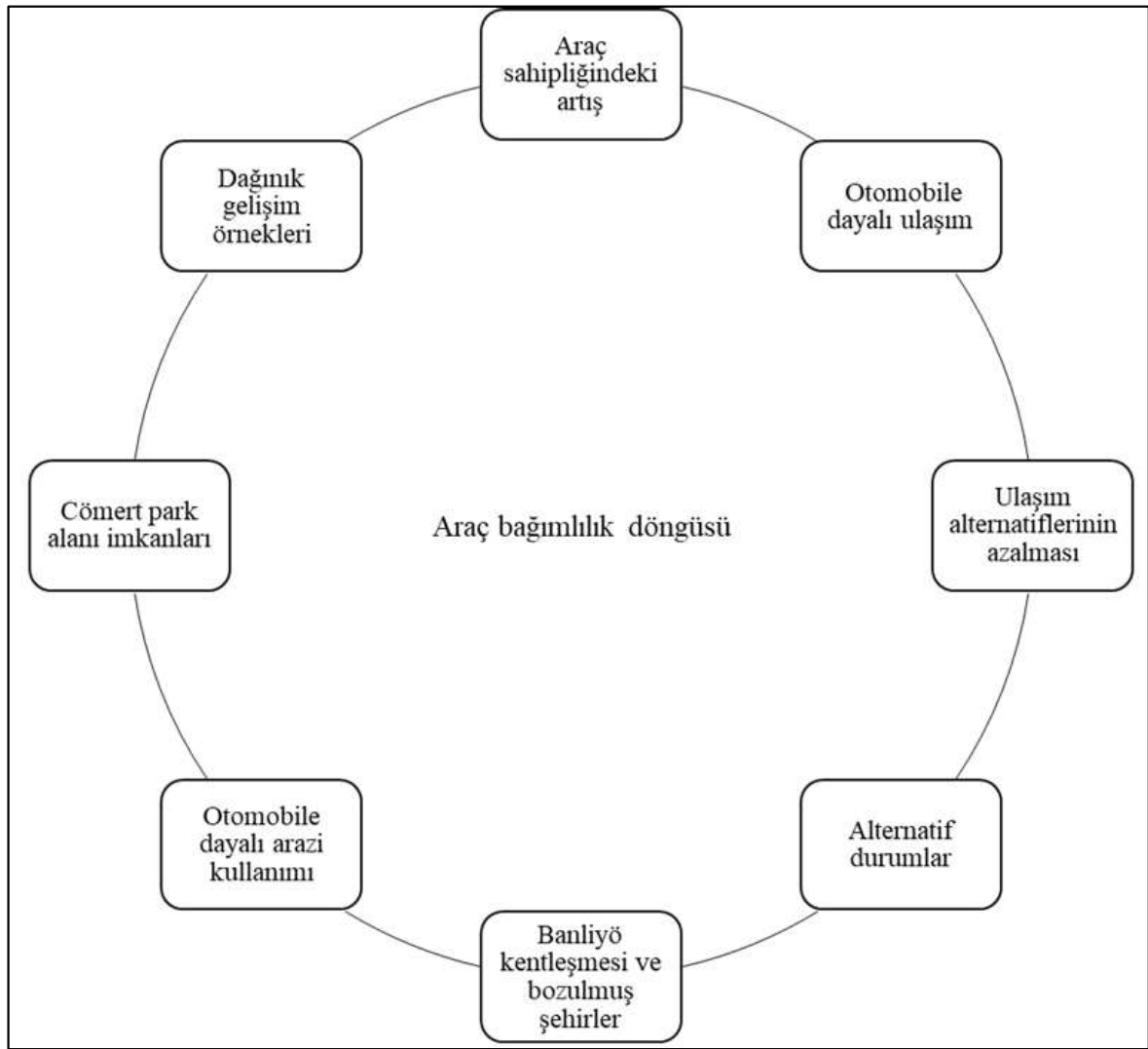
Küçük yerleşim yerlerinde caddelerin ve sokakların belirli bir bölümüne park etme izni verilerek otopark sorununa bir çözüm getirilebilmektedir. Fakat metropollerde, iş merkezi alanlarının artması ile trafik yoğunluğu da gittikçe artmaktadır. İş merkezleri ve çevresinde yoğunluğu kaldırmak adına çok katlı otoparkların da yapıldığı görülmektedir. Kent merkezlerinde trafiği oluşturan aktivitelerin çevreye doğru yaygınlaştırılması ve yeni merkezler planlanarak bir çözüm yolu geliştirilmektedir [9]. Uzun süreli otopark kullanıcıları kısa süreli kullanıcılara göre daha uzak mesafelere yürümeyi kabul edebilirler bu sebeple, uzun süreli parklanmaya yol açan faktörler, kısa süreli park etme ihtiyacını oluşturan faktörlere göre daha büyük park alanlarına ihtiyaç duymaktadır. Yaya davranışları göz önünde bulundurulduğunda hareket özgürlüğü de yürüme mesafesi kadar dikkat edilmesi gereken bir konu olmaktadır [10].

Otopark ihtiyacı devamlılık gösteren bir durumdur. Araç sayısının ve buna bağlı olarak otoparklara oluşan talebin de sürekli arttığı bir şehirde, otopark sorununa çözüm odaklı bir yaklaşım geliştirilmelidir. Özellikle trafiğin sıkışık ve yoğun olduğu şehirlerin merkezlerinde, şehir sakinleri ulaşım alternatiflerinden olan toplu taşıma olanaklarının kullanımına teşvik edilmelidir. Trafik yoğunluğunun çok olduğu yerlerde özel araç kullanımı ve otopark talebi kontrol altında tutulmalıdır [11].

Ülkemizde yol üstünde bulunan park yerlerinin büyük bir kısmı ücretsizdir. Bu park yerleri genellikle gün boyu dolu olmaktadır ve bu park yerleri dışında kalan park alanları park yeri talebini karşılayamamaktadır. Araçlarını park etmek isteyen araç sahipleri bir park yeri bulabilmek için cadde ve sokak aralarında uzun süre dolaşmakta ve mevcut trafiğe ek yük olmaktadır. Toplu taşıma alternatifleri ve özel araç ile yolculuk karşılaştırıldığında, toplu taşıma olanaklarının yeterli ölçüde rahatlık ve kolaylık sağlayamadığı görülmektedir. Bu durumdan kaynaklı olarak, özel araç ile yolculuk yapmak şehir sakinleri tarafından sağladığı

rahatlık ve konfor sebebi ile daha çok tercih edilmektedir. Bu durum ise şehir merkezindeki otopark sorununu daha karmaşık hale getirmektedir [12].

Şekil 2.7.'de araç bağımlılık döngüsü [13] gösterilmektedir. Bu döngü incelendiğinde araç park alanları ile ulaşım sistemi bileşenlerinin birbirini takip ettiği görülmektedir. Ulaşım, özel araç kullanımı diğer bileşenleri de olumsuz etkilemektedir. Bu durumda otopark alanlarının artırılması gerektiği söylenebilmektedir. Ayrıca, kontrolsüzce artan otomobil sayısının bu döngüdeki dengeyi bozduğu da gösterilmektedir.



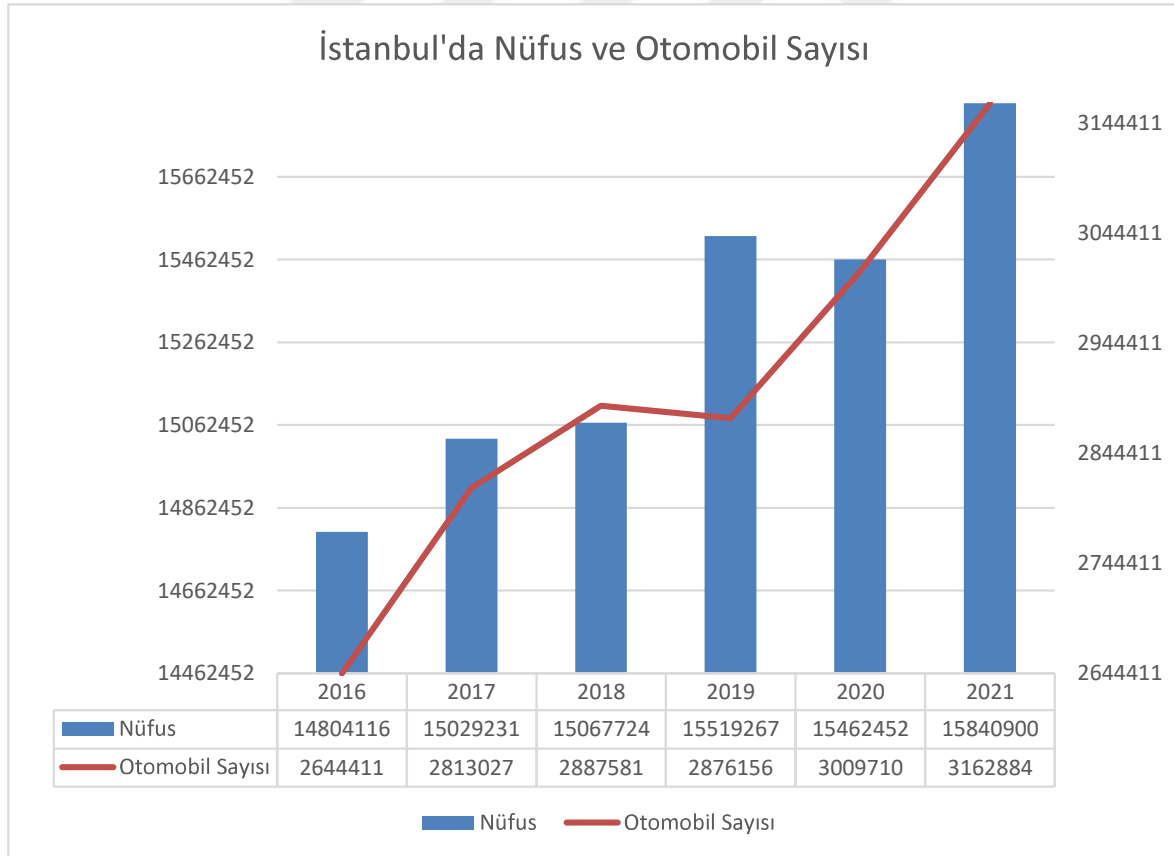
Şekil 2.7. Araçlara bağımlılık döngüsü

Her şehir coğrafi konumu, nüfusu, yüz ölçümü, ekonomik yapısı, istihdam dağılımı, ulaşım altyapısı bakımından birbirinden farklıdır bu sebeple, her şehrin kendine özgü problemleri olmaktadır. Örneğin; sanayi, ithalat, ihracat, turizm, ticaret aktiviteleri açısından gelişmiş

olan birçok şehirde hareketlilik fazladır bu da otoparka olan talebi de arttırmaktadır. Her şehir kendi içinde ve kendi altyapısına uygun olarak ele alınmalıdır. Bu durum da otopark sorununun bir hiyerarşi çerçevesinde ve birbirinden farklı ölçeklerle sistematik bir şekilde değerlendirilmesini gerektirmektedir [14]. Her şehrin ihtiyacının farklı olması sebebi ile her şehir için aynı ölçek kullanılamamaktadır.

Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK) [15] alınan son altı yılın verisine göre İstanbul ilinin nüfusu ve otomobil sayısına ait grafik Çizelge 2.1.'de yer almaktadır. Bu çizelgeye göre İstanbul nüfusunun hızla arttığını ve nüfusa bağlı olarak otomobil sayısının da arttığını söylemek mümkündür. 2019-2021 yılları arasında otomobil sayısındaki hızlı artışın sebebi küresel salgın ile birlikte bireysel araç kullanımının artışına bağlı olarak otomobil sayısında da ciddi bir artış olduğu görülmektedir.

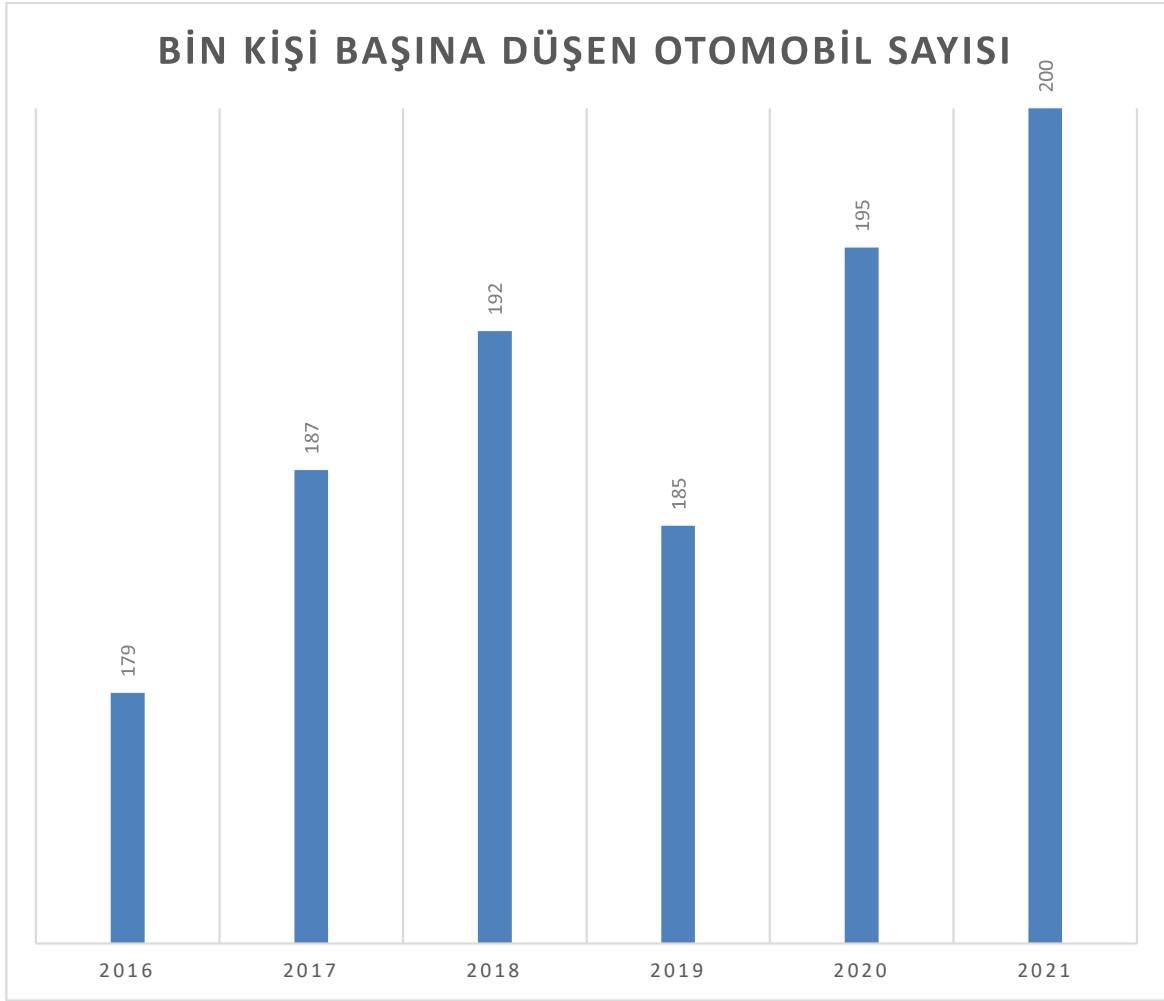
Çizelge 2.1. İstanbul'daki nüfus ve otomobil sayısı



TÜİK'ten alınan son altı yılın bin kişi başına düşen otomobil sayısı [15] verisine ait grafiği Çizelge 2.2.'de verilmiştir. Bu çizelgeye göre her geçen yıl, bin kişi başına düşen otomobil

sayısının ciddi oranda arttığını söylemek mümkündür. Bu değerlere göre her beş kişiden birinin araç sahibi olduğu hatta her ailenin bir aracının olduğu da söylenebilir. Artan nüfus ve kentleşme ile birlikte otomobil sayısının artışı da gündelik yaşam kalitesini etkilemektedir. Her bireyin barınma ihtiyacı olduğu gibi her araçta belirli bir alanda konaklama ihtiyacı bulunmaktadır. Bu sebeple, artan araç sayısı doğrudan otoparka olan ihtiyacı da arttırmaktadır.

Çizelge 2.2. Bin kişi başına düşen otomobil sayısı



2.2. Otopark Sorununu Ele Alan Çalışmalar

Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinde, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) birlikte kullanımı ile çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler, veri kaynaklarının ve türlerinin çoğaltılması, coğrafi ve coğrafi olmayan verilerin AHP ile birlikte CBS'de kullanılması da çeşitli çalışma alanlarında yer

almıştır. Ancak bilindiği kadarıyla, İstanbul'un bütününe kapsayan ve mevcut otoparkların doluluk oranlarını kriter olarak belirleyen bir çalışma henüz bulunmamaktadır. Genel olarak otopark sorunu ekonomik ve sosyal açıdan ele alınmaktadır. Otopark sorununu ele alan çalışmalar ile ilgili yapılan literatür taramasına göre örnek çalışmaların özetleri aşağıdadır;

Palevičius ve diğerleri [16] Litvanya'nın Vilnus şehrindeki bölgeleri otopark yeterliliği açısından değerlendirmişlerdir. Nüfus yoğunluğu, toplu taşıma yeterliliği, otomobil sahipliliği, nüfus, işyeri sayısı, istihdam sayısı, yol durumu ve bölgedeki konut sayısı kriter olarak ele alınmıştır. Bu çalışmada, AHP yöntemi kullanılarak kriterlerin ağırlıkları ve Complex Proportional Assessment (COPRAS) yöntemi kullanılarak bölgelerin otopark yeterlilikleri belirlenmiştir.

Krasić ve Lanović [17], Hırvatistan'ın Zagreb şehrinde bulunan park et ve devam et (P&R) tesislerinin planlamasını ele almışlardır. P&R tesis planlamasında bölgelerin çekim gücü, tesis alanın çok işlevli olma kabiliyeti, ulaşım ve civarındaki toplu taşımanın kalitesi, teknik ve finansal donanımları birer kriter olarak belirlenmiştir. AHP yöntemi ile alternatif P&R bölgeleri değerlendirilmiştir.

Barhani [18], yaptığı bir çalışmada sürdürülebilir ulaşım için uygun otopark yönetim stratejileri İstanbul örneği üzerinden değerlendirmiştir. Otopark sorununun boyutlarının incelenmesi ve İstanbul'da uygulanabilecek çeşitli otopark yönetim stratejilerinin belirlenmesinin amaçlandığı çalışma sonucunda yol üzeri otopark ihtiyacının otopark ücretlendirme ve otopark süresi sınırlama stratejileri ile azaltılabileceğini tespit etmiştir. Ayrıca, yol üzeri otoparkların, yol dışı otoparklardan daha fazla kullanıldığı da çalışmanın sonuçlarındandır.

Güngör [19], "Konya şehir merkezindeki otopark sorunu ve öneriler" isimli çalışmada, Konya ilinin otopark sorununu incelemiş, ticaret ve iş merkezlerinin yoğun olarak bulunduğu kent merkezindeki yol içi otoparkları değerlendirerek kısa ve uzun vadeli çözüm önerileri sunmuştur. Bu çalışmada, yol üstü otopark alanlarında talep kapasitenin üzerindeyken, yol dışı otoparklarda talebin kapasitenin çok altında olduğu görülmüştür.

Özdemir [20], P&D uygulamasını İstanbul'daki Harem Otoparkı örneğinde incelemiş ve kullanıcılar arasında bir anket çalışması gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda, P&D

alanlarının konumlarını belirlerken sınıflandırmanın gerçekleştirilebilmesi için dikkat edilmesi gereken konulara değinmiştir.

Okubay [21], otoparklar ve türleri, kentiçi tıkanıklık ve otopark problemleri tanımlanarak, otopark talep ve ihtiyaçlarını etkileyen faktörler; otopark yönetim ve stratejilerinin ilkeleri, faydaları ve de geliştirilen otopark politikalarının verimliliği için maliyetlerin ekonomik açıdan değişimleri üzerinde durmuştur. Çalışmada tarihi yarım ada Eminönü bölgesinde sözü edilen otopark stratejilerinin uygulanma imkânları araştırılmıştır. Bölgenin mevcut ulaşım altyapısı ortaya konulmuş ve özellikle mevcut otopark altyapısını gerçekçi olarak belirleyebilmek için otopark envanteri anketi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda stratejik düzeyde bir “bölgesel otopark yönetimi” için çeşitli senaryolar geliştirilerek ileriye dönük yaklaşımlar ortaya konmuştur.

Kozalı [22], kentiçi otopark hizmetlerinde özel sektör katılımının sürücülerin park etme tercihleri ve tutumları üzerine etkisini araştırmıştır. Çalışma kapsamında öncelik olarak otopark hizmetlerinin sunumunda, yerel yönetimleri özel sektör ile iş birliği yapmaya yönelten sebepler incelenmiş ve farklı ülkelerdeki otopark hizmetlerinde kullanılan yöntemler ile örneklendirme yapılmıştır. Çalışmada İstanbul’da otopark hizmetlerinin sunumunda alternatif bir model olarak kullanılan ve İstanbul Büyükşehir Belediye’sinin teşebbüsü olan İSPARK (İstanbul Otopark İşletmeleri Tic. A.Ş.) örneği incelenmiş, araç kullanıcılarının park etme tercihlerini ve tutumlarını tespit etmek için gerçekleştirilen anket çalışmaları yapılmış ve bu anket sonuçları değerlendirilerek önerilerde bulunulmuştur.

Parmar ve diğerleri [23], otopark özelliklerini değerlendirmek, park etme talebini tahmin etmek ve park yerini seçerken sürücünün davranışına ilişkin yapılan tüm çalışmaların bu yönlerini bütünleştirerek park sistemiyle ilgili modellerin ve çalışmaların son teknoloji incelemelerini sunmuşlardır. Bu çalışmada, park etme nedeniyle oluşan sorunlar, çeşitli park özellikleri ve uygulamaları, sürücülerin park seçme davranışları gibi çeşitli faktörler göz önünde bulundurularak talep modellerinin geliştirilmesi ve kentsel ulaşım sisteminin ayrılmaz bir parçası olarak otopark politikalarının gözden geçirilmesi ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

Haldenbilen ve diğerleri [24], kentlerdeki otopark sorununu incelemiş ve Denizli ili kapsamında çalışma yapmıştır. Denizli kent merkezindeki mevcut yol dışı otoparkların

kapasiteleri ve doluluk oranlarını belirlemiş, otopark ihtiyacı ile ilgili geleceğe yönelik tahminler yaparak öneriler sunmuştur. İlk olarak çalışmanın yapılacağı saatleri belirlemek için çalışma yapılmış ve belirlenen saatler içinde ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümler sonucunda çalışma yapılan bölgedeki araç yoğunluğu göz önünde bulundurularak hem yol içi hem de yol dışı otoparklar için düzenleme esasları oluşturulmuştur. Düzenleme çalışmaları sonrasında ise bu otoparklara yönelik fiyatlandırma politikaları ele alınmıştır. Sonuç olarak yapılan incelemelere dayanarak mevcut ve gelecek otopark sistemleri için düzenleme önerileri ve bu önerilerin hangi tür otoparklarda kullanılacağı belirtilmiştir.

Baseri ve diğerleri [25], İran'ın İsfahan kentindeki düzensiz otopark dağılımı ve park yerlerinin yetersizliğinin bu kentteki trafiği olumsuz bir duruma getirmesi sebebi ile yeni otopark yeri önerisi çalışması yapmışlardır. Bu çalışmada, CBS ortamında AHP yönteminin kullanılmasıyla, halka açık otopark alanlarının seçiminde turizm cazibe merkezi olması, yol ağlarına olan uzaklığı ve bölgenin arsa değeri kriterleri göz önüne alınarak kıyaslamalar yapılmıştır. İsfahan kenti bölgelere ayrılarak incelenmiş ve bu çalışmanın sonucunda İsfahan'ın 3. bölgesinin turizm merkezi olmasına rağmen otopark yönünden yeterli olmadığı ve burada otopark ihtiyacı olduğu tespit edilmiştir.

Saunier ve diğerleri [26], Kanada'nın Montreal şehrindeki park yeri analizi için bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntem, seyahat süreleri, seyahat türleri ve park yerleri için kullanıcı profillerini belirlemeye çalışmak için bir nesne-uzaklık (OD) matrisi kullanılmıştır. Bu çalışmada, otoparkların varlığı ve kapasiteleri bir arada değerlendirilmiştir.

Jelokhani Niaraki ve Malczewski [27], Tahran'daki park yeri seçimi konusunu ele almak için Web tabanlı bir CBS-MCDA prosedürü ve aracı sunmuştur. CBS ve Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yeteneklerinin web platformuna entegrasyonu ile paydaşlar ve diğer grupların yer seçim süreçlerine dahil edilmesi için çok kriterli bir Mekansal Karar Destek Sistemi (MKDS) sunmuştur. Bu çalışmada, bireysel tercihlere dayalı olarak verilen kararı modellemek için OWA tabanlı yöntem ve bireysel kararları birleştirmek için toplu karar kuralı olan Borda oylama yöntemi olmak üzere iki aşamalı bir karar kuralı prosedürü kullanılmıştır. Bu yöntem, farklı görüşlerden kaynaklanan çelişkili hedefleri ve çoğunluk tarafından kabul edilebilecek nihai yer seçimi sonucunu uyumlandırarak uygun yerlerin bulunmasına olanak tanımaktadır.

Iqbal [28], İstanbul'un Pendik ilçesi için otopark talebini belirlemek adına CBS üzerinden iki farklı yaklaşım önermiştir. İlk öneri ulaşım, parklanma ve yolculuk çekim merkezleri gibi parametrelerin analizini yaparak bir yaklaşım biçimi sunulmuştur. İkinci öneri ise konut alanları, iş yerleri, karma kullanımlar gibi farklı türlerde otopark taleplerinin hesabını yapılarak otopark arzı ile karşılaştırılmış ve sonrasında otopark alanları için uygun yer seçim analizleri yapılmıştır.

Öztürk ve Kılıç Gül [29], Samsun Atakum'daki park yeri seçimi için OWA yöntemi ve CBS'nin entegrasyonuna odaklanmışlardır. Karar stratejilerini elde etmek için ArcObjects/VBA üzerinden geliştirilen CBS ve OWA yöntemini ArcGIS 9.2 yazılımı kullanılarak entegre etmek için bir CBS-OWA aracı kullanmışlardır. Bu çalışmada, OWA yönteminin bir mekansal karar probleminin kullanımında neler sunduğunu göstermek amaçlanmıştır. CBS tabanlı OWA, bir kullanıcının farklı senaryolar hazırlamasına izin verdiği için, aynı zamanda problem çözümlerine yönelik esnek bir yaklaşım sunması sebebi ile mekansal karar verme problemleri üzerindeki çalışmalarda da sonuçlar elde edileceği düşünülmüştür.

Demir ve diğerleri [30], otopark yeri seçiminde çok ölçütlü mekansal karar destek sistemini ele almışlardır. Bu çalışma kapsamında, CBS ve karar verme teknikleri bir arada kullanılmıştır. Ulaşım ölçütleri, finans ölçütleri, arazi kullanım ölçütleri ele alınmış ve bu ölçütlerin arasındaki ilişki bulanık AHP yöntemi ile belirlenmiştir. Çalışma sonucunda tüm ölçütler dikkate alınarak çalışma alanı içerisindeki araç park yerine uygun alanların belirlenmesi test edilmiştir.

Literatürde otopark sorunlarını ele alan ve bu soruna farklı şekillerde çözüm arayan başka çalışmalar da bulunmaktadır. Fakat literatürde otopark doluluk oranlarını kriter olarak ele alan başka bir çalışma ile karşılaşılmemiştir. Bu çalışma kapsamında CBS ve AHP bir arada kullanılmıştır. CBS ve AHP kullanılarak ele alınan yer seçimi problemlerine ait diğer örnek çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Önüt ve diğerleri [31], İstanbul için bir alışveriş merkezi yeri seçim model önerisinde bulunmuşlardır. Artan nüfus ve genişleyen şehir merkezleri ile birlikte yeni alışveriş merkezleri ihtiyaçları ortaya çıkmıştır. Birçok nicel ve nitel kriter değerlendirilmiştir. Belirlenen kriterlerde belirsizlikler olması sebebiyle bulanık mantık yöntemi kullanılarak

probleme özgü bir çözüm elde edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada kriter ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla bulanık AHP kullanılmış ve en uygun alternatif yer kararı için ise Bulanık TOPSIS (Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi kullanılmıştır.

Razmi ve diğerleri [32], banka şubelerinin yer seçimi problemine çözüm getirmek amacıyla AHP-TOPSIS ve CBS yöntemlerini kullanmışlardır. Yapılan bu çalışmada yer seçimi için AHP yöntemi ile kullanılan kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş ve TOPSIS yöntemi ile de alternatif yerler karşılaştırılmıştır. Alternatif yerler içerisindeki en uygun tesis konumu da CBS yardımıyla belirlenmiştir. Önerilen model, Tahran'da belirlenen 20 bölge için denenmiştir. AHP ve TOPSIS yöntemlerinin bir arada kullanımı ile belirlenen 20 bölgeden 16 bölgenin uygun olduğu tespit edilmiştir. Bu belirlenen 16 bölge içerisinde tesis için uygun niteliklere sahip 63 adet nokta CBS yardımıyla seçilmiştir.

Lozano ve diğerleri [33], güneş enerjisinden beslenen elektrik santrali için çok kriterli bir karar destek sistemi önerisi sunmuşlardır. İspanya'nın Cartagena şehrinde yapılan bu çalışmada potansiyel güneş enerjisi alanları için belirlenen kriterlere ağırlık atama işlemi AHP yöntemi ile yapılmıştır. TOPSIS yöntemi ile de alternatif santrallerin karşılaştırılması ve derecelendirmesinde yapılmıştır.

Tzeng ve diğerleri [34], restoran yeri seçimi problemini ele almışlardır. Bu çalışmada, ulaşım, ekonomi, ticaret, rekabet ve çevre olmak üzere beş ana kriter belirlenmiştir. Ulaşım maliyeti, toplu taşıma kullanımındaki kolaylık, otopark kapasitesi, bölgenin yaya yoğunluğu, rakip firmaların sayısı, rekabet miktarı, ticari alanın büyüklüğü, kamu alanlarının varlığı, çöplerin toplanma kolaylığı, kanalizasyon kapasitesi ve kira maliyeti olmak üzere de onbir adet alt kriter ele alınmıştır. Belirlenen dört alternatif yerin değerlendirilmesinde ise AHP yöntemini kullanmışlardır.



3. MEKANSAL KARAR DESTEK SİSTEMLERİ

Toplumu ve kamuyu ilgilendiren problemlerin başında genellikle mekansal problemler yer almaktadır. Bu tür problemlerin ele alınması ve çözümlenmesinin öncelikli amacı toplumsal fayda sağlamaktır. Problem çözümü için kullanılacak verilerin toplanması, depolanması, işlenmesi, analiz edilmesi, görselleştirilmesi ve yayımlanması CBS fonksiyonları yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Ancak gerçek dünyada sınırlı kaynaklar olması sebebi ile sunulan bütün çözümler daima kabul görmeyebilir. En uygun çözüme çok fazla veri, çok sayıda analiz, birden çok katılımcı görüşü vb. ile ulaşılamayacağı da aşikardır. Bu durumda en uygun çözümü elde etmek için tamamlayıcı veri ve analizlere ihtiyaç duyulur. Bu şekilde karar verme aşamasında bir sonuca ulaşmanın yolu ise kullanılacak veriler ile bütünleştirebilen Mekansal Karar Destek Sistemleri (MKDS) ile mümkündür. Sadece kişisel bakış açıları veya sadece verileri kullanan bir sistemin gerçek dünyayı tam anlamıyla yansıtamayacağı açıktır. Bu sorun, sözü geçen iki durumun bir araya getirilerek MKDS ile çözüme kavuşabilir.

Karar genel bir ifade ile kişilerin yaşamlarının her anında karşı karşıya kaldığı alternatifler arasından yaptığı seçimlerdir. Bir problemin modelleme, çözümlenme ve analiz işlemlerinin bilgisayar programları aracılığıyla çözüme kavuşturulması da bilgisayar destekli karar verme olarak belirtilmektedir. Karar vericilerin gerekli bilgileri toplama ve problem özelinde gerekli uzman bilgisini modelleme dışında başka bir şeye ihtiyaç duymamaları bu programların en önemli avantajlarıdır. Ayrıca modellemenin büyüklüğü, karmaşıklığı ve değişkenliği göz önünde bulundurulduğunda geri dönüşlerin, düzenlemelerin ve değişikliklerin kolay yapılmasına imkan vermeleri de bu programların önemli özelliklerindedir [35].

Başka bir tanıma göre MKDS, mekansal karar verme problemlerinde bir veya daha fazla kullanıcının verdikleri kararlarda yüksek başarımlı sağlanmasının desteklenmesi amacıyla tasarlanmış bilgisayar destekli sistemlerdir [36].

Mekansal karar destek sistemleri, mekansal ve mekansal olmayan veri tabanlarını birleştirerek kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Diğer bir deyişle mekansal ve mekansal olmayan veri birarada kullanılabilir. Bu özelliği ile karmaşık ilişkilerin

gösterimi, mekansal analiz tekniklerinin kullanımı ve raporlanmasına olanak tanımaktadır. CBS, MKDS ve çok kriterli karmaşık kararların alınmasında etkili bir araçtır [37].

CBS'nin bu tür problemlerde etkin bir şekilde kullanılmasının nedenlerinden bazıları aşağıdaki gibi sıralanabilir [38];

- Bir CBS veritabanı geometrik ve anlamsal bilgileri bir arada tutar.
- CBS veri görüntüleme yeteneği sayesinde çözümlerin hızlı ve etkili bir şekilde test edilebilmesine olanak sağlar.
- CBS, doğru analizler yapılabilmesi amacı ile sonuçları etkileşimli olarak değiştirebilme ve güncelleyebilmeye olanak sağlar.
- CBS, sorgulama ve ölçüm yeteneklerine sahip bir araçtır.
- Bazı durumlarda analiz yapmak yalnızca CBS yazılımları ile mümkündür. Ancak birden fazla kriteri karşılayan en uygun çözümü bulmak için iki veya daha fazla sistemin birlikte çalışması gerekmektedir.

Coğrafi bir problemin karar sürecinde kararı etkileyen birçok faktör bulunabilir, bu da özellikle yer seçim problemlerinde birden fazla kararın ortaya çıkma ihtimalinin yaşanmasını olanak tanımaktadır. Birden fazla veri olduğunda CBS teknikleri ile veri yorumlama karmaşık bir hal almaktadır. Bu kapsamda, CBS ile ÇKKV teknikleri birlikte kullanıldığında probleme daha akılcı çözümler getirilebilmektedir.

Çok kriterli karar verme, eş zamanlı uygulanan birden fazla kriter içerisinde en iyi seçeneği seçmenizi sağlayan bir araçtır. Bir karar verme sürecinde en iyi şekilde yapılmış bir seçim, genellikle yönetim amaçları kapsamında kısıtlanmaktadır. Burada bahsedilen kısıtlamalar, hedeflerin başarılı bir şekilde tamamlanması ve seçilmesidir. Çok kriterli karar verme, olası alternatifleri tanımlayarak problemi tanımlayan, nitelikleri belirleyen, kriterleri ve değerlendirme kriterlerini belirleyen bir fayda fonksiyonunu kapsayan betimsel bir yaklaşımdır. Çok kriterli karar problemlerinde, karar vericiler kararlarını bir dizi kriter, karar değişkenlerine ve alternatiflere dayandırır. Çok kriterli karar verme teknikleri, bir dizi karar kriteri ve alternatifleri verildiğinde, en iyi seçeneği çeşitli yöntemlerle bulmaya çalışma teknikleridir. Çeşitli şekillerde sorunlar da ortaya çıkabilmektedir.

Örneğin, alternatifler veya standartlar için elde edilen veriler gerçek yaşamda olduğu kadar net ve açık bir şekilde tanımlanmayabilir. Birçok gerçek dünya probleminde, geçerli veriler nesnel ve doğru bir şekilde sayısallaştırılmaz. Karar problemleri genellikle çok seviyeli bir hiyerarşide yapılandırılır.

Çok kriterli karar verme, problem özelinde ve sınırlı sayıda bulunan seçeneklerin sıralanması, sınıflandırılması, önceliklendirilmesi, seçilmesi veya elenmesi amacıyla ağırlıklandırılarak değerlendirilmesi işlemidir. Ek olarak, birbirleri ile çelişen ve aynı ölçü birimini kullanmayan hatta nitel değerler alabilen, çok sayıda ölçüt ile yapılan değerlendirme işlemlerini kapsar [39].

Karar uzayı çok kriterli karar verme süreci için kesiklidir. Bununla birlikte, sonsuz alternatif bulunmakta ve ayrı matematiksel yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bu modeller, en iyi sonucu bulmaya odaklanmak yerine, çeşitli kriterlere göre en iyi karar alternatiflerinin sıralanması ve sıralanma sürecini tanımlamaktadır. Bu bağlamda, analitik hiyerarşi prosesi, ayrık seçim problemlerinden tercihleri toplamaya yönelik bir yaklaşımdır.

3.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Grupların ve bireylerin karar verme süreçlerindeki nitel ve nicel faktörleri birleştirmesine imkan veren, kolay anlaşılabilen bir yöntem bilimidir [40]. Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden olan Analitik Hiyerarşi Prosesi her problem için amaç, kriter, varsa alt kriter ve alternatiflerden oluşan bir hiyerarşi modeli kullanır. Anlaşılması güç, karmaşık veya yapılaşmamış problemler için genel bir yöntemdir ve bu yöntem üç esas üzerine kurulmuştur:

- Hiyerarşilerin kurulması,
- Üstünlüklerin tanımlanması,
- Mantıksal ve sayısal tutarlılık.

Hiyerarşideki tüm parçalar birbirleri ile etkileşim içindedir ve bir faktördeki değişikliğin diğer faktörleri nasıl etkilediği kolayca fark edilebilir. Bu yöntem karar vericilerin birçok veri türünü entegre etmesine, başarımlarındaki farklılıklarının uyumlandırılmasına ve farklı gözükten nesnelere karşılaştırılmasına olanak tanır [41]. Hiyerarşi, daha önceden

kazandığımız deneyimler veya kendi düşünce sistemimiz yardımıyla çevremizdeki karmaşık olayların kolaylıkla anlaşılması ve etki dağılımı ile beklenen karar ulaşılmasında güçlü bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Karar alma süreci izole edilmiş bir süreç değildir, birçok faktörden etkilenmektedir. Karar alma süreci birden fazla hiyerarşinin sahip olduğu etkileşim ağı olarak da adlandırılabilir [42].

Çok kriterli karar verme yaklaşımlarından biri olan AHP’de nitel faktörler önceliklendirilmiş öneme sahiptir. Alternatiflerin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesinde ise nitel ve nicel faktörleri bir arada kullanan bir yaklaşımdır. AHP, içinde buldukları hiyerarşik yapıda, çeşitli seviyelerde birbirinden bağımsız faktörlerin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır [43].

Analitik Hiyerarşi Prosesinde her problem için amaç, kriter, olası alt kriterler ve alternatiflerden oluşan bir sistem kullanılır. Bu yöntem komplike, anlaşılması güç veya yapılaşmamış sorunlar için uygun bir yöntemdir. Bu süreç hiyerarşilerin oluşturulması, üstünlüklerin belirlenmesi ve tutarlılıkların belirlenmesi olmak üzere üç temel prensip üzerine kurulmuştur [44].

3.1.1. Analitik hiyerarşi prosesinin avantajları ve dezavantajları

AHP yöntemi çoklu karar verme durumlarında kullanışlı bir yöntem olmasına rağmen bazı kısıtlılıkları da mevcuttur.

AHP’nin avantajları aşağıda verilmiştir [45]:

- Çok kapsamlı problemlere bile çözüm getirdiğinden esnek bir model oluşturma sağlar. Her çeşit problemde kullanılabilir.
- Kriter sayısından bağımsız olarak ikili karşılaştırmalar her şartta yapılabilir.
- Çok karmaşık görülen problemleri sadeleştirerek basit problemler haline getirir.
- Nitel ve nicel kriterleri bir arada değerlendirme imkanı sağlar.
- Kullanımı kolay ve temel hesaplama araçları ile çözüme ulaşılır.
- Grup kararlarında kullanmaya uygundur.
- Grup içerisindeki farklı görüşler hesaba katılır.

- Tutarlılık analizi ile sonuçlara duyulan güven desteklenir.
- Uzmanın görüşlerini yansıtmaya becerisine bağlı olarak elde edilen başarı oranı değişir. Ölçülmesi mümkün olmayan etmen ve hedeflerin de hesaba katılabilmesini sağlayarak, sadece ölçülebilen değerlerle sınırlı kalmadan ikili karşılaştırmalarla daha çok bilgiye ulaştırır.

AHP'nin dezavantajları aşağıda verilmiştir [45]:

- AHP ile bulunan sonuçlara hiçbir zaman en doğru karardır denilemez. Ya en iyiye yakını ya da daha iyi sonucu bulmayı sağlamaktadır. Süreç karar verici uzmanların fikirlerine göre ilerlediğinden doğru sonuç olarak karşılaştırılabilecek bir referans yoktur.
- Model kurulurken etmenlere her aşamada uygun bir şekilde yer verilememesi, sonuçların doğrulanamaması neticenin mantıksal olarak onaylanabileceği noktadan uzaklaşmasına neden olabilir. Karşılaştırma yapılırken detaylı ve tüm verilerle işlem yapılırsa doğruya en yakın sonuç elde edilir.
- Kriter sayısı arttıkça işlemler de artar. Model oluşturmak için harcanan vakit ve çaba daha da artar.
- Modele sonradan ekleme ya da modelden çıkarma yapmak tüm işlemlerin yenilenmesine neden olabilir. Bu değişiklik kriter ağırlıklarını değiştirebileceği gibi seçeneklerin değişmesine de neden olur.

3.1.2. Analitik hiyerarşi prosesinin aksiyomları ve teoremleri

1. Terslik Aksiyomu: İkili karşılaştırmalar sırasında kriterlere göre alternatifler veya kriterleri birbirine göre değerlendirilmesinde, i. kriter veya alternatifi j'ye göre x kat üstün oluyorsa, j. kriter veya alternatifi i'ye göre $\frac{1}{x}$ kat daha üstün olarak bulunmalıdır. (Eş. 1.1 ve Eş. 1.2). Terslik aksiyomunun uygulanmaması, değerlendirilen sorunun veya ikili karşılaştırmaların yeterince açık olmadığını veya doğru bir şekilde belirtilmediğini ifade eder [46].

$$a_{ij} = x \text{ (A matrisindeki } \forall i \text{ ve } j \text{ için) ise,} \quad (3.1)$$

$$a_{ji} = \frac{1}{x} \text{ (x } \neq 0) \quad (3.2)$$

2. Homojenlik Aksiyomu: Farklı elemanların özellikleri sebebiyle birbiriyle karşılaştırılması çok zordur. Bu sebeple anlamlı karşılaştırmalar uygulayabilmek için homojenlik aksiyomu önemlidir. Karşılaştırma yapılan elemanlar birbirlerine göre sonsuz kez önemli olamaz ($\neq \infty$). Bu nedenle AHP’de 1-9 aralığında belirlenmiş bir ölçek kullanılmaktadır. Bu sebeple tercihler $\frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}, \dots, 7, 8, 9$ aralığında değerlerdir. Ayrıca elemanlar arasındaki farklılık büyüdükçe ya elemanlar karşılaştırılabilecek şekilde bir araya getirilmeli ya da hepsi farklı seviyede ele alınmalıdır [47].
3. Beklentiler (Expectations) Aksiyomu: Oluşturulan hiyerarşide tüm kriterler ve alternatifler yer aldığı zaman beklentilere cevap verilebilir. Başka bir deyişle göz önünde bulundurulan kriterler problemin amacına yönelik olmalıdır [46].
4. Bağımsızlık (Independence) Aksiyomu: Karşılaştırılan seçenekler ve kriterler birbirinden bağımsız olarak değerlendirilir [48].

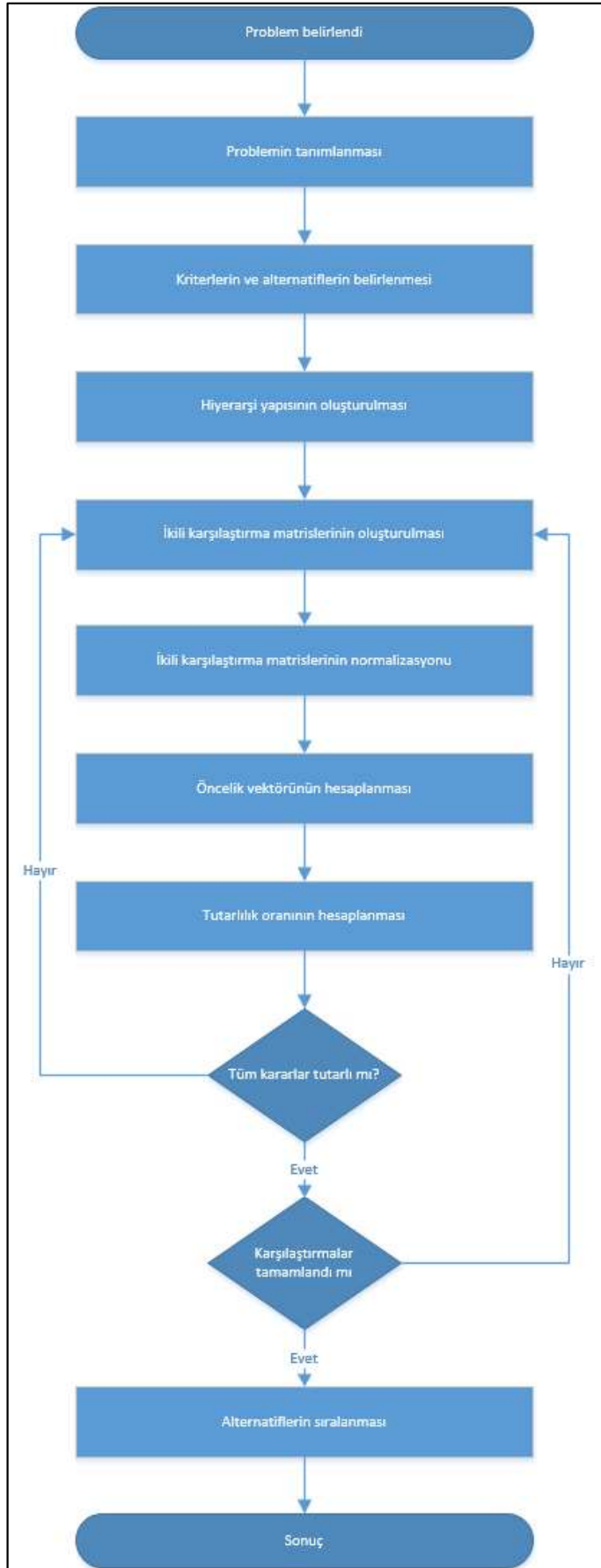
3.1.3. AHP yönteminde izlenecek adımlar

Thomas Saaty tarafından geliştirilen AHP yöntemi, Çok Kriterli Karar Verme problemlerinin çözümü için kullanılan bir yöntemdir [49].

AHP yöntemi uygulanırken öncelikli olarak problemin amacı net bir şekilde belirlenmektedir. Daha sonra amacı etkileyen tüm kriterler ve varsa bu kriterlerin alt kriterleri belirlenmektedir. Kriterler belirlenirken uzman görüşlerine ve anket çalışmalarına başvurulabilmektedir [50]. AHP yönteminde, problem hiyerarşiyi takip edecek şekilde ele alınmaktadır. Problemin amacı, kriterleri ve alternatifleri sırasıyla bu hiyerarşik yapıyı oluşturmaktadır [51]. Oluşturulan bu hiyerarşik yapı ile birlikte karmaşık problemlerin anlaşılabilirliği artırılmaktadır [49].

AHP yöntemi ile karar vericilerin bilgi ve tecrübeleri ölçülebilir hale getirilmektedir [52]. AHP yöntemi kolay anlaşılır ve basitçe uygulanabilir olduğu için karar verme aşamasında bu sürenin kısalmasına olanak sağlayabilmektedir [51].

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)’nin iş akışı Şekil 3.1.’de gösterilmektedir.



Şekil 3.1. AHP iş akışı

Problemin tanımlanması

AHP yönteminin ilk aşamasını problemin tanımlanması oluşturmaktadır. Problem belirlendikten sonra bu problemin doğru ve net bir şekilde tanımlanması yapılmalıdır. Tanımlanan probleme göre uygun kriterler seçilmektedir. Doğru kriterlerin belirlenmesi ve sürecin doğru ilerlemesi için de ilk olarak problemin doğru bir şekilde tanımlanması önemlidir [53].

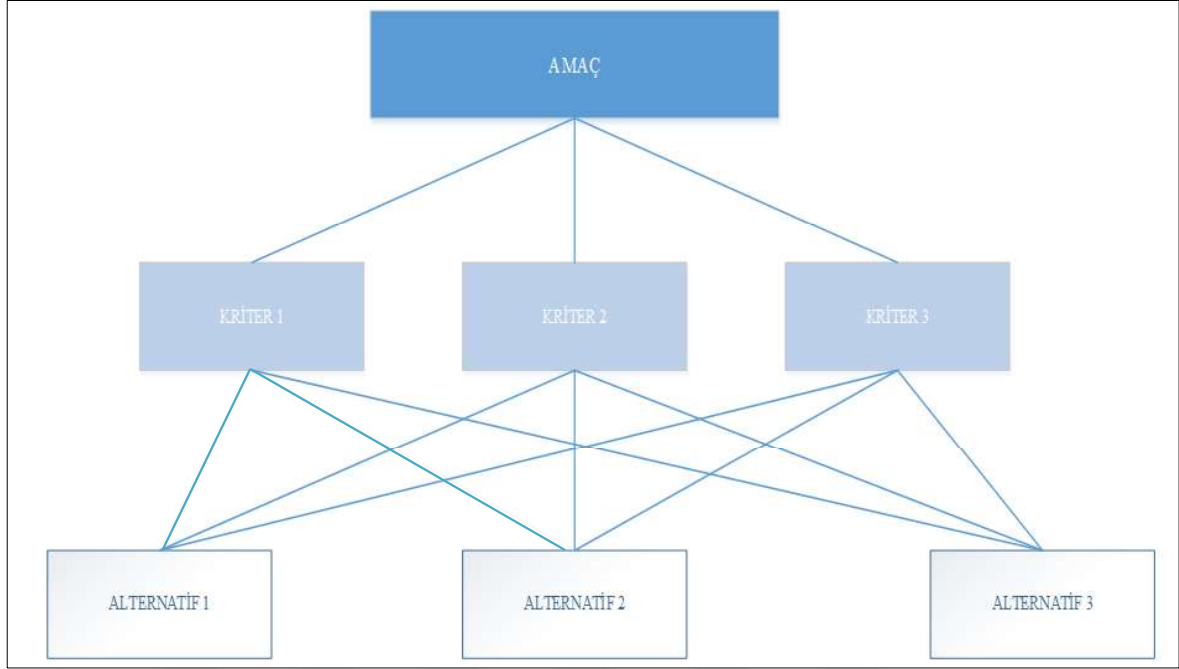
Kriterlerin ve alternatiflerin belirlenmesi

Problem doğru bir şekilde tanımlandıktan sonra çözüm kriterleri ve alternatifleri belirlenmelidir. Bu aşamada problemin doğru şekilde çözüme ulaştırılabilmesi için kriterlerin ve alternatiflerin tam ve eksiksiz bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir [53].

Hiyerarşi yapısının oluşturulması

Probleme ilişkin olarak oluşturulan AHP yönteminde yer alan hiyerarşi yapısının en üst katmanında problemin amacı yer almaktadır. Hiyerarşi yapısının ikinci katmanında ise problemin çözümüne etki eden kriterler yer almaktadır. Hiyerarşi yapısının en alt katmanında ise alternatifler yer almaktadır. AHP yöntemi için oluşturulan hiyerarşik yapı, problemin sonucunu önemli derecede etkilediğinden önem arz etmektedir [54].

Şekil 3.2.'de üç seviyeli AHP hiyerarşi yapısına ait bir örnek yer almaktadır. Bu örnekte üç kriter ve üç alternatifin hiyerarşik yapısı gösterilmektedir.



Şekil 3.2.Üç seviyeli AHP hiyerarşik yapısı

İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması

İkili karşılaştırma matrisi hiyerarşinin her seviyesi için oluşturulmaktadır. Bu matris ile hiyerarşik bir yapıda bulunan tüm faktörlerin birbirlerine göre nispi önemleri belirlenmiş olmaktadır [55]. Bu aşamadaki amaç ise kriterlerin, alt kriterlerin ya da alternatiflerin kendi düzeylerine uygun olarak karşılaştırılmalarıdır. İkili karşılaştırma işlemi gerçekleştirilirken Çizelge 3.1.'de belirtilen ölçekten faydalanılmaktadır [53].

Çizelge 3.1. İkili karşılaştırmalarda kullanılan ölçek

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Derece Önem	İki faktör aynı öneme sahiptir.
3	Orta Derece Önem	Bir faktör diğerine göre biraz daha önemlidir.
5	Kuvvetli Derece Önem	Bir faktör diğerine göre kuvvetli derecede daha önemlidir.
7	Çok Kuvvetli Derece Önem	Bir faktör diğerine göre yüksek daha fazla önemlidir.
9	Mutlak Derece Önem	Bir faktör diğerine göre çok yüksek derecede önemlidir.
2,4,6,8	Ara Değerler	İki faktör arasında bir tercih yapılacağında yukarıda yer alan önem derecelerinin arasında yer alan değerler.

Yukarıda verilen ölçek yardımıyla i kriterinin j kriterine göre önem düzeyi belirlenmektedir. İkili karşılaştırma matrisine ait bir örnek aşağıda gösterilmektedir [49]. İkili karşılaştırma matrisinde bulunan köşegen değerleri de $i=j$ eşitliği ile gösterilmektedir. Bu sebeple köşegen değerleri her zaman 1 değerini almaktadır [55].

$$A = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ a_{1n} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Karşılaştırma matrisinin ilk satırı karar vericiler tarafından doldurulmaktadır ve alt kısmı ise aşağıda belirtilen Eş. 3.1.'in uygulanmasıyla elde edilmektedir [49].

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad (3.3)$$

İkili karşılaştırma matrislerinin normalizasyonu

Oluşturulan ikili karşılaştırma matrisinin sütunlarındaki elemanlar toplanır ve matrisin her üyesi bulunduğu sütunun toplamına bölünür. Bu işlemlerin sırasıyla gerçekleştirilmesi neticesinde normalizasyon işlemi tamamlanmış olmaktadır. Eş.3.2'de belirtilen formüle göre belirlenen normalizasyon değerleri de normalizasyon matrisine yazılır [54].

$$C_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (3.4)$$

Öncelik vektörünün hesaplanması

Normalize edilmiş matrisin tüm satırları toplanır ve satırda bulunan eleman sayısı değerine bölünür. Bu şekilde tek sütunlu bir öncelik vektörü elde edilir [54]. Ardarda gerçekleştirilen bu işlemler ile kriterlerin ve alternatiflerin kendi aralarındaki önem dereceleri tespit edilmiştir [56]. Bu işlemler dizisinde dikkat edilmesi gereken bir konu da normalize matrisin her bir sütununun toplamının 1 olduğunun teyit edilmesidir [54]. Bu sebeple her sütun kendi içinde toplanır ve her sütun için toplamın bire eşit olması durumu teyit edilir. Öncelik vektörü W ile gösterilmektedir ve bu vektör Eş. 3.3.'te belirtilen formül ile hesaplanmaktadır [55].

$$w_i = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{j=1}^n c_{ij} \quad (3.5)$$

Tutarlılık oranının hesaplanması

İkili karşılaştırma matrisinin de kendi içinde bir istikrarının olup olmadığını denetlemek gerekmektedir, bu istikrar ise tutarlılık oranı olarak adlandırılmaktadır. Tutarlılık oranını hesaplayabilmek için öncelikle tutarlılık indeksini hesaplamak gerekmektedir. Tutarlılık indeksi CI ile ifade edilir ve hesaplanması için aşağıda yer alan formül kullanılmaktadır [54].

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (3.6)$$

CI değerini elde etmek için öncelikle λ_{max} değerini hesaplamak gerekmektedir. λ_{max} değerini hesaplayabilmek için de ilk olarak oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi ve öncelik vektörünün çarpılma işleminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu işlem neticesinde ağırlıklı toplam vektörü elde edilmiş olmaktadır [53].

$$A \cdot W = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \dots & \dots & \vdots \\ a_{1n} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

Ağırlıklı toplam vektörü ve öncelik vektörünün birbirine denk gelen matris elemanları arasında bölme işlemi gerçekleştirilir. Bu işlem ile de d_i değeri elde edilmiş olmaktadır [54].

$$d_i = \frac{x_i}{w_i} \quad (3.8)$$

Ardından elde edilen değerlerin ortalaması hesaplanarak λ_{max} değeri bulunmaktadır [54].

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (3.9)$$

Tutarlılık oranı CR ile ifade edilmektedir ve bu oranın hesaplanabilmesi için tutarlılık indeksinin rastgele indeksi tablosunda (RI) bulunan değerine bölünmesi gerekmektedir [49]. Buna göre, tutarlılık indeksinin rastgele tablosundaki denk gelen değerine bölme işlemi gerçekleştirilir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.10)$$

Matrisin boyutuna bağılı olarak RI değeri de değişiklik göstermektedir. İlgili RI değeri tablosu Çizelge 3.2’de yer almaktadır [49].

Çizelge 3.2. Karşılaştırma matrislerinin boyutlarına göre RI değeri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48

Tutarlı olmak, rasyonel bakış açısının önemli bir ön koşulu olarak görülmektedir. Saaty tarafından önerilen tutarlılık oranı için üst limit 0,1 olarak belirlenmiştir. Buna göre, yapılan tüm işlemlerin neticesinde elde edilen tutarlılık oranı değeri 0,1’den küçük veya eşit olması beklenmektedir. Yapılan hesaplamalar sonucunda tutarlılık oranının 0,1’den büyük olması durumunda karşılaştırma matrisinin tutarsız olduğu tespit edilmektedir. Tutarsız olduğu tespit edilen ikili karşılaştırma matrisinin ise tekrar gözden geçirilmesi ve yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir [54].

Alternatiflerin ikili karşılaştırılması

Alternatiflerin tüm kriterlere göre önemini belirlemek için hiyerarşik yapı korunarak ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Ardından, kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi aşamasına benzer şekilde alternatiflerin öncelik vektörü hesaplanır [54]. Bu işlemler için ilk olarak oluşturulan ikili karşılaştırma matrisinin sütun toplamalarının hesaplanması gerekir. Daha sonra her eleman hesaplanan sütun toplamı değerine bölünür ve böylece normalizasyon işlemi gerçekleştirilir. Normalize edilen matrisin her satırının ortalaması alınır. Bu işlemler neticesinde elde edilen vektör alternatiflerin öncelik vektörüdür [49].

Alternatiflerin sıralanması

Alternatiflerin kendi içinde sıralanması aşamasında, kriterlerin öncelik vektörü ve kriter ile ilişkilendirilen alternatiflerin öncelik değeri çarpılmaktadır [49]. Bu işlem neticesinde her alternatifin ağırlıklı değeri elde edilmiş olmaktadır. Tüm alternatifler hesaplanan ağırlıklı değerlerne göre toplanır ve alternatifler için bir sıralama değeri elde edilir. Sıralama değeri de en uygun seçeneği ortaya çıkarmaktadır [54].

3.2. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)

Yanlış yer seçimleri ciddi problemleri peşinde getirmektedir, bu da otoritelerin ve ülkelerin ciddi sorunlar ile karşı karşıya kalmasına neden olmaktadır. Buna ek olarak her an değişiklik gösterebilecek bir ortam, yüksek riskli durumlar, daha karmaşık insan etkilerinin varlığı ve karar vericilerin belirsizliği de karar verme sürecinde oldukça önemli sorunları beraberinde getirebilmektedir. Bu nedenle bu araştırmada yer seçimi için alternatifler sunan bir karar destek sistemi olarak kullanılan CBS dikkat çekmekte, ayrıca bu yöntem karar verme aşamasında oldukça yetkin ve etkili bir sistem olarak kabul edilmektedir.

CBS, konum ile ilgili çalışmalar kapsamında yerküreye ait sözel ve sayısal verilerin; toplanması, analizi ve depolanmasına olanak tanıyan bir bilgi sistemidir. Yerküreye ait bilgiler birbiriyle ilişkilendirilen tematik harita katmanları olarak kabul edilerek saklanır. CBS, günümüzde birçok sorunun çözümü için karar vericilere yol göstermek adına kullanılmaktadır. CBS fiziksel dünyaya ait veriyi depolayan, dönüştüren, analiz eden, gösteren ve mekânsal veriyi karar destek sistemine dahil eden araçların tamamı olarak tanımlanabilir [57].

En genel kapsamda CBS yazılım, veri, insan ve kullanıldığı organizasyondan oluşmaktadır. CBS'nin temel işlevlerini destekleyen fonksiyonel birkaç bileşeni bulunmaktadır. Bu bileşenlerden herhangi biri eksikse bu sistem, coğrafi sistemi olarak adlandırılmamaktadır. CBS'de tanımlanan girdilerin bir akışa dayalı olarak sıralaması oluşturulur. Bu sıralama beş ardışık süreçten oluşur; veri toplama, veri depolama, veri sorgulama, değerlendirme, görüntüleme ve çıktı [58].

3.2.1. CBS temel işlevleri

CBS, coğrafi verinin tanımlanabilmesi ve görsel olarak kullanıcılara gösterilebilmesi amacıyla analiz edilmesi ve istenilen sonuca coğrafi yöntemler aracılığıyla ulaşılmasıdır. CBS'nin ana amacı karar verme işlemlerinin karmaşıklığını azaltarak bu süreci kolay hale getirmek ve karar verme sürecini mümkün olduğunca kısaltmaktır. CBS'nin veri toplama, saklama, sorgulama, değerlendirme ve görüntüleme temel işlevleridir. CBS'nin temelini oluşturan bu işlevler aşağıda anlatılmaktadır.

Veri toplama

Coğrafi bilgi ve veriler toplandıktan sonra dijital formata dönüştürülmeleri gerekmektedir. Haritalardan ve kağıt ortamından elde edilen bilgi ve verinin bilgisayar ortamına aktarılması işlemi sayısallaştırma olarak da tanımlanmaktadır. Yüksek hacimli projelerde otomatik araç tarama teknikleri kullanılır, küçük projelerde ise manuel veya el yardımıyla sayısallaştırma yapılmaktadır. CBS'nin öneminin anlaşılmasıyla günümüzde birçok veri CBS formatına uygun olacak şekilde hazırlanmıştır.

Veri saklama

Coğrafi bilgi sisteminde yeryüzüne ait bilgiler vektör veri ve raster veri formatlarında birbirlerinden izole edilmiş farklı katmanlar halinde depolanırlar [59]. CBS bu iki formatı da coğrafi analiz ve sorgulamalar için etkin bir şekilde kullanır.

Raster veriler, vektör verilere göre daha fazla veri depolama kapasitesine sahiptirler. Raster verilerin hassasiyeti piksel büyüklüğüne bağlı olduğu için bu veriler ile yapılan çalışmalarda özellikle hassas projelerde önemli bilgi kayıpları meydana gelmektedir [59]. Vektör veri formatında, grafiksel nesnelere ayırt etmeye yarayan öznelik bilgilerine ulaşma ve bu bilgileri güncellemek daha kolay ve basittir [58].

Veri sorgulama

Grafik ve grafik olmayan bilgiler birbirleriyle entegre bir şekilde bir CBS yazılımı aracılığıyla kolayca sorgulanabilir. Bu şekilde grafiksel verilerden sözel verilere ve sözel bilgilerden de konumsal verilere hızlı bir şekilde erişilebilir [59].

Değerlendirme

CBS'de depolanan bilgiler üzerinde konuma dayalı kararlar alabilmek ve analizler yapabilmek için coğrafi verinin görünümlenebilmesi, sorgulanabilmesi ve sonuçların ortaya konulabilmesi CBS'nin bu yeteneklere sahip olması ile mümkün olmaktadır. Mekansal analiz süreçlerinde yeni bilgi setleri oluşturulabilmesi için mevcut girdilerden faydalanılmaktadır [59].

Görüntüleme ve çıktı

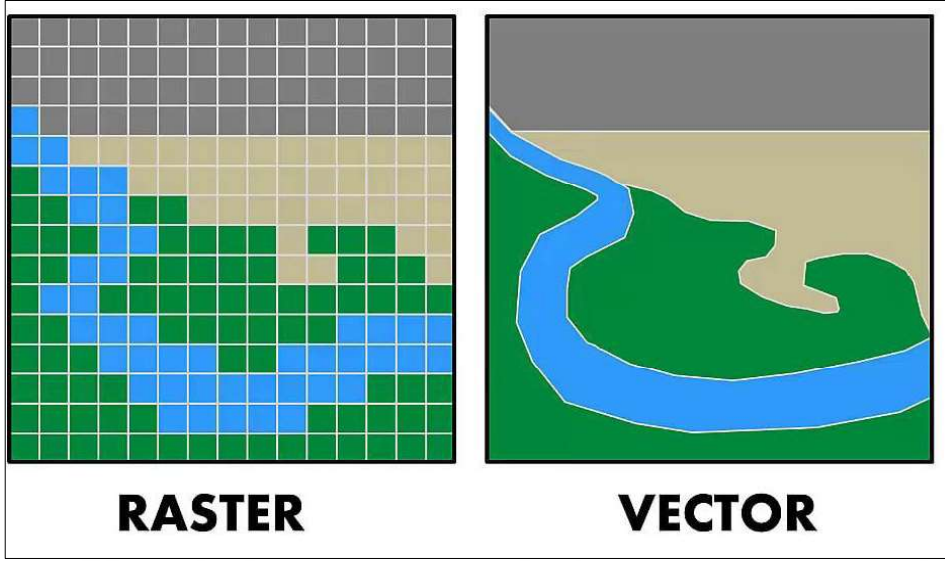
Sistemde bulunan vektör veriler, veri tabanında saklanan bilgilere göre sınıflandırılır ve çeşitli özellikleri ile ilişkilendirilerek görüntülenebilir. CBS’de bulunan çizgi türü seçme, tarama, renklendirme ve grafik sembolleri atama yetenekleri sayesinde vektör bilgiler ilgili yönetmeliklere uyumlu hale getirilebilmektedir. Bu sayede harita görüntüleme işlemleri hızlı bir şekilde gerçekleştirilir. CBS’de vektör verileri görüntülemek için çeşitli format ve özellikler kullanılmaktadır. Bu format ve özellikler, kurallara uygun bir şekilde tematik haritalama, kadastral, standart topografik ve özel amaçlı harita oluşturmayı esnek ve hızlı bir şekilde ortaya koymayı mümkün kılmaktadır [59].

Veri modelleme, gerçek dünya verilerini işleme ve bu verilerin düzenlenmesi ile amacına uygun sayısal veri kümelerine dönüştürülme işlemi olarak tanımlanır. Raster ve vektör veri modeller CBS’de konumsal veri organizasyonu için en çok tercih edilen modellerdir [60, 61].

Vektör Veri Modeli: Vektör veri modeli, gerçek dünyaya ait konum bilgilerinin çizgi, nokta ve poligon özellikler kullanılarak modellenmesidir. Yol, parsel ve sınır gibi karmaşık konumsal niteliklerin gösteriminde vektör veriler daha doğru sonuç vermektedirler [62]. Nesnelere tanımlamak için enlem-boylam bilgisi yani koordinat sistemi ile aynı zamanda öznitelik bilgileri vektör veri modelleri oluşturulurken kullanılmaktadır.

Raster Veri Modeli: Konum bilgilerini matris ya da grid ağını oluşturan hücre (pixel) yapısıyla sunarlar. Bir raster yapısındaki haritanın tamamı veya bir kısmı, yatay ve dikey konumlardaki satır ve sütunlardan oluşan piksel matrisi tarafından tanımlanır, bu tür temsiller grid modelleri olarak da bilinmektedir. Genel olarak, raster verileri iki gruba ayrılır. Bunlar; tematik veriler ve görüntü verileri. Tematik raster verilerindeki değerler genellikle ölçülen bazı miktarları ifade eder veya yükseklik veya nüfus gibi belirli nesnelere sınıflandırmasını temsil eder. Görüntü verilerindeki değerler ise uydu görüntülerinde ve taranmış görüntülerde olduğu gibi 0-255 renk aralığında yayılan veya yansıyan enerji miktarını gösterir [63].

Raster ve Vektör veri modeli en çok tercih edilen veri modelidir. Şekil.3.3.’de raster ve vektör veri gösterimine ait bir örnek verilmiştir.

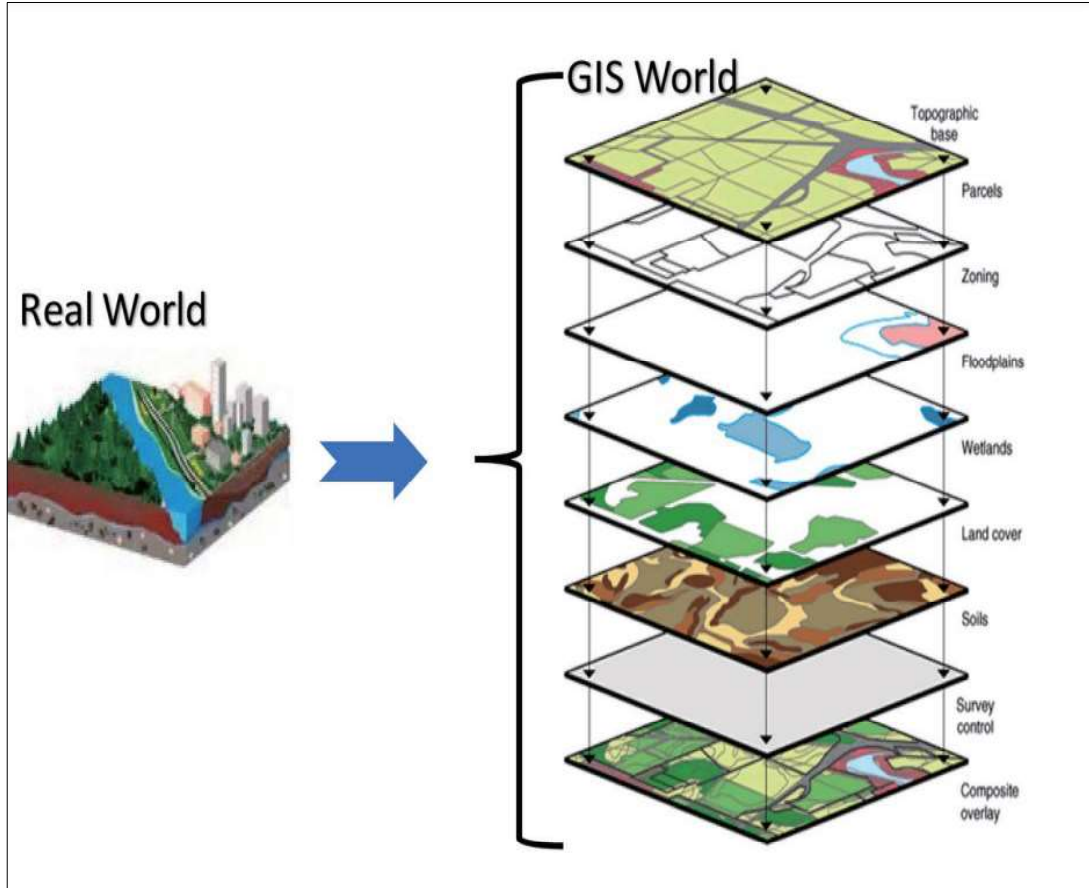


Şekil 3.3. Raster ve vektör gösterimi

Arazi etüdü, GPS, uydu görüntüleri ve vektör/raster yapıdaki Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) verileri gibi günümüzün gelişmiş coğrafi bilgi teknolojileri, CBS ortamının veri setlerine entegre edilebilmektedir. Başka bir deyişle, CBS farklı kaynaklardan gelen coğrafi ve coğrafi olmayan verileri farklı ölçeklerde ele alabilmektedir. Örneğin, ulaşım ağlarının konumları, rekreasyon alanlarının ve idari bölgelerin konumu verileri yerel haritalardan elde edilebilmekte ve arazi kullanım verilerinin bölgesel dağılımı uydu görüntülerinden elde edilebilmektedir [28].

Veriler bir bilgi katmanı olarak CBS ortamında saklanmakta ve sunulmaktadır. Bu ayrı katmanlar, birkaç bilgi katmanından gelen verilerin birleştirilmesi için koordinat sistemleri aracılığıyla bağlanır.

Şekil 3.4., gerçek dünyadaki konumları yansıtan CBS'deki bilgi katmanlarını göstermektedir. Her katman belirli bir alandaki tek bir meseleyi sunar [64].



Şekil 3.4. CBS katman bilgileri

En basit haliyle, CBS; yerküreye ait her türlü veriyi toplayarak bu verilerin mekân bilgileri ile ilişkilerini kurularak bilgisayar ortamına aktarılmasını sağlar. Ayrıca, elde edilen verilerin sınıflandırılması, karşılaştırılması, değerlendirilmesi, analiz edilmesi, güncellenmesi, saklanması ve talep edilen formatta (örneğin; harita, grafik, tablo vb.) görsel olarak sunulması işlemlerini kapsamaktadır. CBS tüm verileri yeryüzünde ait oldukları konuma bağlı olarak depolar ve bu sayede konumsal veya konumsal olmayan analizler yapılabilmesine olanak sağlar. CBS'nin bahsedilen bu fonksiyonu da diğer veri tabanı sistemlerinden ayrışmasını sağlayan en temel özelliği olarak ifade edilir [65]. CBS günümüzde popüler ve talep gören bir uygulama olması sebebi ile her geçen gün yeni özellikler eklenerek kullanıcılarına birçok avantaj sunmaktadır. CBS'nin bazı avantajlarına aşağıda değinilmiştir.

- İşgücü ve zaman tasarrufu sağlayarak maliyetleri en azlamak,
- Geniş bölgeler ve alanlar ile çalışmaya olanak sağlamak,
- Mekansal kararlar kapsamında en uygun kararların alınmasına destek sunmak,

- Büyük boyuttaki veriyi depolama ve bu verinin analizler için kullanımını sağlamak,
- Verilerin kolay bir şekilde güncellenmesine olanak sağlamak ve en güncel haline istinaden değerlendirmelerinin yapılmasına ve raporların alınmasına imkân sağlamaktır [66].

3.2.2. Coğrafi analiz teknikleri

Coğrafi analiz, veriler aracılığıyla bilginin çıkarılması ve yorumlanması ile yapılır. Coğrafi analiz araçları, konumsal verileri analiz etmek ve gereksinimlere uygun adımları analiz etmek için araçlar sunmaktadır. Matematiksel modeller, farklı algoritmalarla çözüm yolu aramak için kullanılmaktadır.

Coğrafi analiz araçları, birçok bilgiyi içeren bir harita seti elde etmek ve yeni bilgiler türetebilmek için çeşitli coğrafi işlemleri uygulayamaya imkan vermektedir, bu da CBS'nin önemli bir faydası olarak ortaya çıkmaktadır. Konuma dayalı kararlar verebilmek için CBS'de depolanan coğrafi veriyi sorgulamak, görüntülemek ve analiz etmek mümkün olmaktadır. Coğrafi analiz araçları ile açmak istediğiniz işletme için en karlı yeri belirleme, göllerin veya akarsuların kirlilikleri, istenilen bölgelerin yoğunluğu gibi belirli sorulara cevap bulunabilir.

Analizler sırasında coğrafi olayların daha net görülebilmesi için veriler noktalar, çizgiler ve çokgenler ile ifade edilmektedir. Deprem, salgın hastalık gibi durumların merkez üssü, elektrik direkleri, okulların yeri, hastanelerin yeri vb. noktalarla ifade edilir. Yollar, akarsular, elektrik hatları vb. çizgilerle ifade edilir aynı zamanda bölgelerin sınırları da çizgi ile ifade edilebilir. Parsel alanı, sağlık bölgeleri, orman alanı, bitki örtüsü ve arazi gibi alanlar ise çokgen ile ifade edilir.

CBS veritabanına kaydedilen verilerle konuma dayalı kararlar verebilmek adına mekansal analizler gerçekleştirilmektedir. Mekansal analizler için hücre bazlı raster verilerin üretilmesi, sorgulanması, görüntülenmesi ve çeşitli analizleri gerçekleştirilmektedir. Çıkarım analizleri, karşılaştırma analizleri, yoğunluk analizleri, mesafe analizleri, yüzey analizleri ve yeniden sınıflandırma analizleri mekânsal analiz için kullanılan araçlardır [67]. CBS yazılımları bu tür analizleri yapabilmek için özelleştirilmiştir ve kullanıcılarına kolaylıklar sunmaktadır. Bu analiz araçlarına ait özet bilgiler aşağıda yer almaktadır.

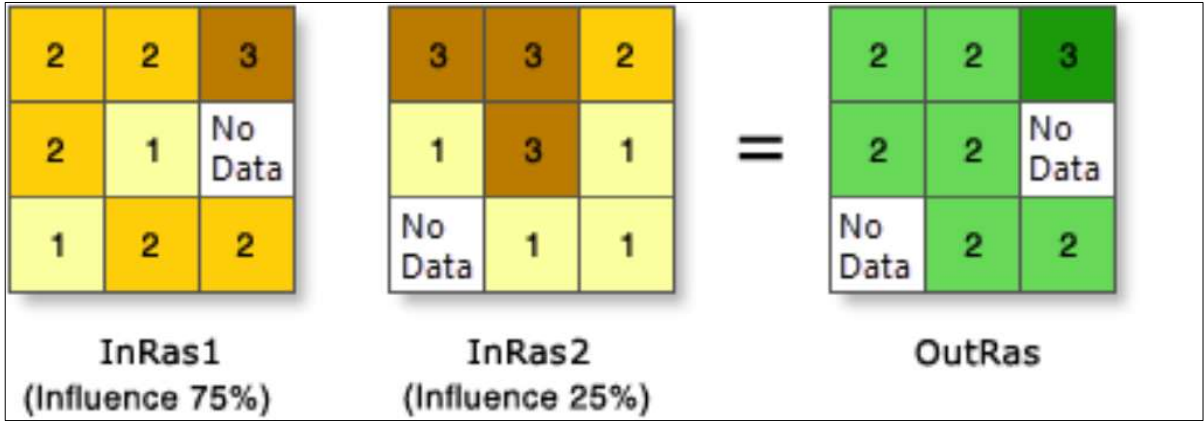
Çıkarım analizleri (extraction)

Çıkarım özelliği, hücrenin tanımlanan nitelikleri, şekli veya mekansal konumlarına göre hücrelerin bir kısmının göz ardı edilmesi için kullanılır [67]. Hücrenin niteliğine göre çıkarım, şekline göre çıkarım, tanımlanan konumuna göre çıkarım olmak üzere gerçekleştirilebilir.

Çakıştırma (overlay)

Bir yerin planlaması veya yer seçiminin yapılması sırasında birçok verinin eş zamanlı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Değerlendirilecek veri miktarının artması, insanın yargı yeteneğiyle doğru çıkarım yapabilme olasılığını da azalmaktadır. Bazı durumlarda, bazı katmanlara ait etki faktörleri diğer katmanların etki faktörlerine göre daha fazla olabilmektedir. Bu sebeple, birden fazla veri eş zamanlı olarak değerlendirilmek istendiğinde ve bunların etki faktörlerinin eşit olmadığı durumlarda ağırlıklı çakıştırma yöntemi kullanılabilir [67]. CBS'nin çakıştırma özelliği aynı zamanda planlama çalışmalarını kolaylaştırmak için de kullanılmaktadır.

Ağırlıklı çakıştırma yöntemi, hem farklı değerlerde hem de farklı birimlerde ifade edilen girdileri aynı ortamda değerlendirerek bütünleşmiş bir analiz yapmayı amaçlamaktadır. Bu yöntem, her bir kritere verilen ağırlık değerlerinin çakıştırılması ile gerçekleştirilir. Şekil 3.5.'de ağırlıklı çakıştırma yöntemine ait bir örnek sunulmaktadır. Mekânsal problemlerin çözümü için bazen birbirinden farklı birçok faktörün analiz edilmesi gerekir. Başka bir anlatımla bazı katmanlara ait etki faktörlerinin diğerlerininkinden daha fazla olduğu durumlar ortaya çıkabilir. Bu durumla karşılaşıldığında ağırlıklı çakıştırma yönteminin tercih edilmesi daha doğru sonuçlar ortaya koyar [67].

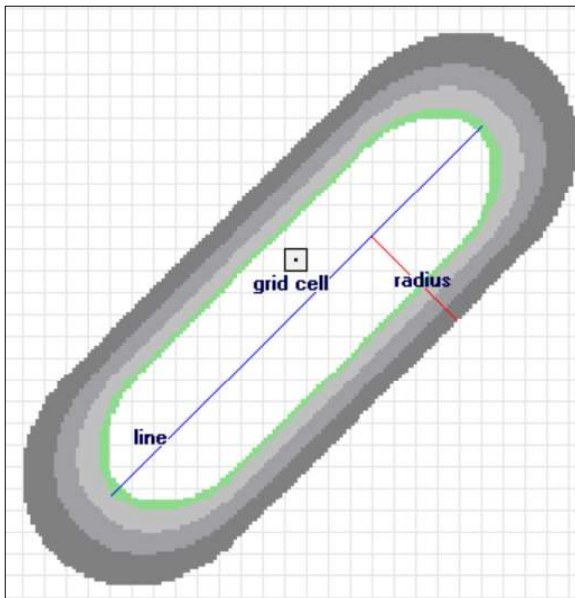


Şekil 3.5. Ağırlıklı çakıştırma yöntemi

Yoğunluk (Density) analizleri

Yoğunluk analizi, önceden bilinen değerleri baz alarak bir alan ile değeri arasında mekansal ilişki kuran analiz yöntemi olarak bilinmektedir. Başka bir deyişle, nokta veya çizgi verisinin bir alanda toplandığı yerler olarak tanımlanır. Sayılabilen nesnelerin atanmış öznitelikleri üzerinde yoğunluk analizleri uygulanabilmektedir [67]. Yoğunluk analizinin noktasal basit yoğunluk analizi, çizgisel basit yoğunluk analizi, noktasal kernel yoğunluk analizi, çizgisel kernel yoğunluk analizi gibi metotları bulunmaktadır.

Şekil 3.6.'da çizgisel kernel yoğunluk analizi için bir örnek gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Kernel yoğunluk analizi

Mesafe analizleri

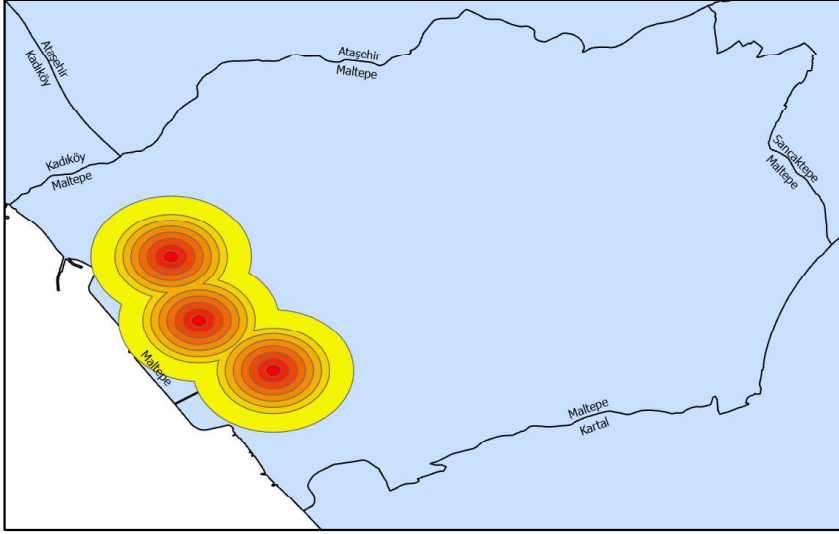
Birçok tipteki raster veri setleri kullanılarak uzaklık, mesafe analizleri yapılabilir. Mesafe analizlerinin dört çeşidi bulunmaktadır. Öklid mesafe analizinde kaynak nokta ve bulunduğu konum arası en yakın mesafe hesabı, ağırlıklı mesafe analizinde en uygun mesafe ya da en kısa ağırlıklı uzaklık hesabı, koridor mesafe analizinde iki kaynak arası en az maliyete sahip yol hesabı ve tampon mesafe analizinde belirlenen mesafeye göre tampon bölge bulma işlemleri uygulanabilmektedir [67].

Öklid: Öklid mesafesi matematiksel olarak pisagor bağıntısı kullanılarak belirlenen iki nokta arasındaki en kısa mesafenin hesaplanması olarak tanımlanmaktadır. Başka bir deyişle bu kuş uçuşu uzaklığın göz önüne alınarak kuş uçuşu mesafe hesabının yapılması denmektedir. İki raster hücresi arası öklidyen mesafe de bu analiz ile bulunabilir, bu durum bir kağıt üzerinde belirlenen iki nokta uzaklığının cetvelle ölçülmesi gibi düşünülebilir. Belirlenen raster hücrenin merkez noktasından seçilen diğer raster hücrenin merkez noktası arasında hesaplama yapılır.

Ağırlıklı mesafe: Birden çok mesafe sonucunun karşılaştırılması gerektiğinde kullanılan yöntemdir. Öklid mesafe aracı iki nokta arasındaki kuş uçuşu mesafeyi göz önünde bulundurmaktadır, ancak gerçek hayatta eğimli yollar, akarsular gibi mesafeleri etkileyen faktörler olduğu için özellikle maliyet hesabı yapılan çalışmalar da ağırlıklı mesafe aracı kullanılması gerçekçi sonuçlar için daha uygun olacaktır. Özellikle birden fazla ölçüm yapılacağı durumlarda daha öklid mesafe aracına göre daha avantajlı olabilmektedir.

Koridor: Her hücre için eklenik maliyet toplamının en az olması beklenir yani iki kaynak hücre arasındaki en az maliyete sahip yol olarak tanımlanmaktadır. Tüm girdileri birlikte ele alarak maliyet yüzeyinin en az olduğu en uygun çözümleri sunar.

Tampon (Buffer): Herhangi coğrafi bir detayın çevresindeki diğer coğrafi detaylara olan uzaklıklarının irdelenmesini temel alan bir konumsal analizdir. Tampon analiz olarak da adlandırılan işlemde, referans olarak kabul edilen bir coğrafi detayın etrafında istenen uzaklıkta poligon özelliği taşıyan yeni bir tampon bölge oluşturulur. Bu bölgeye giren diğer coğrafi detaylar sorgulanabilirler [68]. Şekil 3.7.'de Tampon analizine örnek verilmiştir.



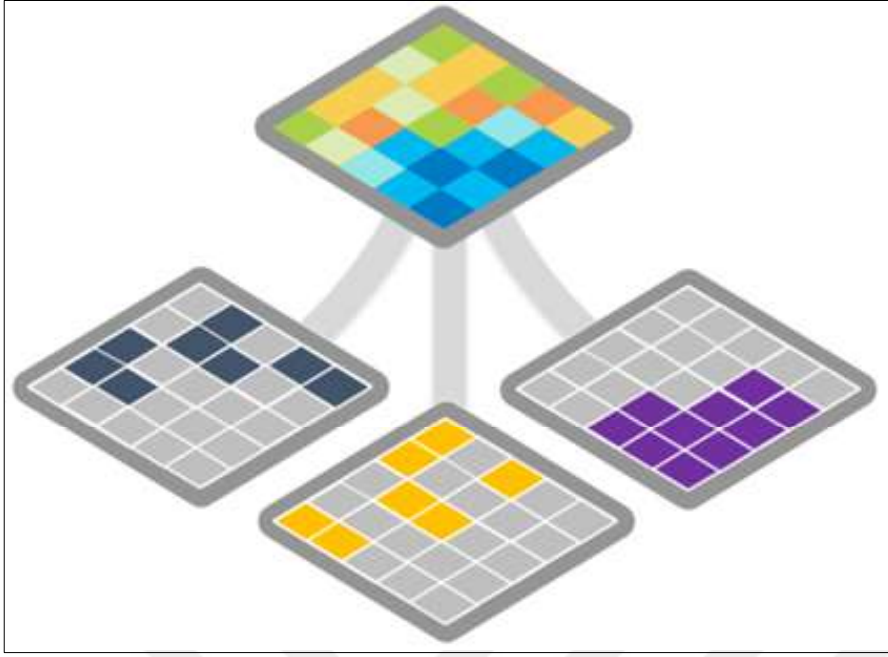
Şekil 3.7. Tampon (buffer) analizi

Yüzey analizleri

Orijinal veri seti kullanılarak, bunlara ek bilgiler içeren yüzey bilgileri oluşturulabilir. Bu analiz ile belirgin olmayan özellikler vurgulanabilmektedir. Yüzey analizleri ile oluşturulan veri setleri tek başlarına kullanılabilen gibi kontur, eğim, kabartma, hacim, bakı vb. analizleri için de girdi sağlayabilmektedir. Kabartma fonksiyonu, her bir hücrenin, bir ışık kaynağına göre konumunun varsayımsal olarak belirlenip aydınlatma değerinin hesaplanmasını kapsar. Bu, görünürlük analizi veya grafik gösterimi için temel oluşturmaktadır [67]. Kontur fonksiyonu, aynı derece sahip noktaları bağlayan eğriler olarak tanımlanmaktadır. Bakı fonksiyonu, her hücrenin çevre hücreleri ile en yüksek eğiminin olduğu yön olarak tanımlanmaktadır.

Yeniden sınıflandırma (reclassify) analizi

Girdi hücre değerlerinin farklı metotlar kullanımıyla değerlerinin değiştirilmesi ve çıktı hücre verisi haline getirilmesine yeniden sınıflandırma denmektedir. Veri değerlerini değiştirme, atanan değeri güncelleme, belirgin öznitelik gruplarını bir araya toplama, ortak bir paydada değerleri tekrar sınıflandırma ve değeri olmayan hücrelere değer ekleme ya da bunların tersini yapmak için hücre değerlerinin yeniden sınıflandırmasına gereksinim duyulabilir. Bu durum girdi değerlerinin çıktı değeri olarak kullanıldığı durumlarda kolaylık sağlar. Şekil 3.8.'de yeniden sınıflandırma analizi için bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 3.8. Yeniden sınıflandırma analizi

Bu çalışmada verilerin sonuç analizine hazır hale gelebilmesi için ağırlıklı mesafe, yeniden sınıflandırma, raster dönüşümü ve ağırlıklı çakıştırma analizi gibi birçok işlem CBS ortamında Esri ArcGIS Pro kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler ile ilgili açıklamalar yukarıdaki başlıklar altında özetlenmiştir.



4. UYGULAMA

Bu çalışmada yeni otoparklar ve yapılara alan sağlamak için AHP yöntemi kullanılarak bir karar analizi yapılmıştır. Öncelikle karar analizinde hangi kriterlerin dikkate alınması gerektiğini belirlenmiş daha sonra CBS yazılımı kullanılarak kriter katmanları hazırlanmıştır. Sonrasında CBS üzerinden AHP yöntemi uygulanarak analiz katmanları oluşturulmuştur. Son olarak, sonuçlar CBS'de elde edilen sonuç haritasına göre PowerBI ile değerlendirilmiştir.

Uygulama çalışmasında tüm mekansal veri işleme aşamaları için Esri ArcGIS Pro 14.0 yazılımının lisanslı versiyonu kullanılmıştır. Bu yazılımın seçilmesinin temel sebebi hem raster hem vektör analizler için yeterli araçları içermesidir. Uygulama iki adımda gerçekleştirilmiştir. İlk adım elde edilen veriler çalışma kapsamındaki öznitelikleri kullanılarak işlenmiş böylece ağırlıklandırma işlemine hazır hale getirilmiştir. İkinci adımda ise uzman görüşleri ve literatürdeki diğer çalışmalar dikkate alınarak AHP yöntemi için kriterler belirlenmiş, ağırlıklar atanmış ve tutarlılık oranları hesaplanmıştır. En uygun otopark yerleri, belirlenen ağırlıklar ile sonuç katmanlarının ağırlıklı toplamaları işlemleri ile belirlenmiştir.

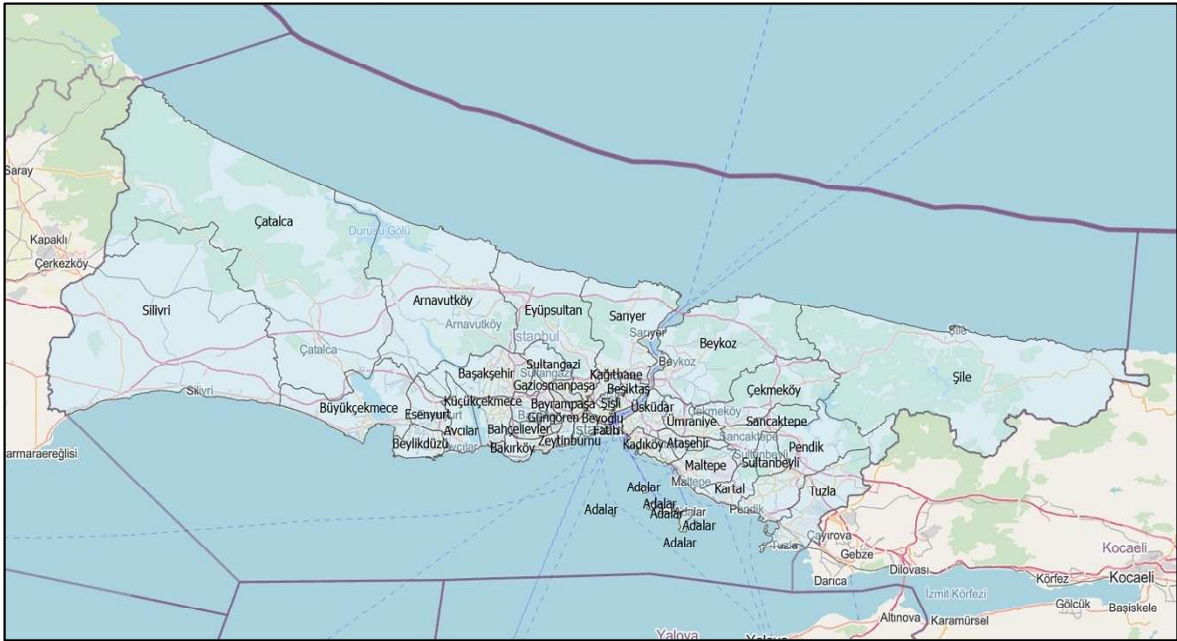
4.1. Ön Çalışma

Ön çalışma olarak, ilk olarak çalışma kapsamında ele alınacak bölge belirlenmiştir. Türkiye'nin kuzey batısında ve 41°K 29°D koordinatlarında yer alan İstanbul ili çalışma kapsamında incelenecek bölge olarak seçilmiştir. İstanbul'a ait şehir haritası Harita 4.1. 'de gösterilmiştir. İstanbul, Türkiye'nin en fazla nüfusuna sahip ve en çok göç alan ili olarak bilinmektedir. İstanbul nüfus yoğunluğu sebebi ile en sık park sorununun da yaşandığı şehirdir. Bu nedenle çalışma İstanbul ili kapsamında gerçekleştirilmiştir.

İSPARK, 2005 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne ait iştirak firması olarak kurulmuştur. İSPARK'ın amacı İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne ait açık, çok katlı ve yol üstü gibi çeşitli tiplerde bulunan otoparkları devralarak, tek yerden sistemli bir şekilde yönetip işletmektir [69]. İSPARK tarafından işletilen ve yönetilen otoparklar bu çalışmada dikkate alınmıştır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) bünyesindeki çeşitli birimlerin,

iştirak şirketlerinin ve diğer şehir organizasyonlarının kamusal verileri İBB Açık Veri Portalı üzerinden kullanım için hazır hale getirilmektedir [70].

İSPARK otopark verilerini saklaması ve servisler yardımıyla sunması nedeniyle seçilmiştir. İBB Açık Veri Portalı'ndan elde edilen veriler incelenirken dördünde veri tutarsızlığı olduğunun tespit edilmesi nedeniyle, bu otoparklar değerlendirmeye alınmamıştır. Bu çalışmada kullanılan veriler 04.06.2021 ile 08.08.2021 tarihleri arasında elde edilmiştir.



Harita 4.1. İstanbul il haritası

4.2. Kriterlerin Belirlenmesi

Teorik araştırma ve uzman görüşleri ile beş kriter dikkate alınmıştır. Kriterler belirlenerek, AHP ile ağırlıklandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Alışveriş merkezleri

Türkiye'de perakendeciliğin hızlı yükselişi, alışveriş merkezlerinin genişlemesine neden oldu. Alışveriş merkezleri tüketicilere işlevsel ve deneysel faydalar sağlar ve memnuniyetlerini artırır [71]. Alışveriş merkezleri haftanın her günü ve günün büyük bir bölümünde aktiftir. Bu da alışveriş merkezlerini günün büyük çoğunluğunda müşteri çeken

bir cazibe merkezi haline getirmektedir. Alışveriş merkezi açmak için seçilen bölgeler genellikle ulaşımı kolay, merkezi ve uğrak bölgelerdir. Bu bölgeler aynı zamanda otopark ihtiyacının da fazla olduğu bölgelerdir.

Sağlık tesisleri

Hastaneler, sağlık ocakları, doğumevleri, ağız ve diş sağlığı polikliniği, fizik tedavi ve rehabilitasyon merkezleri sağlık tesislerine örnek olarak verilebilir. Acil servis ve lojistik hizmetlerinin sorunsuz gerçekleşmesi gereken bu tesislerde hem tesis personeli, hem de hasta ve hasta yakınlarının oluşturduğu talepler neticesinde bu tesislerin otopark ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple sağlık tesislerine yakın olarak konumlandırılacak otoparklar, hastaların, hasta yakınlarının ve sağlık tesisi çalışanların ilgili tesislere kolay ve hızlı ulaşımı için önem arz etmektedir.

Yollar

Lojistik faaliyetlerin sorunsuz bir şekilde sağlanabilmesi, kent içi seyahatlerin gerçekleştirilmesi için yollar stratejik öneme sahiptir. Park yeri arayan araçların da trafiğe katılmasıyla trafik sorunu artmakta ve trafik yoğunluğu yaşanmaktadır. Trafik yoğunluğunun yaşanması da lojistik faaliyetlerinin sorunsuz sürdürülebilmesini etkilemektedir. Bu nedenle otoparklar yollara yakın yerleştirilerek, park yeri arayan araçların trafiğe katılması en azlanabilecektir. Bu çalışmada, yerleşim yerleri içerisindeki yüksek yoğunluklu ana yollar dikkate alınmıştır.

Toplu Taşıma Durakları

Toplu taşımayı sağlayan otobüs, minibüs, metro ve tren gibi ulaşım türlerinde duraklar ve durakların konumları önemlidir. Duraklara yakın konumda bulunan otoparklar, aracını park etmek ve ulaşımına toplu taşıma alternatifleri ile devam etmek isteyen otomobil kullanıcıları için önemlidir. Son zamanlarda ortaya çıkan park et ve devam et ulaşım şekli birçok kişi tarafından tercih edilmektedir. Bu ulaşım türü özellikle şehir içi trafiğinde ve şehir içinde park yeri ararken zaman kaybetmek istemeyen araç kullanıcıları tarafından tercih edilmektedir. Bu sebeple, otoparkların toplu taşıma duraklarına yakın olması önem arz etmektedir.

Otopark Doluluğu

Otoparkların doluluk oranları, diğer kriterlerle birlikte yeni otopark açma kararında karar vericilere rehberlik etmektedir. Bir otoparkın çoğunlukla dolu olması o bölge de otoparka olan talebin bir göstergesidir. Bu çalışmada, otoparkların dolu olması otoparka talebin fazla olduğunu göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında seçilen kriterler ve bilgi kaynakları Çizelge 2.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Veri tür ve kaynakları

Kriter No	Kriter	Referans geometri	Kaynak
1	Alışveriş Merkezleri	Nokta	Openstreetmap - Geofabrik
2	Sağlık Tesisleri	Çokgen	Openstreetmap - Geofabrik
3	Yollar	Çizgi	Openstreetmap - Geofabrik
4	Toplu Taşıma Durakları	Nokta	Openstreetmap - Geofabrik
5	Otopark Doluluğu	Nokta	İBB Açık Veri Portalı

4.3. Veri Hazırlama

Kriter katmanlarının CBS ile hazırlanmasında hazır haritalar kullanılmıştır. Her bir kriter katmanı için bir derecelendirme yöntemi kullanılmıştır. Kriterlerin göreceli önemini belirlemek için 1'den 9'a kadar olan tercih ölçeği kullanılmıştır [72]. Burada kullanılan değerler Çizelge 4.3'te gösterilmiştir. Çizelge 4.3'e göre bir kişinin aracını otoparka park ettikten sonra yürüeyebileceği mesafeler dikkate alınarak sağlık tesisleri ve alışveriş merkezleri için maksimum yürüme mesafesi 1 000 metre ve toplu taşıma durakları ile yollara olan en fazla yürüme mesafesinin 500 metre olacağı belirlenmiştir. Çizelge 4.2'de dikkate alınan öznitelik bilgileri yer almaktadır. Bu öznitelik bilgileri dikkate alınarak kriter haritaları oluşturulmuştur. Daha sonra ArcGIS yazılımında mesafe aracı kullanılarak dört kriter için ayrı katmanlar oluşturulmuştur. Doluluk oranı mesafe içermediği için mesafe aracı bu kriter için kullanılmamıştır. Kriterlerin katman haritaları aşağıda sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Veri ve öznitelik

Kriter Numarası	Veri	Öznitelik
1	Sağlık tesisleri	Yürüme mesafesi
2	Alışveriş merkezleri	Yürüme mesafesi
3	Toplu taşıma durakları	Yürüme mesafesi
4	Yollar	Yürüme mesafesi
5	Otopark doluluğu	Doluluk oranı

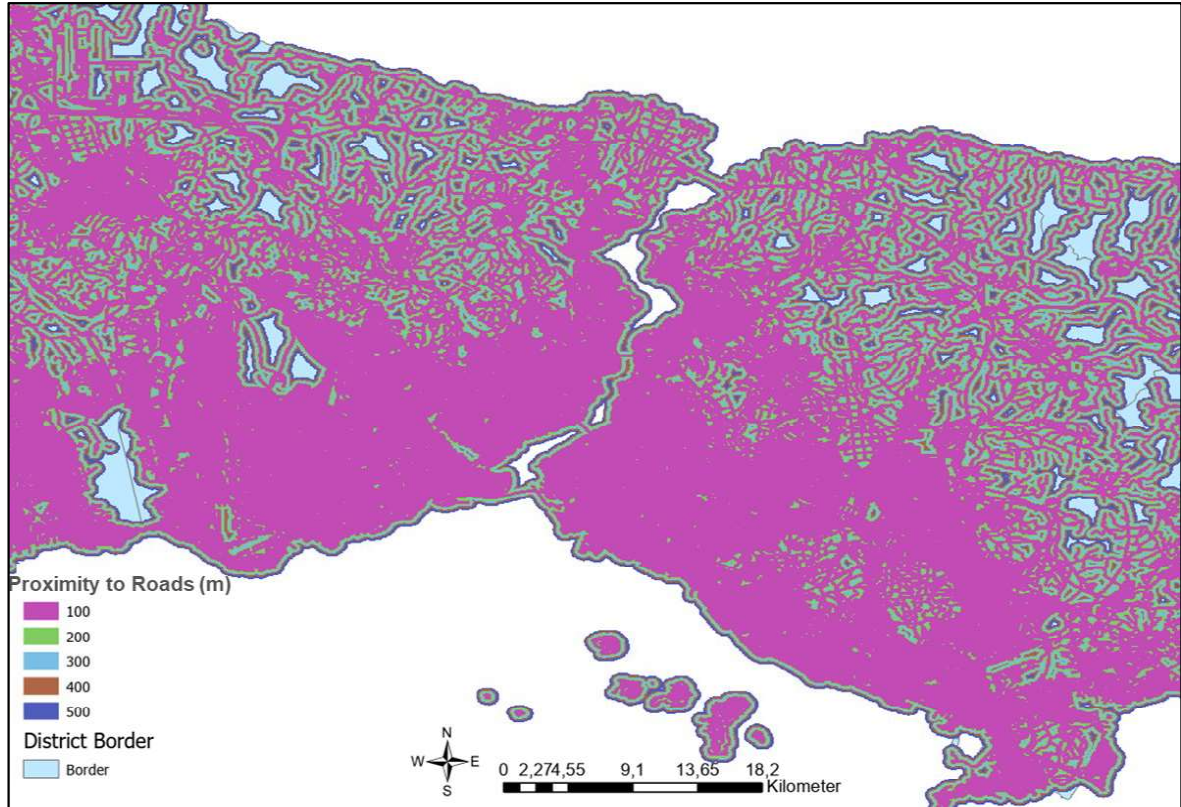
Otopark yeri seçiminde kullanılacak veriler analizlerin yapılabileceği hale getirildikten sonra kriter katmanlarının hazırlanması sürecine devam edilmiştir. Bu aşamada kullanım amacına uygun olarak mekansal analiz teknikleri tercih edilmiştir. Yapılan analizler neticesinde sonuç haritası elde etmek için tüm kriterlerin harita katmanları raster veri formatına çevrilmiş ve ArcMap dosyaları oluşturulmuştur. ArcMap, veri görüntüleme ve verileri işleme arayüzüdür. Bu arayüz yardımıyla veritabanında depolanan veriler çağırılarak mekansal analiz uygulamaları için uygun hale getirilmiştir. Bu işlemler dizisi sonrasında elde edilen veriler çalışma için hazır hale getirilmiştir. Yapılan çalışmalar ile otopark yer seçimi problemi için en uygun otopark alanları tespit edilerek, çalışma tamamlanmıştır.

Çizelge 4.3. Kriter katman değerleri

Alışveriş Merkezlerine Yakınlık	Değer	Sağlık Tesislerine Yakınlık	Değer
0 - 100 m	9	0 - 100 m	9
100 - 200 m	9	100 - 200 m	9
200 - 300 m	9	200 - 300 m	9
300 - 400 m	9	300 - 400 m	9
400 - 500 m	7	400 - 500 m	7
500 - 600 m	5	500 - 600 m	5
600 - 700 m	5	600 - 700 m	5
700 - 1000 m	1	700 - 1000 m	1
Yollara Yakınlık	Değer	Toplu Ulaşım Duraklarına Yakınlık	Değer
0 - 100 m	9	0 - 100 m	7
100 - 200 m	9	100 - 200 m	7
200 - 300 m	7	200 - 300 m	7
300 - 400 m	5	300 - 400 m	5
400 - 500 m	1	400 - 500 m	1

ii. Yollara Yakınlık

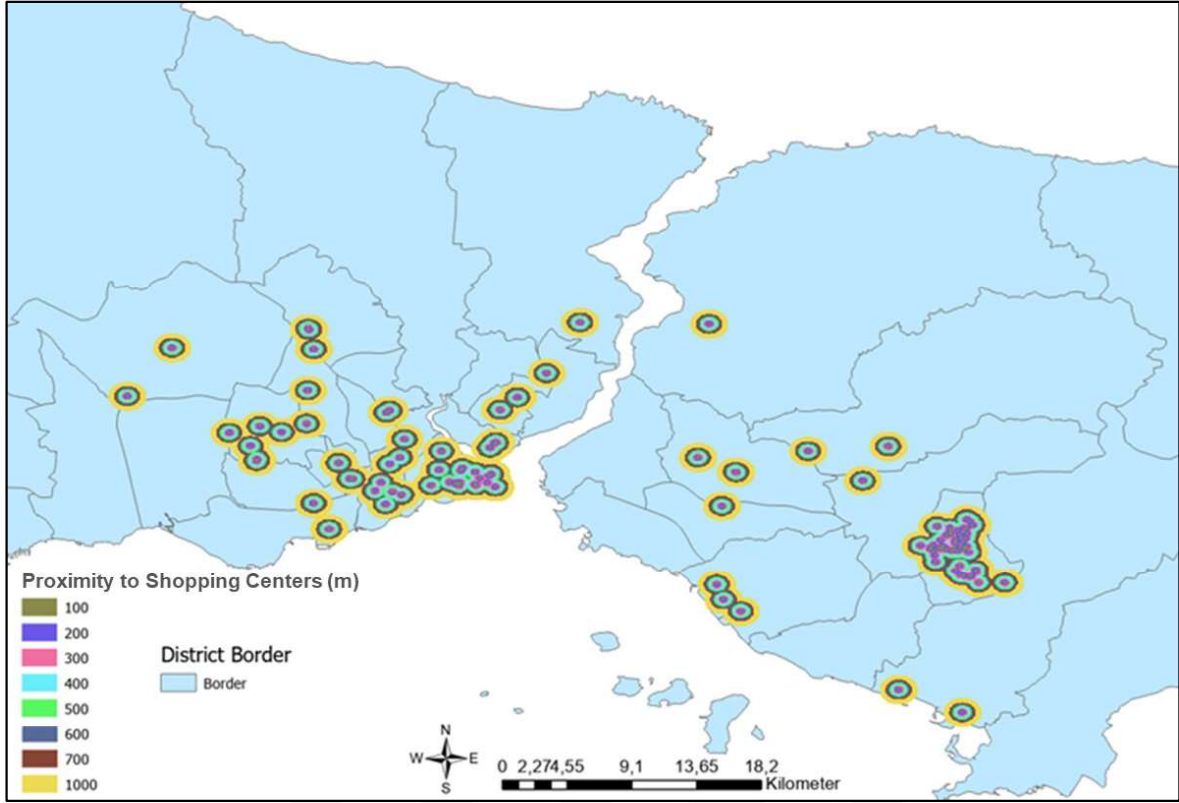
Yollara ait veriler tampon analiz yöntemi ile Çizelge 4.3'te belirtilen yürüme mesafeleri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu yürüme mesafeleri raster veri tipine dönüştürülerek, Harita 4.3.'te belirtilen yollara yakınlık katmanı oluşturulmuştur.



Harita 4.3. Yollara yakınlık

iii. Alışveriş Merkezlerine Yakınlık

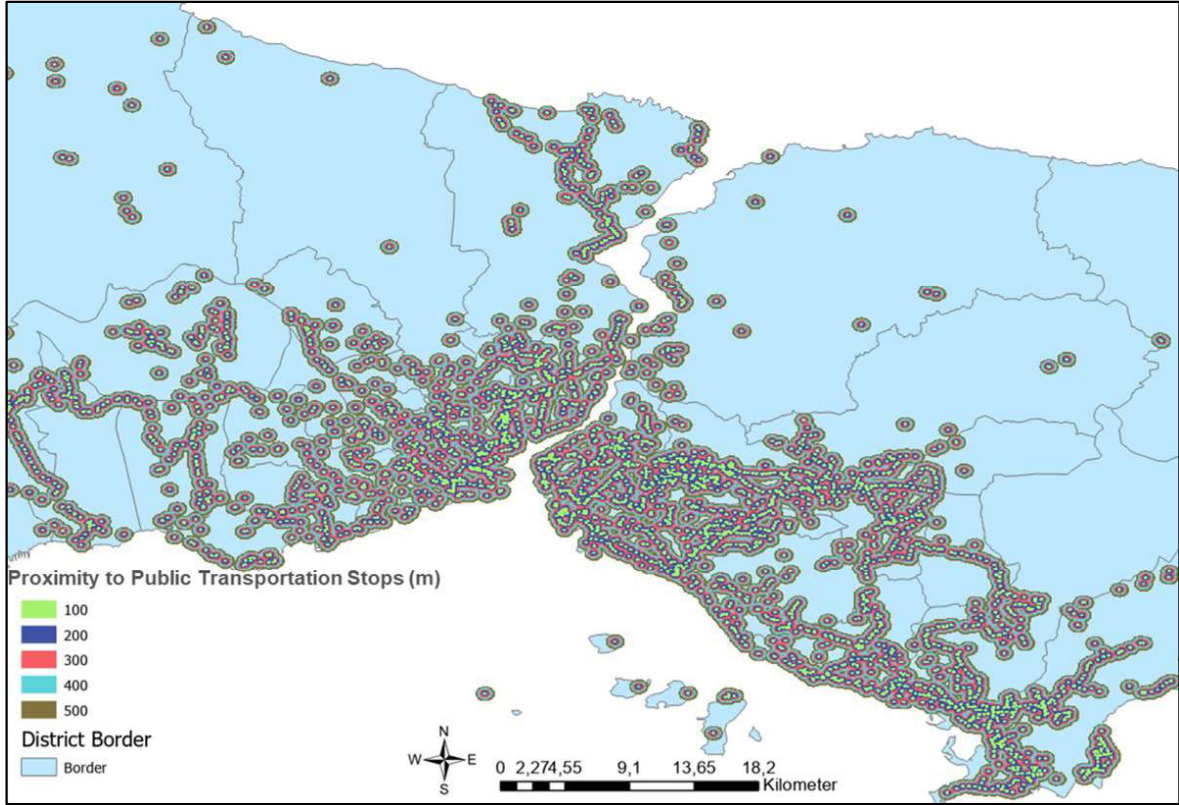
Alışveriş merkezlerine ait veriler tampon analiz yöntemi ile Çizelge 4.3'te belirtilen yürüme mesafeleri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu yürüme mesafeleri raster veri tipine dönüştürülerek, Harita 4.4.'te belirtilen alışveriş merkezlerine yakınlık katmanı oluşturulmuştur.



Harita 4.4. Alışveriş merkezlerine yakınlık

iv. Toplu Taşıma Duraklarına Yakınlık

Toplu taşıma duraklarına ait veriler tampon analiz yöntemi ile Çizelge 4.3'te belirtilen yürüme mesafeleri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu yürüme mesafeleri raster veri tipine dönüştürülerek Harita 4.5.'te belirtilen toplu taşıma duraklarına yakınlık katmanı oluşturulmuştur.



Harita 4.5. Toplu taşıma duraklarına yakınlık

v. Ortalama Otopark Doluluk Oranı

İBB Açık Veri Platformundan, 04.06.2021 tarihi ile 08.08.2021 tarihi arasındaki 2 aylık otopark verisi alınmıştır. Bu veri her saat toplanarak bir veri havuzu oluşturulmuştur. Elde edilen veri doğru çıkarım yapılabilmesi için incelenmiş ve veri bozukluğu olduğu görülen otoparklara ait veriler bu veri havuzundan çıkartılmıştır. İBB Açık Veri Portalından elde edilen veri seti parkid, park_tipi, ilce, park_adi, latitude, longitude, kapasitesi, doluluk_orani, polygone bilgilerini içermektedir.

Elde edilen veri seti içerisindeki otoparklar, park_id'lerine göre saatlik doluluk oranı verileri incelenmiştir. Bu saatlik doluluk oranlarına ait ortalamalar alınmıştır. Her otoparkın otopark_id bilgisi ile elde edilen otopark ortalama doluluk oranları eşleştirilmiştir. Böylece elde edilen veriler sadeleştirilmiş ve otoparkların doluluk oranları ile ilgili yorum yapılabilecek bilgilere dönüşmüştür. Doluluk oranları Çizelge 4.3'te verilen ilgili alanda gösterildiği şekilde aralıklara bölünerek derecelendirilmiştir.

4.4. AHP ile Kriterlerin Değerlendirilmesi

Öncelikle otopark seçimi kararında kullanılacak veriler analiz için toplanmıştır. Otopark alanları için en uygun alanların belirlenmesi için kriter katmanları ve kriter ağırlıkları kullanılarak AHP yöntemi ile karar analizleri yapılmıştır. En uygun otopark alanı yeri seçimi için belirlenen kriterler sağlık tesislerine yakınlık, yollara yakınlık, alışveriş merkezlerine yakınlık, toplu taşıma duraklarına yakınlık ve otoparkların doluluk oranları olarak belirlenmiştir. Kriterlerin ikili olarak karşılaştırılma değerleri, uzman görüşleri ile belirlenmiştir. Sözü geçen uzmanlar İstanbul ve İSPARK ihtiyaçları konusuna hakim olan kişilerdir. Kriterler için ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4.4 'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. İkili karşılaştırma matrisi

	Alışveriş Merkezlerine Yakınlık	Sağlık Tesislerine Yakınlık	Yollara Yakınlık	Toplu Taşıma Duraklarına Yakınlık	Ortalama Otopark Doluluk Oranı
Alışveriş Merkezlerine Yakınlık	1	0,2	0,33	3	0,14
Sağlık Tesislerine Yakınlık	5	1	3	7	0,33
Yollara Yakınlık	3	0,33	1	5	0,20
Toplu Taşıma Duraklarına Yakınlık	0,33	0,14	0,2	1	0,11
Ortalama Otopark Doluluk Oranı	7	3	5	9	1

Matristeki her eleman, Eş. 3.2.'ye uygun olarak kendi sütun toplamına bölünür ve normalize edilmiş matrisin her bir sütun toplamının 1 olma durumu kontrol edilir. Çizelge 4.4'deki her eleman Eş. 3.2.'ye göre kendi sütun toplamına bölünmüş ve Çizelge 4.5. Normalize değerler tablosu elde edilmiştir. Çizelge 4.5. Normalize değerler tablosu'nun her sütunu toplandığında ise 1'e eşit olduğu görülmektedir. Böylece tüm kurallar sağlanmıştır.

Çizelge 4.5. Normalize değerler tablosu

	Alışveriş Merkezlerine Yakınlık	Sağlık Tesislerine Yakınlık	Yollara Yakınlık	Toplu Taşıma Duraklarına Yakınlık	Ortalama Otopark Doluluk Oranı
Alışveriş Merkezlerine Yakınlık	0,06	0,04	0,03	0,12	0,08
Sağlık Tesislerine Yakınlık	0,31	0,21	0,31	0,28	0,19
Yollara Yakınlık	0,18	0,07	0,1	0,2	0,11
Toplu Taşıma Duraklarına Yakınlık	0,02	0,03	0,02	0,04	0,06
Ortalama Otopark Doluluk Oranı	0,43	0,64	0,52	0,36	0,56

Eş. 3.3. 'te verilen formüle göre normalize edilmiş matristeki her satırın toplamı bulunur ve matrisin boyutuna bölünerek ortalaması hesaplanmış olur. Bulunan bu değerler her bir kriter için hesaplanan öncelik ağırlığı değeridir. Bu ağırlıklar ile Çizelge 4.6'da bulunan öncelik vektörü oluşturulur.

Çizelge 4.6. Kriter öncelik vektörü

Kriter	Öncelik Ağırlıkları
Alışveriş Merkezlerine Yakınlık	0,07
Sağlık Tesislerine Yakınlık	0,26
Yollara Yakınlık	0,13
Toplu Taşıma Duraklarına Yakınlık	0,04
Ortalama Otopark Doluluk Oranı	0,50

İkili karşılaştırmaların yapılması ve kriterlerin önceliklerinin belirlenmesinden sonra oluşturulan karşılaştırma matrislerinin tutarlılığı hesaplanır. İkili karşılaştırma işlemi sonucunda oluşan matrisin tutarlılığını belirleyebilmek için Eş. 3.4.'de verilen "Consistency Index-CI" katsayısının hesaplanması gerekmektedir.

$$A \times W = \begin{bmatrix} 1 & 0,2 & 0,33 & 3 & 0,14 \\ 5 & 1 & 3 & 7 & 0,33 \\ 3 & 0,33 & 1 & 5 & 0,2 \\ 0,33 & 0,14 & 0,2 & 1 & 0,11 \\ 7 & 3 & 5 & 9 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,07 \\ 0,26 \\ 0,13 \\ 0,03 \\ 0,5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,34 \\ 1,41 \\ 0,7 \\ 0,18 \\ 2,74 \end{bmatrix}$$

$$di = \frac{x_i}{w_i} = \begin{bmatrix} 0,34 \\ 1,41 \\ 0,7 \\ 0,18 \\ 2,74 \end{bmatrix} \div \begin{bmatrix} 0,07 \\ 0,26 \\ 0,13 \\ 0,03 \\ 0,5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5,03 \\ 5,43 \\ 5,2 \\ 5,09 \\ 5,46 \end{bmatrix}$$

$$\lambda_{max} = 5,24$$

Tutarlılığı değerlendirebilmek Eş. 3.8.'deki "Random Index-RI" değerinin de bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışmada 5 boyutlu bir matris kullanılmıştır. RI değerleri Çizelge 3.2'da verilmiştir. CI ve RI değerlerinin belirlenmesinden sonra Eş. 3.8.'de belirtilen "Consistency Ratio-CR" değeri hesaplanmaktadır.

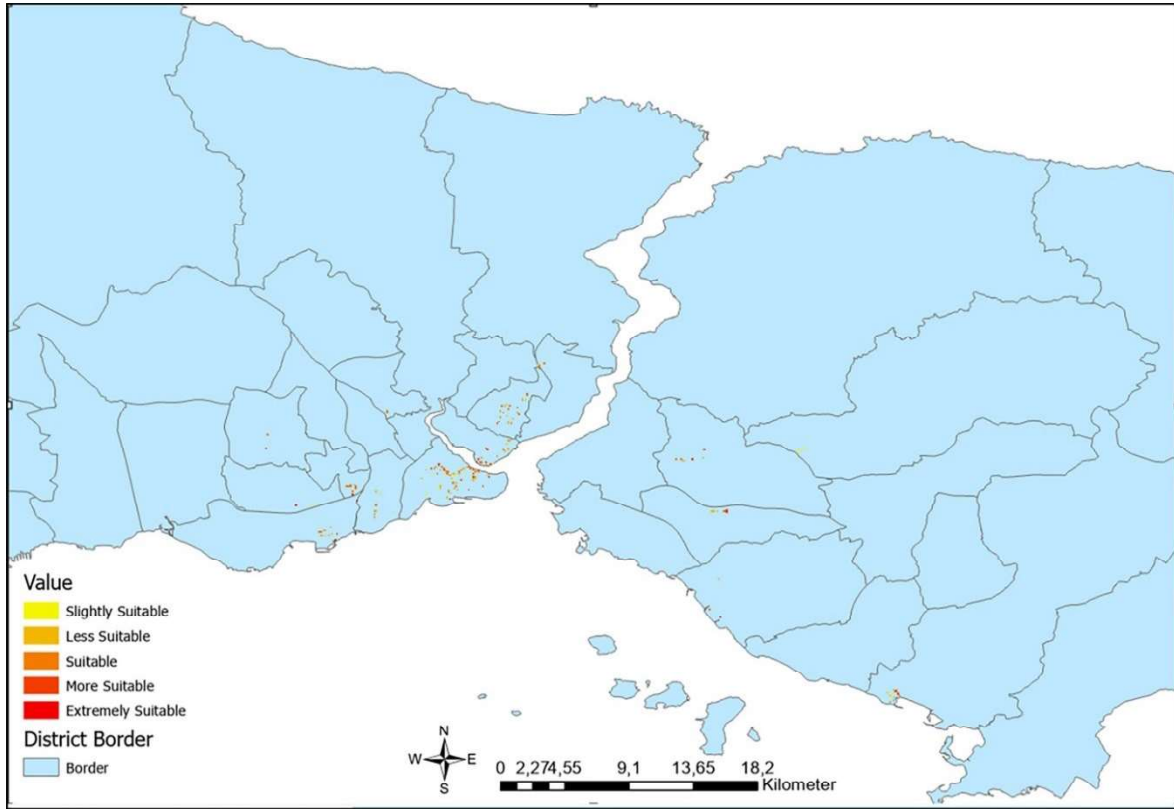
Eş. 3.8.'de tanımlı olan CR'nin 0,1'den küçük veya eşit olduğunun hesabı sonucuna göre karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğuna karar verilmektedir. Excel yardımıyla yapılan hesaplamalara göre CR değeri 0,05 olarak bulunmuştur. Bu durumda verilen ağırlık değerlerinin tutarlı olduğunu söylemek mümkündür.

Bu çalışma kapsamında beş kriter göz önünde bulundurulmuştur. Bu beş kriter içerisinde otoparklara olan talebi ifade eden otoparkların doluluk oranları ortalaması kriteri en önemli kriter olarak belirlenmiştir.

4.5. CBS ile En Uygun Otoparkların Gösterilmesi

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde çok kriterli karar verme teknikleri ile mekansal karar destek sistemlerinin uyumlu şekilde uygulanabildiği görülmektedir. Bu çalışma problemin tanımla başlamakta ve mekansal karar verme sürecine uyumlu bir çok ölçütlü karar verme yönteminin seçimi, literatür ve uzman görüşlerine göre dikkate alınacak kriterlerin tanımlanması ve uygun verilerin elde edilerek kullanılmasıyla devam etmektedir. Bu işlem adımları sonucunda kriterlerin değerlendirilmesiyle sonuç katmanını meydana gelmektedir.

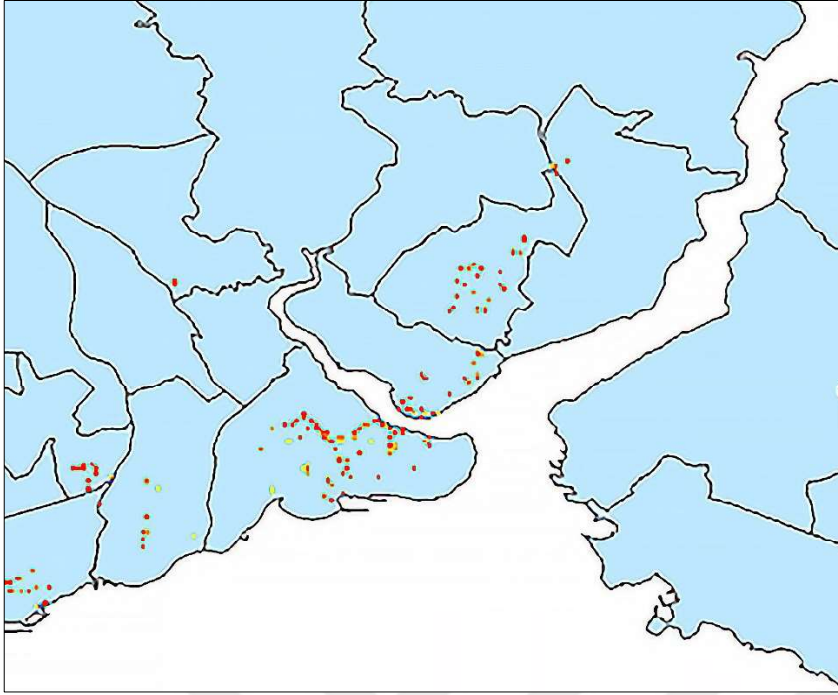
CBS'de kullanılan mekansal analiz işlevleri yardımıyla raster veri formatında elde edilen katman haritaları AHP yöntemiyle ağırlıklandırılmış ve sonuç haritası Harita 4.6.'da gösterilmiştir. Analiz sonunda 5 farklı sınıflandırma yapılmıştır; sarı renk ile gösterilen alanlar biraz uygun, açık turuncu ile gösterilen yerler daha az uygun, turuncu ile gösterilen yerler uygun, kırmızı ile gösterilen yerler daha uygun, koyu kırmızı ile gösterilen yerler ise son derece uygun yerler olarak belirlenmiştir.



Harita 4.6. Sonuç haritası

4.6. Sonuçların Analizi

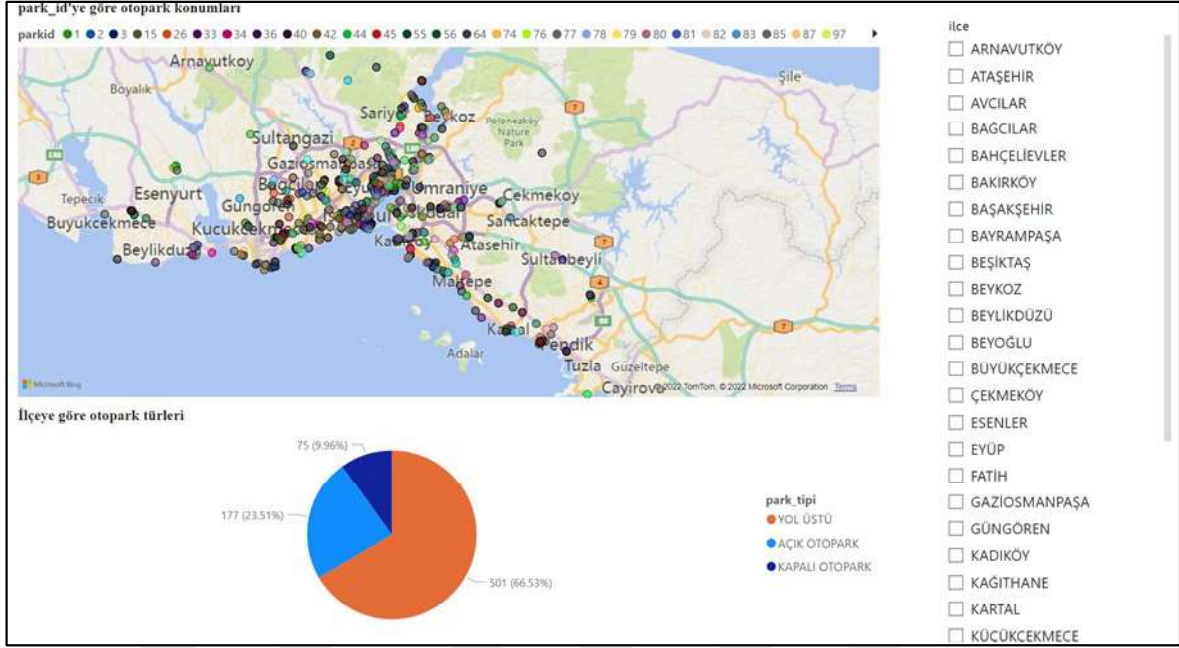
Elde edilen sonuç haritası incelendiğinde Harita 4.7.'de de gösterildiği gibi en çok otopark ihtiyacı olan ilçeler sırasıyla; Fatih, Beyoğlu ve Şişli'dir.



Harita 4.7. Yeni otopark için en uygun bölgeler

TÜİK verilerine göre 2021 yılında 15 840 900 ile en yüksek nüfus oranına sahip il İstanbul'dur. İstanbul'un 39 adet ilçesi bulunmaktadır.

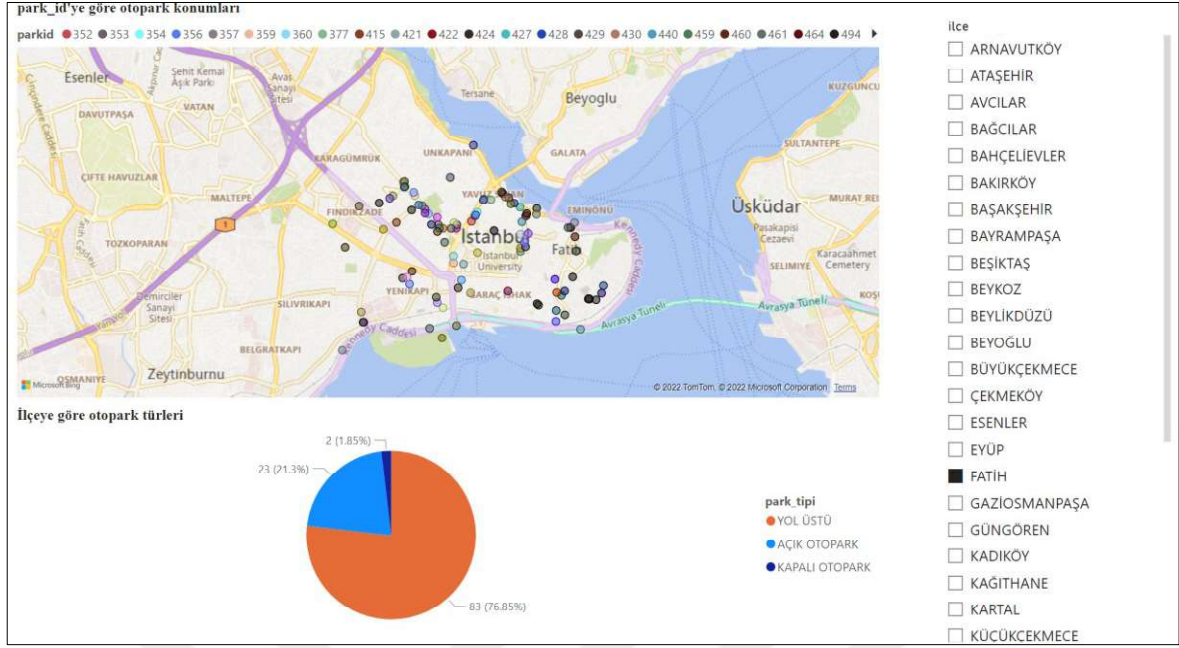
İstanbul Belediyesi Açık Veri Portalından [69] elde edilen iki aylık park verileri ile PowerBI ile analiz edilmiştir. Şekil 4.1.'de İstanbul'un ilçelerine göre mevcut otoparkların türleri gösterilmektedir. Genel olarak İstanbul'da üç tip otopark bulunmaktadır. Bunlar; yol üstü, açık otopark ve kapalı otoparktır. Şekil 4.2.'ye göre İstanbul'da en çok tercih edilen otopark türü tüm otoparkların % 66,53'ünü kapsayan yol üstü parktır. Bu tercih sırasını sırayla açık ve kapalı otopark türleri izlemektedir.



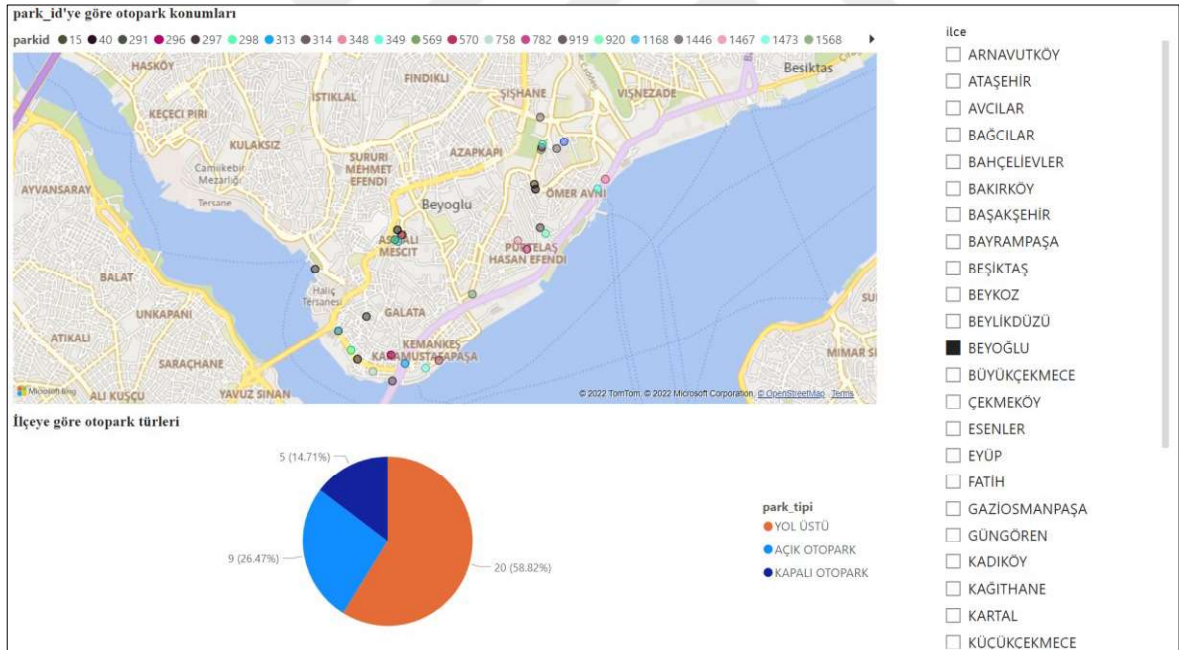
Şekil 4.1. İlçe bazlı otopark türleri

Yeni otopark yapılması kararı için oluşturulan CBS'ye göre İstanbul'un Fatih, Beyoğlu ve Şişli ilçeleri için bir analiz çalışması gerçekleştirilmiş, diğer ilçeler bu çalışma kapsamına alınmamıştır. Fatih ilçesindeki yol üstü otoparklar, toplam yol üstü otoparkların %16,57'sini oluşturmaktadır. Şekil 4.2.'de Fatih ilçesi için filtreleme yapıldığında Fatih'teki otoparkların %76,85'inin yol üstü olduğu görülmektedir.

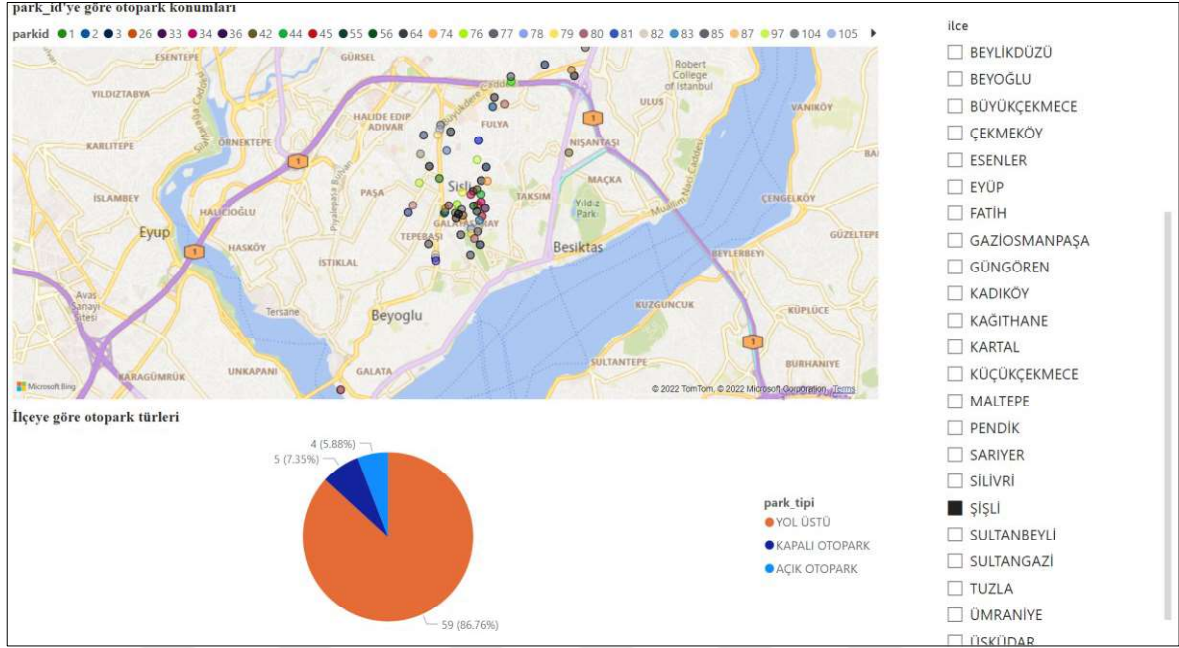
Şekil 4.3.'te Beyoğlu ve Şekil 4.4.'te Şişli için yapılan filtremeye göre sırasıyla bulunduğu ilçedeki toplam otoparkların %58,82'si ve %86,76'sının yol üstü otopark olduğu görülmektedir. Şekil 4.5.'e göre en çok kapasiteye sahip otoparkların açık otoparklar olduğu görülmektedir. Şekil 4.6.'da ise park türüne göre toplam otopark doluluk oranı gösterilmektedir. Buna göre, tüm park türlerinin toplam doluluk oranının %61,16'sının yol üstü park türündeki otoparkların oluşturduğu gözlemlenmektedir. Şekil 4.5. ve Şekil 4.6.'ya göre incelenen otoparklar içerisinde açık park türüne sahip otoparkların kapasitesinin en yüksek olduğunu fakat en çok doluluğun ise yol üstü otoparklarda gözlemlendiğini söylemek mümkündür.



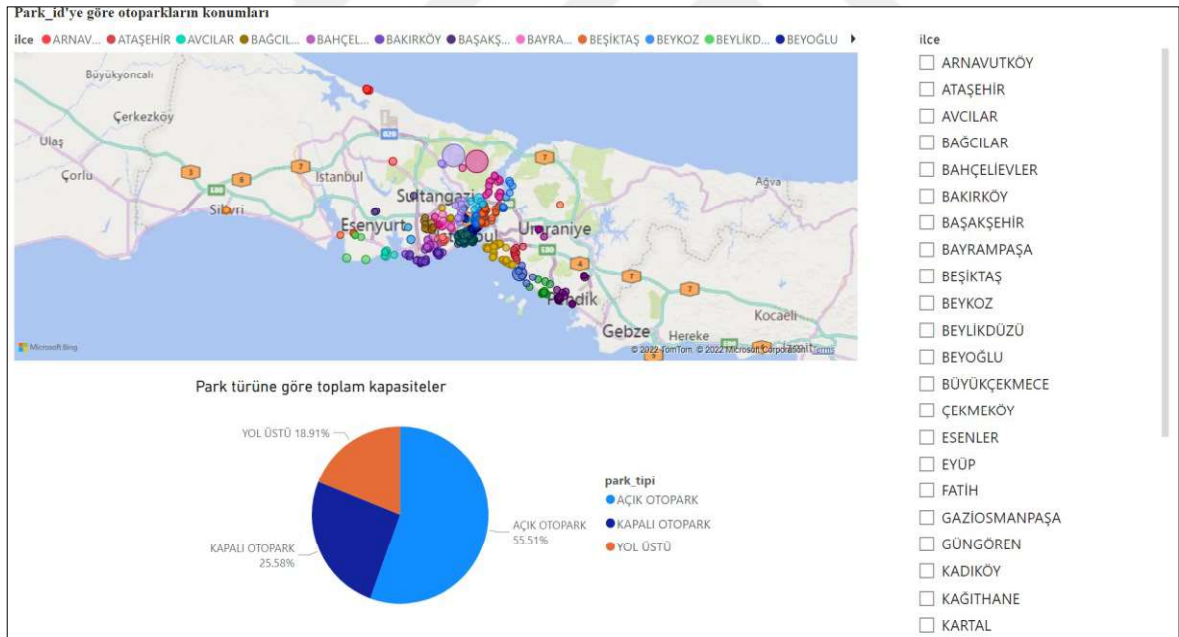
Şekil 4.2. Fatih ilçesi otopark türleri



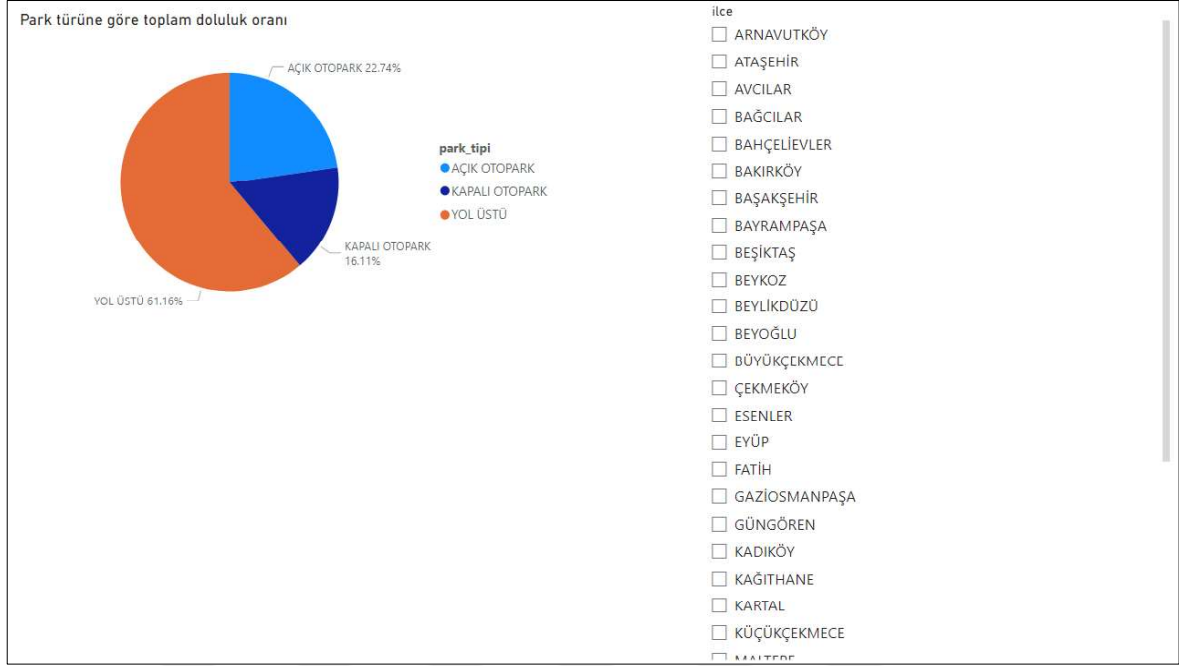
Şekil 4.3. Beyoğlu ilçesi otopark türleri



Şekil 4.4. Şişli ilçesi otopark türleri



Şekil 4.5. Otopark türüne göre kapasiteleri



Şekil 4.6. Otopark türüne göre toplam doluluk oranı

Sonuç olarak, en çok otopark ihtiyacının Fatih, Beyoğlu ve Şişli ilçesinde olduğu görülmüştür. Ayrıca, çalışma kapsamında ele alınan bu ilçeler için PowerBI ile yapılan veri görselleştirmelerle de İstanbul halkının belirlenen ilçelerde yol üstü otoparklara park etme eğilimlerinin daha fazla olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde artan nüfus ile birlikte trafiğe katılan araç sayısı da artmaktadır. Trafiğe katılan araç sayısı her geçen gün trafik yoğunluğunu beraberinde getirmektedir. Araçlar, ömürlerinin belirli bir süresinde hareket ederken büyük bir yoğunluğunda ise otopark adı verilen alanlarda duraklama ihtiyacı duymaktadır. Bu durum da artan araç sayısı ile birlikte otopark sorununu en güncel sorunlardan biri haline getirmektedir. Otoparkların en uygun yerlerde konumlandırılması, park yeri arayan araçların trafiğe katılmasıyla artan trafik yoğunluğunu azaltmakla birlikte şehirlerin daha yaşanabilir bir yer haline gelmesini sağlayacaktır.

Dijitalleşmenin arttığı bu dönemde artık şehirler de akıllı şehir konsepti ile dijitalleşmektedir. Akıllı şehirler ise verimliliği artırarak şehir halkının hizmet ve yaşam kalitesini iyileştirmek için teknolojiden yararlanan şehirlerdir. Kent sakinlerinin hayat kalitelerinin artırılması ve güvenli bir yaşam alanı sunulması hedeflenmektedir. Akıllı şehirler konseptinin içinde akıllı otoparklar da yer almaktadır. Akıllı otopark olarak bahsedilen konsept otoparkların doluluk oranlarının, park ücretlerinin takip edildiği ve aynı zamanda kişinin konumuna en yakın otoparkların gösterildiği mobil uygulamalar ile sosyal hayatı kolaylaştırmakta ve otoparkların merkezden yönetime sahip olmasını desteklemektedir. Otoparkların yönetimi gün geçtikçe daha önemli hale gelmektedir. Bu çalışmada otoparkların talep noktalarında yoğunlaşması gerektiği öne sürülmektedir böylece kent sakinlerinin yaşam standartları artacak ve aynı zamanda akıllı şehirler konseptine uyum kolaylaşacaktır.

Metropoller başta olmak üzere tüm küçük şehirlerin de en büyük problemlerinden olan otopark sorunu için sunulan en uygun otopark yeri seçimi ile şehirlerin daha yaşabilir yerler hale gelmesi desteklenmektedir. Birçok kişi zamanının büyük çoğunluğunu trafikte harcamaktadır. Araç kullanıcıları için güvenli ve ulaşmak istedikleri yere yakın park yeri bulmak öncelikli hedef olmaktadır. Ancak gerek kapasite yetersizliği gerekse yanlış konumlandırılmış otoparklar sebebiyle araç kullanıcıları bu hedeflerine ulaşmak için oldukça fazla zaman harcamak durumunda kalmaktadırlar. Otoparklara olan talebin iyi değerlendirilmesi kapasite yetersizliğinin önüne geçmek için gereklidir. Ayrıca, talep olmayan bölgelere açılan otoparklar ise hem gereksiz arazi kullanımına sebep olmakta hem

de kazanç sağlayamamaktadırlar. Yer seçimi, işletmelerin amaçlarını en iyi şekilde gerçekleştirebileceği alanlarda yapılmalıdır. Amaçlarına uygun olarak konumlandırılan park yerleri trafik sorununa bir çözüm sunmak ile kalmaz aynı zamanda toplumun yaşam standartlarının iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır. Yeni otoparklar için gerçek talep ve ihtiyaç noktaları tespit edilmelidir. Bu sebeplerden ötürü park yerinin en iyi şekilde konumlandırılması oldukça önem arz etmektedir.

Yer seçimi problemlerinde, CBS ve karar verme tekniklerinin bir arada kullanılması karar vericilerin nitel ve nicel kavramları bir arada kullanarak daha doğru kararlar vermesini desteklemektedir. Ulaşım problemleri bağlamında CBS birçok verinin biraraya getirilmesi ve etkinliklerinin ortaya çıkartılması için kullanılmaktadır. Verilerin arasındaki ilişkiler tanımlanabilmekte bu sayede birbirleriyle olan etkileşimleri ve birbirlerine olan etkileri gözlemlenebilmektedir. Bu şekilde karmaşık gibi görünen birçok problem için çözüm bulunabilmektedir. Bir ulaşım sorunu olan otopark problemi de karmaşık bir problem olarak değerlendirilmektedir. Otoparkların için en uygun yerin belirlenmesinde tanımlanmış kriterler ve çeşitli ölçütler kullanılarak bir yer seçimi yapılabilmektedir.

Metropoller başta olmak üzere küçük şehirlerin de karşı karşıya kaldığı en büyük ulaşım sorunlarından olan otopark probleminin doğru bir şekilde çözülmesi için uygun bir yasal altyapının oluşturulması gerekmektedir. Ülkemizin ilgili otopark kanunları mevcut olmasına rağmen tüm ihtiyaçları karşılayamamaktadır. Otopark mevzuat altyapısının mevcut duruma ve şartlara uygun olarak güncellenmesi gerekmektedir.

Yer seçimi problemlerinde ele alınan iş akışı süreçleri değişiklik gösterebilmektedir. Ulaşılmak istenilen sonuçlara bağlı olarak farklı veri kümeleri ve farklı mekansal analiz yöntemleri kullanılabilir. Coğrafi bilgi teknolojisinin dinamik yapı sunması sebebi ile bu esneklik sunulabilmektedir. Mekansal analizlerin matematiksel altyapısı sebebi ile sonuçları da doğrudan etkilenmektedir. Kullanılan formül ve algoritmalara bağlı olarak kullanılan yöntemlerin analiz sonuçları üzerinde farklı etkileri vardır. Bu nedenle doğru matematik altyapısına ve doğru iş akışına uyum sağlanmalıdır. Coğrafi veri setleri, üretim süreçleri ve özellikleri sebebi ile ilgili yer seçimi konularında en önemli faktörlerden biri olmaktadır. Probleme uygun coğrafi veri setini tanımlamak ve uygun katmanların oluşturulması gerekmektedir.

Tüm mekansal analiz çalışmalarında olduğu gibi, bu çalışmada da coğrafi veri tabanı yetenekleri kullanılmıştır. Öznitelikler, problem çözmede istenen hedefe ulaşmak için diğer bir deyişle çözüm amacına uygun olarak kullanılır. Ancak, veri kalitesi tüm veriler için aynı değildir. Kurumların çalışmaları ve yapılan projeler sonucunda üretilen verilerin bağımsız olarak oluşturulması ve belirli standartların olmaması, verilerin kalitesini ve kullanılabilirliğini azaltmaktadır. Coğrafi analiz çalışmalarını olumlu ve olumsuz olarak etkileyen faktörler ise verilerin geçerliliği ve yeterliliğidir. Kamu kaynakları tarafından üretilen veriler için merkezi standartlar geliştirilmeli ve kurumlar bu standartlara göre veri üretmelidir. Böylece, veri tutarsızlıkları azaltılabilecektir. Ayrıca, aynı verilerin tekrarını önlemek için kurumlar arası veri alışverişi anlaşmaları imzalanmalı böylece aynı verilerin tekrar tekrar kullanılarak aynı çalışmaların birden fazla kez yapılması önlenip iş gücü diğer çalışmalara aktarılabilecektir. Kullanılan veriler araştırma sonuçları ile ne kadar alakalı olursa, sonuçlar da o kadar doğru olacaktır.

Bu çalışmada İstanbul ili bir bütün olarak ele alınmış ve bir bütün olarak park ihtiyacı analizi yapılmış olsa da, ilçe bazlı nüfus, ilçe bazlı araç sahipliği, kullanıma uygun arazi maliyeti ve trafik yoğunluğu istatistikleri gibi çeşitli kriterler de daha özelden bir çalışma sağlamak için kullanılabilir.

Bu bağlamda, mekansal analiz yöntemleri araştırılmış ve amaca uygun kriterler uzman görüşü ve literatür tarama işlemleri sonucunda belirlenmiştir. Kriterler arasındaki önem dereceleri AHP yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. AHP ve CBS'nin bir arada kullanılmasıyla oluşturulan MKDS ile bir yer seçim modeli ortaya konmuştur. Büyük şehirlerde oldukça büyük bir problem haline gelen bu otopark sorununa, KDS önerisi yardımıyla etkin bir çözüm sunmak amaçlanmıştır. Bu çalışma sadece karmaşık otopark sorunun çözümüne yönelik KDS yaklaşımını sunmakla kalmayıp, aynı zamanda toplumsal yaşamın iyileştirilmesine de önemli bir katkı sağladığı değerlendirilmektedir.



KAYNAKLAR

1. Uyur, E. (2015). *Otopark sorununun arz ve talep temelinde incelenmesine yönelik bir araştırma: Kadıköy merkez örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
2. Gökdağ, M., ve Yarbaşı, S. (2004). *Ulaşım sorunlarından otoparklar üzerine bir araştırma ve Erzurum örneği*. Türkiye İnşaat Mühendisliği 17. Teknik Kongre ve Sergisi, Bildiriler Kitabı, 535-545.
3. Litman, T. (2011). Environmental reviews and case studies: Why and how to reduce the amount of land paved for roads and parking facilities. *Environmental Practice*, 13(1), 38–46.
4. İnternet: Karayolları Genel Müdürlüğü (1997). Trafik Yönetmeliği. Sayı: 23053, Web: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=8182&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> adresinden 10 Ağustos 2022’de alınmıştır.
5. TSE, Türk Standartları Enstitüsü, (1992). *10551 Şehir İçi Yollar-Otoyollar İçin Otopark Tasarım Kuralları*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü, Kabul 22.12.1992, 91.090.
6. Zırhlı, S. ve Yalçındağ, K. (2002). *Otoparklarda boyutlandırma ve kapasite hesapları*. Yarıyıl Ödevi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
7. Haldenbilen, S., Murat, Y. Ş., Baykan, N., ve Meriç, N. (1999). Kentlerde otopark sorunu: Denizli örneği. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(2), 1099–1108.
8. Naasra, Y. (1988). *Guide to traffic engineering practice-parking organisation for economic co-operation and development* (5. Baskı). Newyork: National Association of Australian Road Authorities, 72-106.
9. Yavuz, F., Keleş, R. ve Geray, T. (1978). *Şehircilik; sorunlar, uygulama ve politika* (1. Baskı). Ankara :Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları, 303-305.
10. Meyer M. D. (2016). *Transportation planning handbook* (4. Baskı). New Jersey: John Wiley & Sons, 43-60.
11. Elker, C. (1998). *Kentsel ulaşım sistemlerinin özellikleri - bir karşılaştırma*. 1. Toplulaşım Kongresi, Ankara: Bildiriler Kitabı, 378-399.
12. Yıldız, D. (2003). *Otopark alanları ile kent merkezi yaya alanları ilişkisinde otopark arzı ve talebin Ankara örneğinde incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
13. İnternet: Litman, T. (2006). *Parking Management Strategies, Evaluation and Planning*, Victoria Transport Policy Institute. Web: https://www.vtpi.org/park_man.pdf, adresinden 10 Kasım 2022’de alınmıştır.

14. Korkmaz, R. B. ve Yılmaz, D. (2005). *Kent içi ulaşımda otopark problemi ve çözüm stratejileri üzerine bir değerlendirme*. Lisans Bitirme Çalışması, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
15. İnternet: Türkiye İstatistik Kurumu. *Motorlu Kara Taşıt İstatistikleri*, Web: <https://data.tuik.gov.tr/>, adresinden 10 Ağustos 2022'de alınmıştır.
16. Palevičius, V., Paliulis, G. M., Venckauskaite, J. and Vengrys, B. (2013). Evaluation of the requirement for passenger car parking spaces using multi-criteria methods. *Journal of Civil Engineering and Management*, 19(1), 49-58.
17. Krasić, D. and Lanović, Z. (2013). Park & ride facility planning. *Građevinar*, 65(2), 111-121.
18. Barhani, E. (2007). *Parking management strategies for sustainable transportation: case study for İstanbul*. Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
19. Güngör, E. K. (2006). *Konya şehir merkezindeki otopark sorunu ve önerileri*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
20. Özdemir, V. İ. (2006). *Park et ve devam et tesisleri ve Harem otoparkı örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
21. Okubay, M. (2008). *Bölgesel otopark yönetimi ve stratejileri: Tarihi yarımada - Eminönü bölgesi örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
22. Kozalı, B. (2014). Kentiçi otopark hizmetlerinde özel sektör katılımının sürücülerin park etme tercihleri ve tutumları üzerine etkisi. *Journal of Life Economics*, 1(2), 191-230.
23. Parmar, J., Das, P., and Dave, S. M. (2020). Study on demand and characteristics of parking system in urban areas: A review. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 7(1), 111–124.
24. Haldenbilen, S., Murat, Y. Ş., Baykan, N. ve Meriç, N. (1999). Kentlerde otopark sorunu: Denizli örneği. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(2), 1099-1108.
25. Baseri, M. A., Malekabadi, R. M., and Gandomkar, A. (2012). Site selection of public parking in Isfahan city, using AHP model. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Humanities and Social Sciences*, 6(4), 547-550.
26. Saunier, N., Morency, C. and Diallo, A. (2012). Methodology of parking analysis. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 42(4), 281-285.
27. Jelokhani-Niaraki, M., and Malczewski, J. (2015). Decision complexity and consensus in Web-based spatial decision making: A case study of site selection problem using GIS and multicriteria analysis. *Cities*, 45, 60-70.

28. Iqbal, A. S. (2020). *A GIS-based parking demand analysis and site selection for parking area: Pendik-İstanbul case*. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
29. Ozturk, D., ve Kılıç Gül, F. (2020). GIS-based multi-criteria decision analysis for parking site selection. *Kuwait Journal of Science*, 47 (3), 2-15.
30. Demir, S., Basaraner, M., ve Taskin Gümüş, A. (2021). Selection of suitable parking lot sites in megacities: A case study for four districts of Istanbul. *Land Use Policy*, Elsevier, 111(C), 105731.
31. Önüt, S., Efendigil, T. ve Kara, S. S. (2010). A Combined Fuzzy MCDM approach for selecting shopping center site: An example from İstanbul, Turkey. *Expert Systems with Application*, 37, 1973-1980.
32. Razmi, J., Tavakkoli-Moghaddam, R., Zahiri, M. and Mousavi, N. (2007). Application of TOPSIS, AHP and GIS in a Multi-Attribute Model to solve location problem for bank branches: An Empirical study in Iran. *International Journal of Excellence in Public Sector for Management*, 1, 21-34.
33. Lozano, J.M.S., Solano, J.T., Elvira, P.L.S. and Cascales, M.S.G. (2013). Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: case study in South-eastern Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 544-556.
34. Tzeng, G. H., Teng, M. H., Chen, J. J. and Opricovic, S. (2022). Multicriteria selection for a restaurant location in Taipei. *International Journal of Hospitality Management*, 21(2), 171-187.
35. Öz, E., ve Baykoç, Ö. F. (2004). Tedarikçi seçimi problemine karar teorisi destekli uzman sistem yaklaşımı. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19, 275-286.
36. Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis* (1. Baskı). New York: John Wiley & Sons, 392.
37. Demir, S. (2016). *Araç park alanı yeri seçiminde çok ölçütlü mekansal karar verme tekniklerinin kullanımı*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
38. Özerbil, T. (2004). *Coğrafi analiz tekniklerinin mekansal karar destek sistemlerinde kullanımına yönelik uygulamalar*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
39. Yoon, K. P., and Hwang C. L. (1995). *Multiple attribute decision making: An introduction* (1. Baskı). Thousand Oaks: Sage Publications, 59-66.
40. Saaty, T. L. (1989). Hierarchical-multiobjective systems. *Control-Theory and Advanced Technology*, 5, 485-489.

41. Kır, İ., ve Çetık, M. O. (2012). 360 derece performans değerlendirme sisteminde AHP kullanımı ve bir uygulama. *Çankırı Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(2), 153-162.
42. Saaty, T. L., ve Shih, H. (2009). Structures in decision making: On the subjective geometry of hierarchies and networks. *European Journal of Operational Research*, 199(3), 867-872.
43. Ömürbek, N., Üstündaę, S., ve Helvacıoğlu, Ö. (2013). Kuruluş yeri seçiminde AHP kullanımı: Isparta bölgesinde bir uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi Yönetim Bilimleri Dergisi*, 11(21), 101-116.
44. Ömürbek, N., Büyükgebiz, E., ve Başdeğirmen, A. (2013). Ürün alternatifi seçiminde analitik hiyerarşi sürecinin bir süt fabrikasında uygulanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 14(1), 137-155.
45. Timor, M. (2011). *Analitik hiyerarşi prosesi*. (1. Baskı). İstanbul: Türkmen Kitabevi, 10-300.
46. Önel, F. (2014). *Kuruluş yeri seçiminin çok kriterli karar verme yöntemleriyle uygulanması*. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
47. Yetim, S. (2004). Analitik hiyerarşi sürecine ait bazı matematiksel kavramlar. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 12 (2), 457-468.
48. Göksu, A. (2008). *Bulanık analitik hiyerarşik proses ve üniversite tercih sıralamasında uygulama*. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
49. Ayçin, E. (2019). *Çok kriterli karar verme bilgisayar uygulamalı çözümler*. (2. Baskı). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, 89.
50. Ergen, F., ve Aydemir, B. (2020). Medikal turizm girişimciliği: İstanbul örneği. *Türk Turizm Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 1607-1623.
51. Topdemir, S. (2019). *Ahp-Tosis yöntemleri ile tedarikçi seçimi: doğalgaz sektöründe bir uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
52. Paksoy, S. (2017). *Çok kriterli karar vermede güncel yaklaşımlar* (1. Baskı). Adana: Karahan Kitabevi, 10-117.
53. Çelikkilek, Y., ve Özdemir, M. (2020). *Çok kriterli karar verme yöntemleri açıklamalı ve karşılaştırmalı sağlık bilimleri uygulamaları ile* (İkinci Baskı). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık, 69-184.
54. Özbek, A. (2019). *Çok kriterli karar verme yöntemleri ve excel ile problem çözümü* (2. Baskı). Ankara: Seçkin Akademik ve Mesleki Yayınlar, 81-102.

55. İpek, U. (2019). *Kuruluş yeri seçiminde çok kriterli karar verme teknikleri: Analitik hiyerarşi süreci ve TOPSIS örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Toros Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Mersin.
56. Akman, K. (2019). *Çok ölçütlü karar verme yöntemlerinde AHP ve TOPSIS ile araba seçimi*. Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
57. Oluwatosin, H. S. (2014). Client-server model. *IOSR Journal of Computer Engineering*, 16, 57–71.
58. Taştan, H., ve Bank, E. (1994). Coğrafi bilgi sistemlerinde konuma bağlı analizler. *CBS*, 94 (1), 18-20.
59. İnternet: ArcGIS 10 Uygulama Dokümanı, Web: https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani_e0cf3.pdf, adresinden 20 Eylül 2022'de alınmıştır.
60. Dangermond, J. (1988). A review of digital data commonly available and some of the practical problems of entering them into a GIS, *In Technical Papers*, 1988 ACSM-ASPRS Annual Conversion, Virginia, 5, 1-10.
61. Burrough, P. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment* (2. Edition), Ohio: Oxford University Press, 15-220.
62. Sommer, S. and Wade, T. (2006). *A to Z GIS an illustrated dictionary of geographic information systems* (2. Baskı), California: Esri Press, 120-288.
63. Sánchez-Lozano, J. M., Teruel-Solano, J., Soto-Elvira, P. L., and Socorro GarcíaCascales, M. (2013). Geographical Information Systems (GIS) and MultiCriteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 544–556.
64. İnternet: Ethiopia GIS, 2022, Web: <https://ethiopia-gis.nrel.colostate.edu/gis>, adresinden 05 Temmuz 2022'de alınmıştır.
65. Derviş, R., Erbaş, M., Kumral, A. A., ve Yıldız, M. (2014). Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılamanın afet lojistiğine etkileri. *3. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Kongresi*, Trabzon, 95-105.
66. Erşen, E. (2013). *Karar problemlerinin çözümü için oyun teorisi ve coğrafi bilgi sistemleri tabanlı bütünlük bir yaklaşım*. Yüksek Lisans Tezi, Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
67. Çabuk, A. (2010). Coğrafi bilgi sistemlerinde analiz ve yorumlama. *Anadolu Üniversitesi Yayınları*, 128,134.
68. Yomralıoğlu, T. (2005). *Coğrafi bilgi sistemleri: Temel kavramlar ve uygulamaları* (3. Baskı). İstanbul: Akademi Kitabevi, 196-240.

69. İnternet: İspark İstanbul, Web: <https://ispark.istanbul/ispark-hakkinda/>, adresinden 14 Eylül 2022’de alınmıştır.
70. İnternet: İBB açık veri portalı, Web: <https://data.ibb.gov.tr/>, adresinden 17 Aralık 2021’de alınmıştır.
71. Khare, A. (2011). Mall shopping behaviour of Indian small town consumers. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 18(1), 110–118.
72. Reynolds, K. M., Hessburg, P. F., and Bourgeron, P. S. (2014). Making transparent environmental management decisions. *Berlin and Heidelberg: Springer*, 35-62.





Gazili olmak ayrıcalıktır