T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KENTSEL ULAŞIM PLANLAMASINDA ERİŞEBİLİRLİĞİN KULLANILMASINA YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ

Murat Seçkin PUYAN

DOKTORA TEZİ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hatice KIRAN ÇAKIR

EDİRNE-2023

MURAT SEÇKİN PUYAN'ın hazırladığı **"KENTSEL ULAŞIM PLANLAMASINDA ERİŞEBİLİRLİĞİN KULLANILMASINA YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ"** başlıklı bu tez tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Mimarlık Anabilim Dalında bir Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	İmza
Prof. Dr. Metin AYDOĞDU	……..
Doç. Dr. Hatice KIRAN ÇAKIR	……..
Dr. Öğr. Üyesi İsmet OSMANOĞLU	……..
Dr. Öğr. Üyesi H. Candan ZÜLFİKAR	……..
Dr. Öğr. Üyesi Gökhan UMAROĞULLARI	……..

Tez Savunma Tarihi: 19/06/2023

Bu tezin Doktora tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Doç. Dr. Hatice KIRAN ÇAKIR
Tez Danışmanı …….

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

……..
Prof. Dr. Hüseyin Rıza Ferhat KARABULUT
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI DOKTORA PROGRAMI
DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

19/06/2023

Murat Seçkin PUYAN

Doktora Tezi

Kentsel Ulaşım Planlamasında Erişebilirliğin Kullanılmasına Yönelik Bir Model Önerisi

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Mimarlık

ÖZET

Kentsel ulaşım planlamasına yönelik araştırmalarda demografik özellikler, gelir düzeyi, kişi başına düşen araç sayısı gibi sayısal veriler kullanılarak değerlendirmeler yapılmaktadır. Bu değerlendirmelerden hareketle tasarlanan dönemler için geliştirilen öngörüler ile geleceğe yönelik durum analizleri gerçekleştirilmektedir. Böylelikle mevcut durumdaki sorunların ve gelecekte olması muhtemel kentsel ulaşım problemlerinin çözüm yolları aranmaktadır. Ancak her ne kadar toplanan bilgiler gerçeği mümkün olduğu kadar yansıtsa da kentsel gelişime bağlı olarak arazi kullanımları farklılıklar göstermekte ve yol ağları yayılarak değişebilmektedir. Kentsel ulaşım planlaması, sürekliliği olan, değişen koşullara göre yenilenmesi gereken döngüsel bir süreçtir. Bu nedenle, kentsel gelişim ile kentsel ulaşım planlama sürecinin koordinasyonu zorlaşmaktadır. Bazı durumlarda, tahminler sonucunda üretilen çözümler, kentsel ulaşım sorunlarına yeterli derecede cevap verememektedir. Bu durumun nedeni, kentsel ulaşım planlamasının, kentsel ölçekte yapılan her plan kademesinde yeterli ölçüde ele alınmamasından kaynaklanmaktadır. Mekânsal planlamanın yapıldığı her ölçekte ulaşım planlamasının da yapılması gerekmektedir.

Özellikle küçük ve orta ölçekli kentlerin gelişmelerine bağlı olarak artabilecek ulaşım ve trafik problemlerinin yaratabileceği olumsuz etkilerini henüz başlamadan belirlemek ve önlem alabilmek için kentsel ulaşım planlarının farklı bakış açılarıyla hazırlanması gerekmektedir. Sürdürülebilir ulaşım parametrelerinin kentsel ulaşım planlama sürecine dahil edildiği geçerli ve ortak bir planlama anlayışı ise

bulunmamaktadır. Bu nedenle, çalışmanın temel amacı; bu tür kentler için yapılması planlanan kentsel ulaşım planlama süreci ile sürdürülebilir ulaşım parametrelerinin bütünleştirilmesidir Çalışmada, bütünleştirme, sürdürülebilirliğin ölçülebilir ulaşım parametrelerinden "erişebilirlik" parametresinin dahil edilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Böylece, hem mekânsal planların yapıldığı her ölçekte kentsel ulaşım planlarının geliştirilmesi sağlanabilecek, hem de sürdürülebilir ulaşım sağlanarak yeni ve özgün bir planlama yaklaşımı oluşturulabilecektir. Özellikle küçük ve orta ölçekli kentlerin ulaşım planlamalarında kullanılması hedeflenen model ile yapılacak sürdürülebilir kentsel ulaşım planlama yaklaşımının sürdürülebilir kentsel gelişimlerine de katkı sunması hedeflenmektedir. Sürdürülebilirliğin diğer ölçülebilir ulaşım parametrelerinin olup olmadığı veya eklenip eklenemeyeceği farklı bir araştırma konusu oluşturacağından, çalışmada kapsam dışı bırakılmıştır. Bu nedenle, modelin ölçülebilir diğer parametreler ile geliştirilmesinin mümkün olabileceği öngörülmektedir.

Kentsel ulaşım planlama sürecinin en önemli aşamaları yolculukların oluşturma ve oluşturulan yolculukların dağıtılması aşamalarıdır. Diğer aşamalar ise ilk aşamadaki veriler kullanılarak belirlenmektedir. Bu nedenle, çalışmada sadece bu iki aşama ele alınmaktadır. Erişebilirlik parametresi, ilgili aşamalara arazi kullanımı ve ulaşım ilişkisi çerçevesinde dahil edilmektedir. Daha sonra mevcut/olası yolculuk oluşumlarında sürdürülebilir ulaşım türlerinden seçilecek herhangi birinin kullanılabilmesi için aynı yol kapasitesinde bu yolun oluşturulabilme olanakları belirlenmekte ve çalışmanın modeli kurgulanmaktadır.

Çalışmada, sürdürülebilir kentsel ulaşım planlamasına ilişkin önerilen model, örneklem alanda, orta ölçekli bir kent olan Edirne kentinde uygulanmıştır. Uygulamada, öncelikle kentin mevcut verilerine bağlı olarak ileriye dönük kentsel ulaşım planlaması için yolculuk oluşturma ve dağılım aşamalarına yönelik hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan bu hesaplamalara sürdürülebilirliğin "erişebilirlik" parametresi dahil edilmiştir. Parametrenin dahil edilmesinde Hansen Modeli kullanılmıştır. Yeniden yapılan hesaplamaya bağlı olarak yolculuklar oluşturulmuş ve Trafik Analiz Bölgeleri (TAB'lar) ile ilişkisi kurulmuştur. Daha sonra kentin önemli bir taşıt yolu olan Talatpaşa Caddesi'ndeki iki kavşak arasında mevcut yolda yol üstü bisiklet yolu yapılması durumunda yolun kapasite değişikliği hesaplanmıştır. Mevcut ve ileriye yönelik yolculukların oluşturulmasında sürdürülebilir ulaşım türlerinden biri olan bisiklet nedeni

ile hesaplamalarda ek bir yük getirmediği belirlenmiştir. Ek yük getirmemesi durumunda, kentin sürdürülebilir ulaşımına da katkı sağlamasına olanak verilmektedir. Çalışmada, Edirne kentinin tüm Trafik Analiz Bölgeleri belirlenip, hesaplamaları yapıldığından; kentin diğer taşıt yollarının ek yük durumları hesaplanabilmektedir ancak çalışmada kapsam dışında bırakılmıştır. Model, tüm küçük ve orta ölçekli kentlerin kentsel ulaşım planlamalarında kullanılabilecektir.

Beş bölümden oluşan çalışmanın ilk bölümünde; konu ile ilgili yapılan çalışmalar, çalışmanın amacı, kapsamı ve sınırlılıkları belirlenmektedir.

İkinci bölümde çalışma ile ilgili kavramsal çerçeve açıklanmaktadır. Kentsel ulaşım planlamasında kullanılan modeller; bu modeller arasında günümüzde en çok kullanılan Dört Aşamalı Kentsel Ulaşım Planlaması (DAKUP) modeli, arazi kullanımı ile ulaşım ilişkisi; yolculuk oluşturma-dağılımı modelleri ve erişilebilirlik teorisi kavramsal olarak ele alınmaktadır.

Üçüncü bölüm; sürdürülebilir kentsel ulaşım planlaması ve kent içi yollardaki kapasitenin belirlenmesine ilişkin amaç, kriter ve parametrelerin incelendiği bölümdür. İnceleme; kentsel ulaşımın çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliğe etkileri; trafik, hareketlilik ve erişilebilirliğin sürdürülebilirlik açısından nasıl etkileşim halinde oldukları üzerinden yapılmaktadır.

Dördüncü bölüm, kentsel ulaşım planlamasında erişebilirliğin dahil edilerek modelin kurgulandığı ve örneklem alanda uygulandığı bölümdür. Örneklem alan için öncelikle trafik analiz bölgeleri belirlenmiş, bu bölgelerin erişebilirlik ölçümleri yapılmış, bölgeler arasında yolculuklar oluşturulmuş ve dağılımları hesaplanmıştır. Daha sonra bu hesaplamalar ile erişilebilirlik arasındaki ilişki belirlenmiştir. Belirlenen ilişkinin, kentin iki trafik analiz bölgesini birleştiren alanda analizleri yapılmıştır.

Beşinci bölüm, elde edilen verilerin değerlendirildiği ve geleceğe yönelik önerilerin yer aldığı sonuç bölümüdür.

Yıl: : 2023

Sayfa Sayısı: : 111

Anahtar Kelimeler : Kentsel Ulaşım Planlaması, Erişebilirlik, Sürdürülebilir Ulaşım

Doctorate Thesis
A Model Proposal for Using Accessibility in Urban Transportation Planning
Trakya University Institute of Natural Sciences
Architecture

ABSTRACT

In research on urban transportation planning, evaluations are made using numerical data such as demographic characteristics, income level, number of vehicles per capita. Based on these evaluations, future scenario analyzes are conducted with predictions designed for specific periods. In this way, solutions are sought for current problems and potential future urban transportation issues. However, despite efforts to gather data that reflects reality as much as possible, land use patterns and road networks can vary due to urban development. Urban transportation planning is a cyclical process that requires continuous renewal to adapt to changing conditions. Therefore, coordinating urban development with the urban transportation planning process becomes more challenging. In some cases, the solutions generated based on predictions may not adequately address urban transportation problems. This is because urban transportation planning is not adequately addressed at every planning stage conducted at the urban scale. Transportation planning should be carried out at every scale of spatial planning.

Urban transportation plans should be prepared with different perspectives in order to determine the negative effects of transportation and traffic problems that may increase due to the development of small and medium-sized cities, and to take precautions before they begin. There is no valid and common planning understanding in which sustainable transportation parameters are included in the urban transportation planning process. Therefore, the main purpose of the study is; It is the integration of sustainable transportation parameters with the urban transportation planning process planned for such cities. Thus, it will be possible to develop urban transportation plans at every scale where

spatial plans are made, and a new and original planning approach will be created by providing sustainable transportation. It is aimed that the sustainable urban transportation planning approach to be made with the model, which is aimed to be used in the transportation planning of especially small and medium-sized cities, will also contribute to the sustainable urban development. Whether sustainability has other measurable transportation parameters or whether they can be added or not will be a different research topic, so it is excluded from the study. Therefore, it is foreseen that it may be possible to develop the method with other measurable parameters.

The most important stages of the urban transportation planning process are trip generation and trip distribution. Other stages are determined based on the data collected in the first stage. Therefore, this study only focuses on these two stages. The parameter of "accessibility" is included in these stages within the framework of the relationship between land use and transportation. Subsequently, the possibilities of creating a bicycle lane within the same road capacity to enable the use of bicycles, one of the sustainable modes of transportation, in existing/potential trip formations, are determined, and the methodology of the study is designed.

In the study, the proposed model for sustainable urban transportation planning is applied in Edirne, a medium-sized city in the sample area. In the application, calculations were first made for trip generation and trip distribution for future urban transportation planning based on the city's existing data. The parameter of "accessibility" was included in these calculations. The Hansen Model then used to incorporate the parameter. Based on the recalculations, trips were generated, and their relationship with Traffic Analysis Zones (TABs) was established. Subsequently, the capacity change of the existing road was calculated if a bicycle lane was constructed on Talatpaşa Avenue, an important arterial road in the city. It was determined that the inclusion of bicycle transportation in the existing and future trip formations does not impose an additional burden in the calculations. If no additional burden is imposed, it allows for the contribution to the city's sustainable transportation. Since all Traffic Analysis Zones in Edirne were determined and their calculations were made in the study, the additional load conditions of other roadways in the city can be calculated, but this was excluded from the scope of the study. The method can be used in the urban transportation planning of all small and medium-sized cities.

The first section of the study, consisting of five sections, determines the scope, limitations, and purpose of the study, as well as the previous studies related to the subject.

The second section explains the conceptual framework related to the study. The models used in urban transportation planning, with the Four-Step Urban Transportation Planning (FSUTP) model being the most commonly used model among these; the relationship between land use and transportation; trip generation and distribution models; and the concept of accessibility theory are conceptually discussed.

The third section is the part where the parameters, criteria, and objectives related to sustainable urban transportation planning and the determination of road capacity in urban roads are examined. The examination is based on the impacts of urban transportation on environmental, social, and economic sustainability and how traffic, mobility, and accessibility interact in terms of sustainability.

The fourth section is the part where the model is designed and applied in the sample area by incorporating accessibility into urban transportation planning and determining road capacity. For the sample area, traffic analysis zones were first determined, and their accessibility measurements were made, and then trips were generated and their distributions were calculated among the zones. Subsequently, the relationship between these calculations and accessibility was determined. The analyses were conducted in the area connecting two traffic analysis zones in the city, which is an important transportation corridor.

The fifth section is the conclusion section where the obtained data are evaluated, and future recommendations are presented."

Year : 2023
Number of Pages : 111
Keywords : Urban Transportation Planning, Accessibility, Sustainable Transportation

ÖNSÖZ

Uzun zaman sonra tamamlamayı başardığım bu doktora sürecinde, kıymetli desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Doç. Dr. Hatice KIRAN ÇAKIR'a ve her zaman yanımda olan, sabırlarını ve ilgilerini hiç eksik etmeyen sevgili aileme çok teşekkür ederim.

Murat Seçkin PUYAN

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **vii**
ÖNSÖZ ..... **x**
İÇİNDEKİLER ..... **xi**
SİMGELER DİZİNİ ..... **xiii**
KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xv**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xvii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xix**
BÖLÜM 1. GİRİŞ **1**
1.1. Konu ile İlgili Yapılmış Çalışmalar 4
1.2. Tezin Amacı ve Özgün Değeri 6
1.3. Tezin Kapsamı ve Sınırlamaları 7
BÖLÜM 2. KURAMSAL ÇERÇEVE **9**
2.1. Kentsel Ulaşım Planlamasında Kullanılan Modeller 10
2.2. Dört Aşamalı Kentsel Ulaşım Planlaması (DAKUP) 11
2.3. Arazi Kullanımı-Ulaşım İlişkisi 16
2.3.1. Yolculuk Oluşturma Modelleri 19
2.3.2. Yolculuk Dağılımı Modelleri 21
2.4. Erişebilirlik Teorisi 24
2.4.1. Kentsel Ulaşım Planlamasında Erişebilirlik 27
2.4.2. Kentsel Ulaşım Planlama Modellerinde Yolculuk Talebi ve Erişebilirlik Ölçüsü 28
2.5. Bölüm Değerlendirmesi 34
BÖLÜM 3. SÜRDÜRÜLEBİLİR KENTSEL ULAŞIM PLANLAMASI VE KARAYOLLARINDA KAPASİTE **36**
3.1. Sürdürülebilir Kentsel Ulaşım Planlaması 36
3.2. Karayollarında Kapasite ve Kapasiteyi Etkileyen Faktörler 42
3.3. Bölüm Değerlendirmesi 46

BÖLÜM 4. MODELİN OLUŞTURULMASI VE ÖRNEKLEM ALANDA UYGULANMASI 48

4.1. Modelin Oluşturulması 48

4.2. Modelin Örneklem Alanda Uygulanması 52

4.2.1. DAKUP'a Göre Yolculuk Oluşturulması ve Anlamlı Değişkenin Bulunması (1. Aşama) 54

4.2.2. Hansen Modeli 'nin Kullanımı (2. Aşama) 57

4.2.3. Mevcut ve Olası Trafik Hacmine Bağlı Olarak Hizmet Düzeyinin Belirlenmesi (3. Aşama) 72

4.2.4. Hizmet düzeyine bağlı olarak karar verilmesi (4. Aşama) 79

4.3. Bölüm Değerlendirmesi 79

BÖLÜM 5. SONUÇ 81

KAYNAKLAR 85

ÖZGEÇMİŞ 91

SİMGELER DİZİNİ

T_i	: TAB bölgesinde oluşturulan yolculuklar
k	: Kategori sınıfı (Yaş aralığı, araç sahipliği, gelir düzeyi gibi)
n_i^k	: Herhangi bir "k" sınıfına dâhil olan hane halkı sayısı
g_k	: Hane başı ortalama yolculuk sayısı
T_{ij}	: Tasarı yılı için "i" ve "j" bölgeleri arasındaki oluşacak toplam yolculuk sayısı
t_{ij}	: Mevcut durumda "i" ve "j" bölgeleri arasındaki yolculuk sayısı
G	: Bölge geneli, yolculuk başlangıcı ve sonu bölgeleri için büyüme katsayıları
Gi, Gj	: Başlangıç ve sonuç yolculuk bölgelerindeki büyüme katsayıları
A_j, a_j	: Tasarı yılı ve günümüzde "j" bölgesine çekilen yolculuk sayıları
A_k, a_k	: Bütün TAB bölgelerine tasarım yılı ve günümüzde çekilen yolculuk sayıları
F_{ij}	: "i" ve "j" bölgeleri arasındaki sürtünme faktörü
O_i	: Günümüzde "i" bölgesindeki fırsatlar matrisi
$Q_{ij}^{w} = R_{ij}$	: İş amaçlı yolculukların oluşturulması
Q^{w}_{ij}	: Başlangıç bölgesi i'den varış bölgesi j'ye yapılan yolculukların sayısı
R_{ij}	: Başlangıç bölgesi i'de yaşayan ve varış noktası j'de çalışanların sayısı
w	: İş amaçlı yolcuklar için ölçümleme sayısı
Q_{ij}^{n}	: Başlangıç bölgesi i'den varış bölgesi j'ye iş amaçlı olmayan yolculukların sayısı
R_i	: Başlangıç bölgesi i'de yaşayanların sayısı
A_i	: Dengeleme faktörü
W_j^n	: Varış bölgesindeki herhangi bir "n" aktivitesi için cazibe bölgelerinin (genellikle alışveriş ve mağazalar bölgelerinin işgal ettikleri taban alanları) alanları

$-\beta^n$	: i ve j bölgeleri arasındaki uzaklık katsayısı
C^n_{ij}	: Başlangıç i bölgesinden varış j bölgesine yapılan yolculukların bileşik maliyeti
T_{ij}	: i ve j bölgeleri arasında oluşan toplam yolculuk sayısı
Q_{ij}^n	: i ve j bölgeleri arasında n aktivesi için olması mümkün yolculukların sayısı
$a^n + b^n$	: Olması gereken maksimum yolculuk sayısı
$-\beta^n c^n_{ij}$	: Yolculuk eğilimlerini maliyet ile dengeleyen katsayılar

KISALTMALAR DİZİNİ

DAKUP (FSUP)	: Dört Aşamalı Kentsel Ulaşım Planlaması (Four Step Urban Transportation Planning)
TAB	: Trafik Analiz Bölgesi (Traffic Analysis Zone)
ITE	: Institute of Transportation Engineers (Ulaştırma Mühendisleri Enstitüsü)
ATM	: Aktivite Tabanlı Modelleme
SOM	: Sürücü Odaklı Modelleme
HCM	: Highway Capacity Manual (Otoyol Kapasite El Kitabı)
TRB	: Transportation Research Board (Ulaşım Araştırma Kurulu)
UTA	: Ulaşım Talep Analizi
SKH	: Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri
YOGT	: Yıllık Ortalama Günlük Trafik
TUİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
ABD	: Abdurrahman Mahallesi
BAB	: Babademirtaş Mahallesi
BAR	: Barutluk Mahallesi
ÇAV	: Cavuşbey Mahallesi
DİL	: Dilaverbey Mahallesi
FAT	: Fatih Mahallesi
İST	: İstasyon Mahallesi
KAR	: Karaağaç Mahallesi
KOCS	: Koca Sinan Mahallesi
MAB	: Medrese Alibey Mahallesi
MEN	: Menzilahir Mahallesi
MEY	: Meydan Mahallesi
MİTP	: Mithat Paşa Mahallesi
NİŞ	: Nişancıpaşa Mahallesi
SAB	: Sabuni Mahallesi

SAR	: Sarıcapaşa Mahallesi
ŞÜK	: Şükrüpaşa Mahallesi
TAL	: Talatpaşa Mahallesi
UMU	: Umurbey Mahallesi
YANŞ	: Yancıkçı Şahin Mahallesi
YEN	: Yeniimaret Mahallesi
YILB	: Yıldırım Beyazıt Mahallesi
YHS	: Yıldırım Hacı Sarraf Mahallesi
1MU	: 1. Murat Mahallesi

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Çapraz sınıflandırma modelinin formülü ve değişkenleri 13
Çizelge 2.2. Büyüme Modellerinin, değişkenleri ve formülleri..... 15
Çizelge 2.3. Sentetik modellerin değişkenleri ve formülleri..... 16
Çizelge 2.4. İş amaçlı yolculukların oluşturulması..... 19
Çizelge 2.5. İş amaçlı olmayan yolculukların oluşturulması 20
Çizelge 2.6. Toplam yolculuk sayılarının hesaplanması 20
Çizelge 2.7. Genelleştirilmiş maliyet yaklaşımı ile yolculukların oluşturulması 21
Çizelge 2.8. Yolculuk oluşturma sınırlı model. 22
Çizelge 2.9. Yolculuk çekimi kısıtlı model. 23
Çizelge 2.10. Yolculuk Oluşturma ve Çekimi Sınırlı Model 23
Çizelge 2.11. Entropi maksimizasyon modeli. 24
Çizelge 2.12. Erişebilirliğin teorik varsayımları 30
Çizelge 2.13. Erişebilirliğin ölçülebilirlik parametreleri 30
Çizelge 2.14. Grafik yöntemler ve mekânsal dağılım..... 32
Çizelge 2.15. Birikimli fırsatlar 32
Çizelge 2.16. Çekim ölçüsü 33
Çizelge 2.17. Faydalar ölçüsü 33
Çizelge 2.18. Zaman mekân ölçüsü 34
Çizelge 3.1. Kentsel ulaşım- sosyal, ekonomik, çevresel sürdürülebilirliğin ölçülebilir parametreler..... 40
Çizelge 3.2. Karayollarında kapasite tanımlamaları 42
Çizelge 3.3. Herhangi bir hizmet düzeyi için trafik akım oranı..... 44
Çizelge 3.4. İki şeritli iki yönlü yollarda hizmet düzeyi kriterleri 45
Çizelge 3.5. Trafiğin yönlere dağılımına ait düzeltme faktörleri 45
Çizelge 3.6. Dar şerit ve refüjler için düzeltme faktörleri..... 45
Çizelge 3.7. İki şeritli iki yönlü yollarda maksimum YOGT değerleri..... 46
Çizelge 4.1. Hansen modeli ve değişkenleri 51

Çizelge 4.2. Bağımlı ve bağımsız değişkenler korelasyon katsayıları 55
Çizelge 4.3. Regresyon analizi özeti 56
Çizelge 4.4. Nüfus bağımsız değişkeni ile regresyon analizi 57
Çizelge 4.5 Çalışma alanı 1/1000 UİP dağılımları (1/4) 59
Çizelge 4.6. Çalışma alanı 1/1000 UİP dağılımları (2/4) 60
Çizelge 4.7. Çalışma alanı 1/1000 UİP dağılımları (3/4) 61
Çizelge 4.8. Çalışma alanı 1/1000 UİP dağılımları (4/4) 62
Çizelge 4.9. Arazi kullanım türlerine göre Pearson korelasyonu 63
Çizelge 4.10. Arazi kullanım parametreleri 64
Çizelge 4.11. Çalışma alanı TAB bölgeleri yol alanları yüzdeleri 66
Çizelge 4.12. Çalışma alanı mahalleleri arasındaki uzaklık matrisi 67
Çizelge 4.13. Çalışma alanı işgücü, konut alanı ve nüfus verileri 68
Çizelge 4.14. TAB'ların erişebilirlik endeksi, gelişme potansiyelleri 69
Çizelge 4.15. R değerlerinin hesaplanması 70
Çizelge 4.16. TAB'ların 2023 yılı nüfus dağılımı 71
Çizelge 4.17. Trafik değerlerinin hesaplanması 72
Çizelge 4.18. Kavşakların yönlerine göre hizmet hacimleri ve yol alanı 74
Çizelge 4.19. İki kavşak arasındaki taşıt yolunun mevcut ve öneri yol üstü bisiklet yolu yapılması durumlarındaki hizmet düzeyleri 77
Çizelge 4.20. Mevcut ve öneri yolun hizmet akım oranları 78
Çizelge 4.21. Modelin aşamaları 79

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Aktivite tabanlı model bileşenleri. 11
Şekil 2.2. Dört aşamalı ulaşım planlaması (DAKUP) döngüsü 12
Şekil 2.3. DAKUP yolculuk dağılımı modelleri 15
Şekil 2.4. Arazi kullanımı-Kentsel Ulaşım Planlaması ilişkisi 17
Şekil 2.5. Kent yayılımı ve ulaşım türü tercihleri 19
Şekil 2.6. Arazi kullanım-ulaşım ilişkisi mekânsal etkileşim modelleri 21
Şekil 2.7. Trafik-Hareketlilik-Erişebilirlik perspektifinden sürdürülebilirliğin etkileşimi 27
Şekil 2.8. Erişebilirliğin arazi kullanımı-ulaşım altyapısı içindeki yeri 28
Şekil 2.9. Erişebilirlik ölçümünde kullanılan yöntemler 32
Şekil 3.1. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'nin (SKH'nin) içinde kentsel ulaşım planlamasının yeri 37
Şekil 3.2. SKH 11'de kentsel ulaşım-sürdürülebilirlik ilişkisi 38
Şekil 3.3. Kentsel ulaşımın çevresel-sosyal ve ekonomik etkileri; amaçları, kriterleri ve parametreleri 41
Şekil 3.4. Hacim/kapasite-işletme hızına göre hizmet düzeyleri 43
Şekil 3.5. Proje hızını, kapasiteyi ve hizmet düzeyini etkileyen faktörler 44
Şekil 4.1. Modelin oluşum aşamaları 52
Şekil 4.2. Talatpaşa Caddesi'nin kent içindeki konumu 53
Şekil 4.3. Kentin imar planı gelişimi 54
Şekil 4.4. Hane-halkı sayısı-yolculuk oluşumu (trafik) ilişkisi 55
Şekil 4.5. Nüfus-yolculuk oluşumu (trafik) ilişkisi 55
Şekil 4.6. Araç sahipliği- yolculuk oluşumu (trafik) ilişkisi 56
Şekil 4.7. Kentte bulunan TAB'lar ve fonksiyon alanları 58
Şekil 4.8. Konut-Ticaret alanları dağılımı 65
Şekil 4.9. Mevcut nüfus sayıları-mevcut trafik (yolculuk oluşumu) ilişkisi 72
Şekil 4.10. Migros ve Erasta kavşakları arası ve yakın çevresi 73

Şekil 4.11. Erasta ve Migros kavşakları arasındaki taşıt yolunun mevcut ve yol üstü bisiklet yolu yapılması durumundaki modellemeler 75
Şekil 4.12. İki kavşak arasındaki taşıt yolunun mevcut ve öneri yol üstü bisiklet yolu yapılması durumlarındaki plan ve kesitleri 76
Şekil 4.13. Mevcut ve öneri bisiklet yolu durumunda yolların trafik akım oranları 78

BÖLÜM 1.

GİRİŞ

Kentler zaman içinde büyümekte, daha fazla insanı barındırmakta ve farklı yerleşim düzenleri ile şekillenmektedir. Bunlara bağlı olarak kentsel alandaki ulaşım talebi de artmaktadır. Ayrıca ulaşım talebi, insanların iş, alışveriş, eğlence, okul vb. etkinlikler ile ilgili olarak yaptıkları yerleşim alanı seçimleri ile de bağlantı göstermektedir. Artan ulaşım talebi, kentsel büyümenin kaçınılmaz bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır.

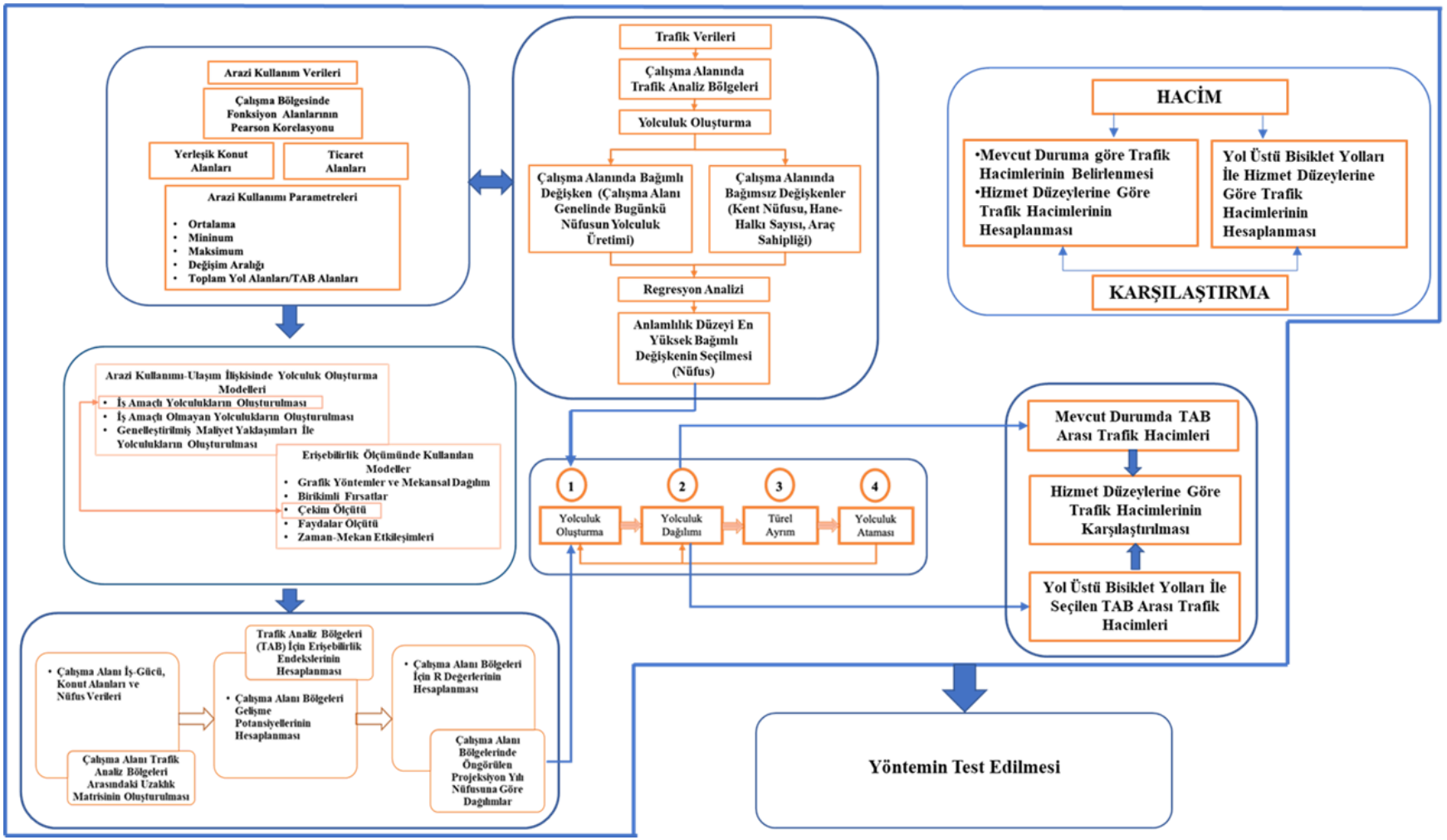
Kentsel ulaşım planlamasının amacı; kentsel alanlarda verimli ve dengeli bir ulaşım sistemi için planlar geliştirmektir. Bu planlama, bir kentin ulaşım ana planından, imar planının ulaşım ile ilgili kararlarına, bir yaya alanının, bir kavşağın planlanmasına kadar, değişik nitelikli ulaşım araştırmaları ve farklı ölçeklerde tasarımları ile ilgilidir (Eke, 2013). Kentsel ulaşım planlaması sürekliliği olan ve değişen koşullara göre yenilenen döngüsel bir süreçtir. Bu süreç, belirli bir aşamaya kadar sabit olsa da günümüzde yapılan çalışmalarda, incelenen bölgeye, o bölgeye özel birçok veriye ve o bölgeye özel hedeflenen amaçlar doğrultusunda yürütülmesi gerekmektedir (Schofer & Levin, 1967). Bu nedenle kentsel ulaşım planlaması çalışmalarında, yolculuk sayıları ve oranları ile zaman içerisinde bu hareketliliğin değişiminin tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu tahminlerin yapılabilmesi için ulaşım planlaması modelleri geliştirilmiştir. Bunlar; sosyal, ekonomik, demografik ve yapılı çevre özelliklerini içeren parametreler ve bu parametrelerin ilişkilerini de dikkate alan matematiksel modellerdir. Ne kadar sayıda yolculuk yapılacağını, bu yolculukların hangi noktalar arasında olacağını, hangi ulaşım türü/türleri ile gerçekleşeceğini ve kent içinde hangi güzergahların kullanılacağını tahmin etmek için kullanılmaktadırlar. Bunlar; Aktivite

Tabanlı, Sürücü Odaklı ve Dört Aşamalı Kentsel Ulaşım Planlaması modelleridir. Her modelin kendine özgü yöntemleri bulunmaktadır. Yolculuk sayılarının ve dağılımlarının öngörülmesinde, yolculukların amaçlarına ve olasılıklarına göre sınıflandırılmasında çoklu sınıflandırma, logit, probit ve poisson yöntemleri kullanılsa da oluşacak yolculukların sayıca tahmin edilmesi ve bu yolculukların dağılımlarının öngörülmesinde, bu yöntemlerin verilerini de içine alan regresyon analizi yöntemi kullanılmaktadır (McNally, 2007). Kentsel ulaşım planlaması, günümüzde genellikle yolculuk oluşturma,, oluşturulan yolculukları dağıtılması, bunların türel ayrımlarının yapılması ve yolculukların ulaşım ağına atanması süreçlerini içinde barındıran Dört Aşamalı Kentsel Ulaşım Planlaması Modeli kullanılarak hazırlanmaktadır (Johnston, 2004).

Sürekli genişleyen ulaşım altyapısının sağladığı artan bağlantı yolları ve ulaşım olanaklarının çeşitliliği, toplumun sosyal, çevresel ve ekonomik yönleri üzerinde olumlu ve olumsuz etkiler yaratmaktadır. Yoğun ulaşım faaliyetlerinin kentsel alanlarda yarattığı kalabalıklar ve aktivite yoğunluğu göz önüne alındığında bu etkiler daha belirginleşmektedir. Bu nedenle, sürdürülebilir kentsel ulaşım tanımlamaları ve çözümleri üzerine yapılan çalışmalar devam etmektedir (Loo & Chow, 2006).

Uluslararası ve ulusal düzeyde yapılan literatür araştırmalarında, sürdürülebilir ulaşım yaklaşımı ile kentsel ulaşım planlaması ilişkisine altlık oluşturabilecek çalışmalar azdır. Özellikle küçük ve orta ölçekli kentlerde, sürdürülebilir ulaşım planlaması konusu ise oldukça yenidir. Sürdürülebilir kentsel ulaşım yaklaşımlarının geliştirilmesi amacı ile yapılan modelleme çalışmalarına, kentsel ulaşımın çevresel, ekonomik ve sosyal etkileri ve bu etkilerin nitel ve nicel özelliklerinin kentsel ulaşım planlaması aşamalarına etkilerinin araştırılması gerekmektedir.

Kentsel ulaşım planlamasının yolculuk oluşturma aşamasında kullanılan sosyal, ekonomik, demografik ve yapılı çevre verileri ile sürdürülebilir kentsel ulaşım planlamasında kullanılan nitel parametrelerin etkilerini inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışmada; birçok parametreden oluşan kentsel ulaşım planlamasına, özellikle yolculuk oluşturma aşamasına, sürdürülebilir ulaşım yaklaşımının "erişebilirlik" parametresinin dahil edilmesi amaçlanmaktadır. Çalışmanın metodolojisi Şekil 1.1'de gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Çalışmanın metodolojisi

1.1. Konu ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Kentsel ulaşım planlamasında, kentsel alanlardaki bölgesel gelişmelerin, artan nüfusun ve ulaşım ağı altyapısındaki iyileştirme ve gelişmeler sonucunda değişen yolculuk tercihleri ile ulaşım sisteminin kullanımı ve yükünün tahmin edilmesi gerekmektedir (Ahmed, 2012; Modi et al., 2011). Bununla birlikte, kentsel arazi kullanım özellikleri, oluşan yolculukların nedenleri, bu yolculukların gerçekleştirilmesinde etkin olan uzaklıklar ve kullanılan ulaşım ağları kent genelinde hareketliliğe etkilemektedir. Çalışmada kullanılan, Dört Aşamalı Kentsel Ulaşım Planlaması (DAKUP) modeli; mevcut durumda oluşan yolculukların sayısını, bu yolculukların alanlar arasında sayıca dağılımını, dağılımın hangi ulaşım araçları ile gerçekleştirildiğini ve bu yolculukların hangi istikametler takip edilerek tamamlandığını tahmin edebilmektedir.

Dört Aşamalı Kentsel Ulaşım Planlamasında; yolculuk oluşturma yöntemlerine altlık olarak oluşturacak mekânsal verileri düzenlemek için Trafik Analiz Bölgeleri (TAB) kurgulanmaktadır. Analiz ihtiyaçlarına göre sınırları belirlenen bu bölgelerin uzamsal kapsamı, dış mahalle ölçekleri gibi çok geniş alanlardan, merkezi iş bölgelerindeki binalara kadar değişiklik gösterebilmektedir (Hardy & Wunderlich, 2008).

Yolculuk oluşturma aşaması, herhangi bir Trafik Analiz Bölgesi (TAB) tarafından üretilen veya bu bölgelere çekilen yolculuk sayısının tahminini sağlayan Dört Aşamalı Kentsel Ulaşım Planlaması (DAKUP) modelinin ilk aşamasıdır. Bu aşamada insanların yolculuk davranışlarını yansıtabilecek matematiksel yöntemler kullanılmaktadır.

Yolculuk oluşturma oranları, belirli bir araştırma alanı için gerçekleştirilen hane halkı yolculuk anketine dayalı olarak gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte Trafik Analiz Bölgeleri'ndeki (TAB) yolculuk oluşumlarında arazi kullanımının etkisi de bulunmaktadır. Bu nedenle "yolculuk oluşturma" kavramı; hem "kentsel ulaşım planlaması ve talep analizi" konusunda hem de "kentsel ulaşım planlaması ve arazi kullanımı ilişkisi" başlıklarında yapılan çalışmalar çerçevesinde ulusal ve uluslararası literatür araştırılmıştır. Çalışmanın amacı doğrultusunda, arama kriterlerine "sürdürülebilirlik" ve "sürdürülebilir ulaşım" başlıkları da eklenmiştir.

Sürdürülebilir ulaşım parametreleri, kentsel ulaşım ve arazi kullanımı ilişkisi, yolculuk oluşturma başlıkları altında; kentsel ulaşım planlaması konusunda yolculuk oluşturma aşamasının detayları ve öneminin ele alındığı (Black & Schreffler, 2010; Hu et

al., 2010), yolculuk oluşturma aşamasına sistemsel bir yaklaşım getirime amacı ile hazırlanan yolculuk oluşturma kılavuzu (Institute of Transportation, 2017), sürdürülebilir ulaşım yaklaşımlarının belirlenmesine yönelik olarak, (Litman, 2006; Smargiassi et al., 2020; Steg & Gifford, 2005) ve arazi kullanımı–kentsel ulaşım ilişkisinin araştırıldığı (Cervero, 2013; Polzin, 1999) çalışmalar ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Bu çalışmalardan; Ulaştırma Mühendisleri Enstitüsü (Institute of Transportation Engineers, 2017) tarafından oluşturulan yolculuk oluşturma kılavuzunda, 176 farklı fonksiyon alanı için düzenlenen anket sonuçları kullanılmıştır. Çalışmada 5500'den fazla alandan örneklem analizleri yapılmış ve araştırılan fonksiyon alanlarının kullanım amacı özelliklerinden başlayarak (alanın büyüklüğü, çalışan sayısı, sakinlerin sayısı) birçok değişkenin fonksiyonu olarak yaratılan yolculuk miktarlarını tahmin etmeye yarayan regresyon grafikleri oluşturulmuştur. Araç yolculuklarını tahmin etmek amacı ile kullanılan bu özellikler, tipik olarak doğru bir tahmin yürütmek için yeterli olsa da incelenen bölgede yürüyüş, bisiklet ve toplu taşıma olanaklarının olduğu kentsel alanlarda araç yolculuklarının sayısındaki değişim miktarları Institute of Transportation Engineers (ITE) tarafından hazırlanan yardımcı grafiklerde ihmal edilmekte ve bölgeye sadece otomobil kullanımı ile erişildiği varsayılmaktadır (Clifton et al., 2013).

Black & Schreffler (2010), ulaşım talep analizi ile ilgili çalışmasında bazı tanımların ve yöntemlerin tam olarak açıklanmadığını, bu nedenle de geliştirilen kavramların gerçek potansiyellerinin kısıtlandığını savunmaktadır. Sürdürülebilir ulaşım planlama anlayışlarının çok daha etkili olarak kullanılabileceğinin öne sürüldüğü çalışmada, yeni bir paradigma ile yolculuk azaltma endeksi yaratmayı denemişlerdir. Hazırlanan endekslerin uygulamada kullanımının henüz mümkün olmadığı anlaşılmaktadır.

İran'ın Kerman kentindeki ulaşım yatırımlarında motorsuz ve insan odaklı ulaşım amaçlı yatırım paylarını analiz edilen çalışma sonucunda devlet bütçesinden ulaşım için ayrılan pay içerisinde bireysel araç kullanımı ile yaya ve motorsuz ulaşım türleri için ayrılan pay yüzdeleri kıyaslanmaktadır. Çalışma sonuçlarının bireysel araç kullanımına dönük destekleyici tespitleri oldukça önemlidir (Parizi & Kazeminiya, 2015).

Kentsel hizmet kalitesinin arttırılması ve yaşam kalitesinin sağlanabilmesi için "evrensel düşün, bölgesel harekete geç" yaklaşımını ele alan çalışmada Sürdürülebilir

ulaşım planlamasından nelerin beklenebileceği ve yaşanabilir kentler için neler yapılabileceği gerek bölgesel gerekse ülke ölçeğinde tartışılmakta ve sürdürülebilirlik kavramının çevresel ve ekolojik limitlerine değinilmektedir (Beatley, 1995).

Smargiassi ve arkadaşları (2020), 2061 yılı için ulaşım-arazi kullanım biçimleri için çevresel ve sağlık etkilerini tartıştıkları çalışmalarında, ulaşım türlerine göre hava kirliliği ve sağlık üzerindeki etkilerini ele almaktadır. Kanada için hazırlanan senaryolar ile ulaşımın kirletici etkilerinden CO_2 ve NO_2 salınımın ülke genelinde %70 ve küresel ölçekte %33 oranında artacağını öngörmekte ve bireysel araçların kullanımına radikal çözümler getirilmesi gerekliliğini savunmaktadır.

Cervero (2013), hızlı nüfus artışı, yoksulluk ve gelir eşitsizlikleri, aşırı kalabalık kentsel merkezler, kötü tasarlanmış yol ağları, konut ve iş yerleri arasındaki mekânsal uyumsuzluklar, kötüleşen çevre koşulları ve tıkanıklık nedeniyle aşırı trafikten kaynaklanan ekonomik kayıpların, gelişmekte olan kentlerin karşı karşıya kalabileceği sorunlara değinmektedir. Konunun önemi Güney Asya, Güneydoğu Asya, Çin, Hindistan, Afrika ve Güney Amerika'dan incelenen örnekler ile vurgulanmaktadır. Ulaşım ile arazi kullanımını bütünleştirmek için yapılan her şeyin yoksul yanlısı olması gerektiği vurgulanan çalışmada, her yerde bütünleşmiş ve sürdürülebilir ulaşım, erişilebilir kentsel faaliyetler ve güvenli, çekici yürüyüş ve bisiklet çevreleri dünyanın en fakir ülkelerindeki kentlilerin refahı için özellikle hayati önem taşıdığı sonucuna varılmıştır.

1.2. Tezin Amacı ve Özgün Değeri

Kentsel ulaşım planlaması çalışmalarında belirlenen trafik analiz bölgelerinde yolculuk oluşturma aşamasının geliştirilmesi için son zamanlarda yapılan birçok çalışma arazi kullanım özelliklerine odaklanmaktadır. Bu çalışmalar genellikle gelişmiş ülkelerdeki kentler ile sınırlıdır. Gelişmekte olan ülkelerdeki küçük ve orta ölçekli kentlerde kentsel ulaşım planlaması çalışmalarında arazi kullanımına odaklanan ve konuya sürdürülebilirlik parametrelerini dahil eden bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır.

Kentsel ulaşım planlaması sürecinde kullanılan yaklaşımlar ilk olarak çalışma bölgesinde oluşan hareketliliği modellemeyi amaçlamaktadır. Bu haraketliliğin modellenebilmesi için ise mevcut durumdaki ulaşım planlaması göstergelerinin

belirlenmesi gerekmektedir. Bunlar, ulaşım planlamasında kullanılan parametrelerdir. Çalışmada, bu parametrelere, sürdürülebilir ulaşım parametrelerinden erişebilirliğin kentsel ulaşım planlaması sürecine dahil edilmesinin olanakları araştırılmaktadır.

Çalışma kapsamında küçük ve orta ölçekli kentlerde arazi kullanımına odaklanılmaktadır. Mevcut yapılı çevre analizleri yapılarak kentsel ulaşım planlamasının ilk aşaması olan yolculuk oluşturma verileri üretilmiştir. Ulaşım-dolaşım etkilerinin olumlu ve olumsuz etkileri ve bu etkilerin ölçülebilen ve ölçülemeyen özellikleri ile sürdürülebilirlik parametrelerinin belirlenmesi yolları araştırılmıştır. Ölçülebilen ve ölçülemeyen sürdürülebilirlik parametrelerinin belirlenmesi "erişebilirlik" tanımı üzerinden ele alınmaktadır. Böylece, kentlerin ulaşım planlamasına sürdürülebilirlik parametrelerinin nasıl ve ne şekilde dahil edilebileceği ve "sürdürülebilir kentler ve topluluklar" olabilmeleri yolunda geleceğe yönelik ulaşım planlarına katkı sağlanması amaçlanmaktadır.

1.3. Tezin Kapsamı ve Sınırlamaları

Tez kapsamında, Dört Aşamalı Kentsel Ulaşım Planlaması (DAKUP) süreçlerine arazi kullanımı ve sürdürülebilirlik parametrelerinden erişebilirlik ilkesinin eklenmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, öncelikle kentsel ulaşım planlamasında kullanılan modeller ve Dört Aşamalı Kentsel Ulaşım Planlaması (DAKUP) ele alınmıştır. DAKUP'un dört aşama açıklanmıştır. Bu aşamaların ilki olan "yolculuk oluşturma" ve ikincisi olan "yolculuk dağılımı" DAKUP'un sayısal verilerinin oluşturulmasına etki eden en önemli aşamalarıdır. Çalışmada, bu aşamalardaki arazi kullanımı ve mevcut parametrelere ilave olarak erişebilirlik parametresi dahil edilmektedir. Yeni oluşturulan birinci ve ikinci aşamaların dolaylı olarak modelin üçüncü ve dördüncü aşamaları olan "türel ayrım" ve "yolculuk ataması" aşamalarını da etkileyeceği kabul edilerek çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır.

Kentsel ulaşım planlaması konusunda arazi kullanımı-ulaşım ilişkisi ve "erişebilirlik teorisi" konuları sadece kentsel ulaşım planlaması ilgi alanında kalan başlıklar altında incelenmiştir. Kent kuramlarında konut yeri seçimi, ticari alanların yer seçimleri, endüstri alanları için karar süreçleri gibi konular çalışma kapsamı dışında tutulmuştur.

Çalışmada, sürdürülebilirlik konusu sadece sürdürülebilir ulaşım tanımlamasının ortaya çıkarılmasında etkili parametrelerin neler olabileceği üzerinden tartışılmaktadır. Bu nedenle zaman içerisinde farklı bakış açılarıyla farklı birçok konuda yer alan ve tanımlanan "sürdürülebilirlik" tanımları kapsam dışında bırakılmıştır. Sürdürülebilirlik açısından kentsel ulaşımın çevresel, sosyal ve ekonomik etkilerine yer verilmiştir. Ölçülebilen bağımlı ve bağımsız sürdürülebilirlik parametrelerinin, "erişebilirlik" üzerinden nasıl belirlenebileceği tartışılmıştır. Ekonomik araştırma ve sürücü davranışları gibi dolaylı ve dolaysız belirleyiciler kapsam dışı bırakılmıştır.

Tez kapsamında örneklem olarak Edirne kenti seçilmiştir. Edirne kenti özelindeki veri toplama sürecinde kentin sınır kenti olması ve çalışma sonuçlarının Edirne kent ölçeği ile benzerlik taşıyan diğer küçük ve orta ölçekli kentlere de katkı sağlaması amaçlanmıştır. Çalışmada, yolculuk oluşturma ve genel yolculuk ölçümlerinde sınır kapısı giriş-çıkışlarından ve kentler arası yollardan doğan artı trafik yükü hesaplamalara dahil edilmemiştir. Alana özgü, kentsel ulaşım planlaması çalışmaları sürecinde toplu taşıma, araç sayıları, nüfus ve hane halkı sayısı verileri kullanılmış ancak kente ulaşan raylı taşımacılık gibi alternatif ulaşım türleri çalışma kapsamı dışında tutulmuştur. Kentte her bir mahalle bir Trafik Analiz Bölgesi (TAB) olarak kabul edilmiş ve bu bölgeler için çalışmalar, 1/1000 ölçekli mevcut Uygulama İmar Planı üzerinden yapılmıştır. Kent için Dört Aşamalı Kentsel Ulaşım Planlaması (DAKUP) modelinin ilk aşaması olan "yolculuk oluşturma" hesaplamaları Hansen Modeli kullanılarak yapılmıştır. Daha sonra iki Trafik Analiz Bölgesi'ni (TAB'ı) birbirine bağlayan bir ana arterde (Talatpaşa Caddesi'nde seçilen iki kavşak arasında), sürdürülebilirliğin erişebilirlik parametresi olarak yol üstü bisiklet yolları önerilmiştir. Önerilen bu yolların, mevcut yol kullanımı alanları ile bütünleştirilmesi sonucunda, kent içi trafik akımındaki değişimler incelenmiştir. Böylece, kentsel ulaşım planlamasında trafiğin olumsuz etkilerinin azaltılmasının, ilave bir trafik yükü getirmeden mümkün olabileceği ve sürdürülebilir ulaşım planlaması açısından önemli parametrelerin belirlenebileceği tespit edilmiştir. Bu hesaplamaların tümü kent genelindeki taşıt yollarında yapılabileceğinden, bu çalışmada diğer yolar kapsam dışında bırakılmıştır.

BÖLÜM 2.

KURAMSAL ÇERÇEVE

Kentsel ulaşım planlaması çalışmaları, geçtiğimiz yüzyılın ortalarından itibaren başlamış ve ulaşım altyapılarının geliştirilmesinde işlevselliğin öne çıkarıldığı bir yaklaşım ile ele alınmıştır. Bu planlama yaklaşımları, özellikle bireysel araçlara odaklı karayolu trafiği başta olmak üzere, artan trafik durumunu karşılamaya dayandığı için kentlerin yol altyapısına büyük yatırımlar yapılmasına neden olmuştur. Planlayıcıların bireysel yol trafiğini önceleyerek, geleceğe yönelik kısa vadeli çözüm önerileri geliştirme çabalarının sonuçları ise günümüzde birçok kentte yaşanan trafik sorunları ile kendini göstermektedir. Bu sorunlar; gürültü, hava kirliliği, trafik kazaları ve kent alanlarından yollara ayrılan alanların düzensizliği veya plansızlığı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sorunların sonucunda, kent sakinlerinin yaşam kalitesi azalmaktadır (Kobayashi et al., 1975).

Kentsel ulaşım planlaması çalışmaları 1950-1960 yılları arasında Chicago Bölgesi kentsel ulaşım planlaması denemeleri ile başlamıştır. Geliştirilen ilk model on aşamada yürütülmüştür. Bu aşamalar; verilerin toplanması ve analiz edilmesi, gelecekteki olasılıkların tahmin edilmesi, hedeflerin oluşturulması, tasarım alternatiflerin geliştirilmesi ve test edilmesi, alternatiflerin değerlendirilmesi, uygun alternatife karar verilerek uygulanması ve uygulanan kararların gözlemlenmesidir. Çalışma sonucunda modelin uygulanabilirliği ispatlanmış, ancak ara aşamalarda geliştirilmelere gidilmesi sonucuna varılmıştır (Black, 1990).

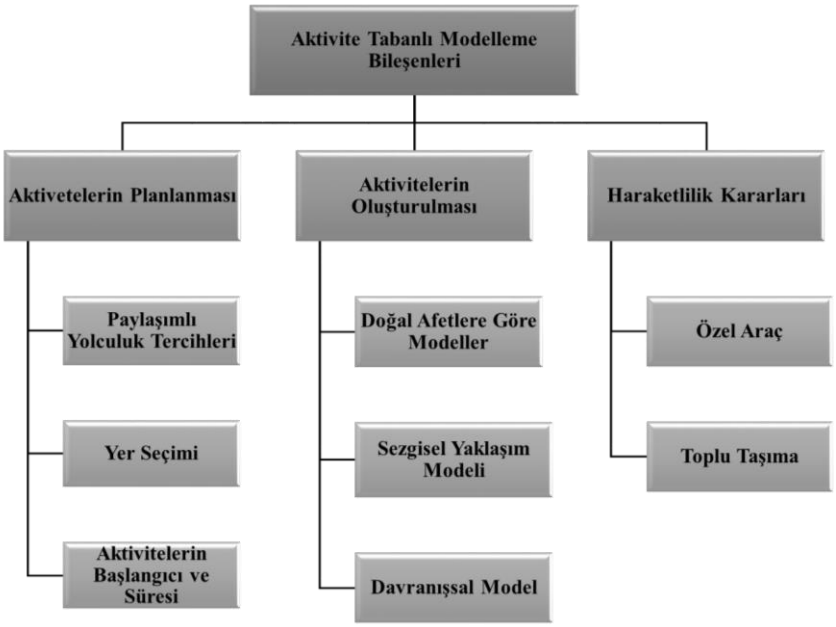
Geliştirilen bu model sonrasında kentsel ulaşım planlaması çalışmalarında özellikle de gelişen teknoloji yardımıyla, büyük miktardaki verilere ulaşılması kolay hale gelmiş ve farklı planlama arayışlarına gidilmiş ve farklı modeller geliştirilmiştir

2.1. Kentsel Ulaşım Planlamasında Kullanılan Modeller

Kentsel bölgedeki bir noktadan diğerine gerçekleşen yolculukların, başlangıç ve varış noktaları arasındaki toplam hareketliliği, Trafik Analiz Bölgeleri (TAB) üzerinden temsil edilmektedir (Martínez, Viegas et al. 2009). Trafik Analizi Bölgeleri (TAB), planlamanın ilk aşaması olan yolculukların oluşturulmasını etkileyen nüfus, istihdam ve diğer mekânsal özelliklerin yanı sıra yolculukların başlangıç ve bitiş noktalarının mekânsal dağılımını temsil etmek için evrensel olarak kullanılmaktadır. Kentsel ulaşım planlamasında üç farklı model kullanılmaktadır. Bu modellerde öncelikle Trafik Analiz Bölgeleri (TAB) belirlenmektedir. Trafik Analiz Bölgesi (TAB) olarak seçilen alanlar arasındaki hareketlilikten doğan trafik oluşumunu tahmin etmek için Aktivite Tabanlı Model (ATM), Sürücü Odaklı Model (SOM) ve Dört Aşamalı Kentsel Ulaşım Planlaması (DAKUP) bulunmaktadır.

A. Aktivite Tabanlı Model: Bireylerin belirli aktiviteleri (iş, alışveriş, eğlence, vb.) nerede, ne zaman ve hangi ulaşım türü ile gerçekleştireceklerini tahmin etmeye çalışan, genellikle sezgisel ve davranışsal kalıplar üzerinden çalışan modellerdir. Egzoz gazı emisyonları, trafiğin olumsuz çevresel etkileri ve hava kirliliğine maruz kalma gibi çevresel amaçlar için kullanılmaktadırlar (Beckx et al., 2009; Shiftan, 2000). Şekil 2.1'de modelde kullanılan değişkenler ve birbirleri ile ilişkileri gösterilmektedir.

B. Sürücü Odaklı Model: Günümüzde yaşanan teknolojik gelişmeler ile veri bilimi ve büyük verilerin kullanım kolayları, ulaşım modelleri için kullanılabilir olmaktadır. Literatürde yapılan çalışmalar, kentlerde sürücülerin davranışlarını, bireysel düzeyde modellemeye ve tahmin etmeye doğru evrilmektedir. Ancak sürücü bazında başlangıç, varış ve ara noktaların, karayolu ağlarındaki kameralar ile izlenmesi ve toplanan sürücü verilerinin sonradan sosyal ağ profillerinden alınan veriler, kredi kartı satın alma verileri ve arama motoru geçmişi gibi diğer gelişmiş veri toplama araçlarından alınan veriler ile birleştirilerek yapıldığı zaman anlamlı sonuçlara ulaşılmaktadır. Bu durum, modelleri daha doğru tahminlere götürse de toplumsal gözetlenme eleştirileri ile ilgili olasılıklar konusunda önemli mahremiyet endişeleri yaratmaktadır (Albaba, 2019).



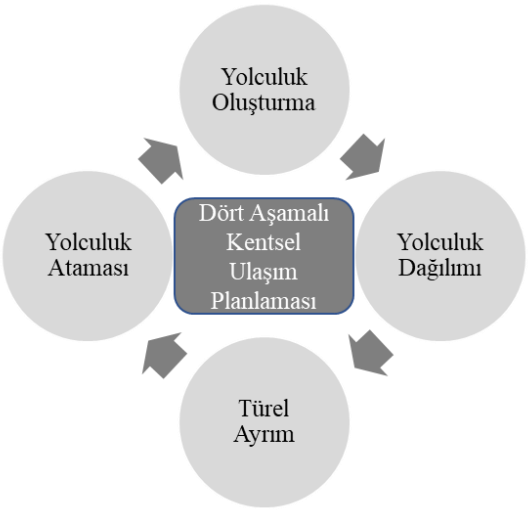
Şekil 2.1. Aktivite tabanlı model bileşenleri (Beckx et al., 2009; Shiftan, 2000).

C. Dört Aşamalı Kentsel Ulaşım Planlaması (DAKUP): Günümüzde en çok kullanılanı modeldir (Burbidge et al., 2007; Schoon, 1996). Arazi kullanımı-ulaşım ilişkisini birleştirerek benimseyen modellerin yaratılması için literatürde birçok araştırma bulunmaktadır. Çalışmada kentsel ulaşım planlaması ulaşım–arazi kullanım ilişkisini ortak olarak ele alınmaktadır. Bu nedenle günümüzde ulaşım talep analizleri için sıklıkla kullanılan DAKUP aşamalarından yolculuk oluşturma ve oluşturulan yolculukların dağılımı aşamaları, arazi kullanım modelleri de ulaşım planlama modelleri döngüsü içinde incelenmektedir.

2.2. Dört Aşamalı Kentsel Ulaşım Planlaması (DAKUP)

Dört Aşamalı Kentsel Ulaşım Planlaması (DAKUP), kentsel ulaşım sisteminin analizi amacıyla takip edilen dört aşamalı bir süreci ifade etmektedir. Bu süreç, içinde yolculuk taleplerinin modellenmesine yönelik çalışmaların olduğu "yolculuk oluşturma" aşaması ile başlamaktadır. Bu ilk aşamada, kentsel sistemden beklenen yolculuk sayılarının tahmin edilmesi amaçlanmaktadır. Planlamanın ikinci aşaması "yolculuk dağılımı"dır. Bu aşamada Trafik Analiz Bölgelerinde (TAB), başlangıç noktalarında oluşturulan yolculukların, kentsel alandaki varış noktalarına dağılımı yapılmaktadır. "Türel ayrım" üçüncü aşamadır. Bu aşamada, yaratılan bu dağılımın hangi ulaşım türleri ile (otomobil, toplu taşıma vb.) gerçekleşebileceği tahmin edilmektedir. Dördüncü aşama; yolculukların kentsel ulaşım ağındaki çeşitli bölgelere atanmasının yapıldığı "yolculuk

ataması"dır. Bu aşama ile tamamlanan dört aşamalı süreç, hedeflenen amaçlar doğrultusundaki parametreler ile döngü içinde devam ettirilmektedir (Robinson, 2011). Şekil 2.2'de DAKUP'un döngüsel süreci gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Dört aşamalı ulaşım planlaması (DAKUP) döngüsü (Robinson, 2011)

Çalışma Dört Aşamalı Kentsel Ulaşım Planlaması'nın (DAKUP'un) ilk iki aşamasını ele almaktadır. Birinci aşama olan "yolculuk oluşturma" aşaması için çapraz sınıflandırma ve regresyon modelleri kullanılırken ikici aşama olan "yolculuk dağılımı" için büyüme modelleri ve sentetik modeller kullanılmaktadır. Üçüncü ve dördüncü aşamalar, bir ve ikinci aşamalardan elde edilen verilere bağlı olarak gelişeceğinden çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır.

A. DAKUP Yolculuk Oluşturma Modelleri

Yolculuk tahminlerinin yapılmasında, arazi kullanımı-ulaşım planlaması ilişkisi üzerine literatürde birçok araştırma bulunsa da ispat edilmiş ve kullanılan herhangi bir yöntem bulunmamaktadır. Bununla birlikte, kentsel alanların planlamasında oluşacak yolculuk ve hareketlilik için yapılan çalışmalar ile kentsel ulaşım planlamasında kullanılan yaklaşımlar benzerlik göstermektedir (Colonna et al., 2012; Thondoo et al., 2020).

Yolculuk oluşturma aşaması, DAKUP yaklaşımının ilk adımıdır (Panackel & PadminiA., 2013). Sürecin ilk aşamasında, Trafik Analiz Bölgesi (TAB) oluşturulan ve TAB'a çekilen yolculuk sayısı ile yolculukların oluşmasında etken olduğu kabul edilen değişkenler arasındaki matematiksel ilişkiler belirlenmektedir. Belirlemede çapraz

sınıflandırma veya regresyon analizi modelleri kullanılmaktadır. Bağımlı ve bağımsız değişkenler TAB'daki özelliklere göre belirlenmektedir. Konut bölgelerinde ağırlıklı olarak aile yapısı ile ilgiliyken, çalışma alanlarında üretim ticaret ve iş gücü hacmini belirleyen değişkenler kullanılmaktadır (Abdel-Aal, 2017; Ewing et al., 2017; Zenina & Borisov, 2013).

A.1. Çapraz Sınıflandırma Modeli: Kategori Analizi olarak da adlandırılmaktadır. Benzer hanelerde oluşturulan yolculukların sayısı ile aynı kategoriye ait hanelerin yarattığı yolculuk sayılarının eşit olacağı varsayımına dayanmaktadır (Khalik Al-Tae & M Taher, 2006). Bu modelde TAB başlangıç "i" bölgesinde "k" sınıflandırmasında bulunan "n_i^k" adet hane var ise ve eğer bu kategoride hane başına ortalama yolculuk sayısı "g_k" ise, bu durumda "i" bölgesinde oluşacak yolculuk sayısı olan "T_i", Çizelge 2.1'deki gibi hesaplanmaktadır (Stopher & McDonald, 1983).

Çizelge 2.1. Çapraz sınıflandırma modelinin formülü ve değişkenleri (Stopher & McDonald, 1983)

Çapraz Sınıflandırma Modeli		
Formül	**Değişkenler**	**Açıklaması**
$\boldsymbol{T_i = \sum_{\forall k} n_k^i \ g_k}$	T_i	TAB bölgesinde oluşturulan yolculuklar
	n_k^i	Herhangi bir "k" sınıflandırmasına dahil olan hane halkı sayısı
	g_k	Hane başı ortalama yolculuk sayısı

Model, bir bölgede üretilen yolculukların o bölgedeki tüm haneler tarafından üretilen toplam yolculuklar üzerinden öngörmeyi amaçlamaktadır. Bu modelde veri toplama maliyetleri yüksektir. Hane halklarının yolculuk oluşturma davranışları ile ilgili ek verilere ihtiyaç duyulmaktadır ve kurgulanan yolculuk tablolarının sıklıkla güncellenmesi gerekmektedir (Douglas, 1973).

A.2. Regresyon Analizi Modeli: Bu modelde, yolculuk oluşturma ve oluşturulan bu yolculukların sayısını etkileyen etmenler arasında bir katma fonksiyonel formun var olduğu varsayılmaktadır. Trafik Analiz Bölgesi'nin (TAB) nüfus, yaş dağılımı, araç sahipliği, gelir düzeyleri, çalışanların sayısı ve hane halkı sayısı gibi demografik verileri üzerinden yolculuk oluşturmak için, bu parametreler arasında Pearson Korelasyonu ile anlamlı olan değişkenler belirlenerek yolculuk oluşturma işlemi yapılmaktadır (Bollini Prasad & Molugaram, 2018).

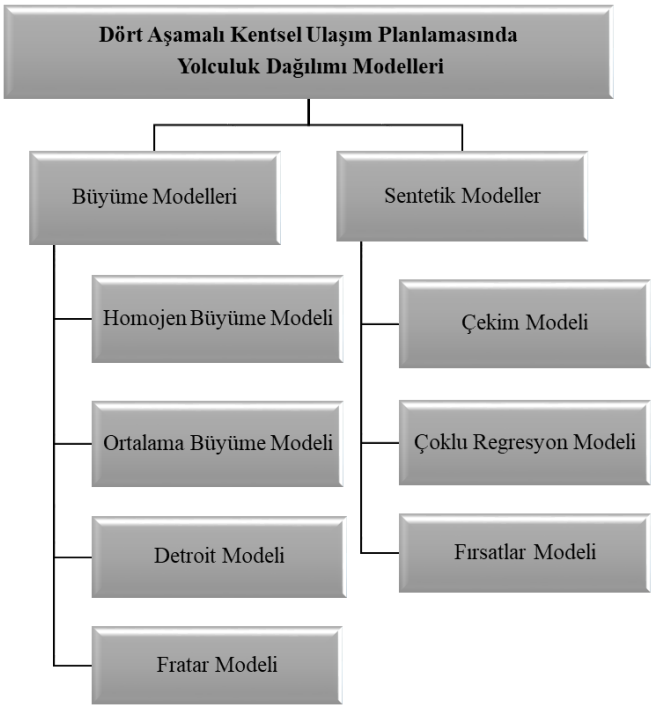
Saha anketlerinin yapılamadığı durumlarda bu model ile yapılan tahminlere başvurulmaktadır. Regresyon fonksiyonunun tüm parametrelerinin bilinmesi halinde bu modeli kullanarak TAB'ın oluşturduğu yolculukların sayısını belirlemek kolaylaşmaktadır. Parametreler, "En Küçük Kareler Yöntemi" veya "Maksimum Olabilirlik Yöntemi" gibi bazı parametre tahmin teknikleri kullanılarak, ampirik olarak elde edilmiş veriler üzerinde belirlenmektedir (M. Moeinaddini, 2015; Mccarthy, 1982).

B. DAKUP Yolculuk Dağılım Modelleri

Dört Aşamalı Kentsel Ulaşım Planlaması'nın (DAKUP) ikinci aşamasını oluşturan yolculuk dağılım aşamasında Trafik Analiz Bölgelerinde (TAB) oluşturulan yolculuklar belirlendikten sonra, bu yolculukların TAB'lar arasında dağılımının nasıl gerçekleşebileceğinin tahmini için yolculuk dağılım modelleri geliştirilmiştir. Yolculukların TAB'lar arasındaki dağılımını başlangıç ve varış noktalarının yolculuk oluşturma özelliklerinin yanı sıra, cazibe merkezlerinin konum özellikleri ile yolculukta geçirilen süreler belirlemektedir (Sarkar et al., 2017). Her Trafik Analiz Bölgesi'nin (TAB'ın), gelecekte oluşturacağı yolculuk sayılarını planlama hedef yılında o bölgenin dağılımı ve arazi kullanım planları belirlemektedir. TAB'ın yol ağı içinde bulunan belirli bir rota veya farklı rotalar kullanılarak iki nokta arasında yapılan yolculukların ulaşım türüne bağlı olarak trafik hacmi öngörüsü de bu aşamada gerçekleştirilmektedir. DAKUP'un yolculuk dağılımı aşamasında, Büyüme Modelleri ve Sentetik Modeller olmak üzere iki kategoride toplanan model yaklaşımları bulunmaktadır. DAKUP'un yolculuk dağılımı için kullanılan modelleri ve bunların alt modelleri Şekil 2.3'de gösterilmektedir.

B.1. Büyüme Modelleri: Yolculuk oluşturma aşamasından sonra, oluşturulan bu yolculukların dağılımı yapılmaktadır. Bu aşamada, yolculukların başlangıç ve varış noktaları arasındaki dağılımı bir matris biçiminde ilişkilendirilmektedir. Ulaşım talep tahminlerinin bir parçası olan büyüme modelleri herhangi iki nokta arasındaki seyahat talebi ile ilgilenmektedir. Bu talep, seyahat için cazibe merkezlerinin artmasıyla artmakta, ancak seyahate karşı direnç arttıkça azalmaktadır (Johnston et al., 2003; Modi et al., 2011). Yolculuk oluşumunu tahmin edebilmek için, yolculukların dağılımını belirleyen yolcu davranışlarının anlaşılması gerekmektedir. Yolculuk dağılımı analizi aşamasının amacı, hem toplu taşımada hem de ara tercihler ile planlanan yolculukları da TAB'lar arasında sentezleyen bir yöntem geliştirmektir (Zuidgeest & Van Maarseveen, 2000).

Yolculukların gelecek yıllar için dağılımını tahmin etmek amacıyla kullanılan büyüme modelleri; Homojen büyüme, Ortalama büyüme, Detroit ve Fratar modelleridir. Bu modellerin değişkenleri ve hesaplama yöntemleri Çizelge 2.2'de verilmektedir.



Şekil 2.3. DAKUP yolculuk dağılımı modelleri (Sarkar et al., 2017)

Çizelge 2.2. Büyüme Modellerinin, değişkenleri ve formülleri (Zuidgeest & Van Maarseveen, 2000)

Büyüme Modelleri			
Model Adı	**Formül**	**Değişkenler**	**Açıklaması**
Homojen Büyüme	$T_{ij} = t_{ij}$ x G	T_{ij}	Tasarlanan zaman için i ve j bölgeleri arasında oluşacak toplam yolculuk sayısı
		t_{ij}	Mevcut durumda i ve j bölgeleri arasında oluşacak toplam yolculuk sayısı
Ortalama Büyüme	T_{ij} = tij x (Gi +Gj) / 2	G_i, G_j	i ve j bölgelerindeki büyüme katsayısı
Detroit	$T_{ij} = t_{ij}$ x (G_i +G_j) / G	G	Bölge geneli için büyüme katsayısı
Fratar	$T_{ij} = t_{ij} \times \frac{Ti}{t_i} \times \frac{A_j}{a_j} \times \frac{\sum_{k=1}^{n} t_{ik}}{\sum_{k=1}^{n} \frac{A_k}{a_k} \times t_{ik}}$	T_i, t_i	i bölgesindeki mevcut ve tasarlanan zaman için öngörülen yolculuk sayıları
		A_j, a_j	j cazibe bölgesine mevcut durumda ve tasarlanan zaman için öngörülen yolculuk sayıları
		A_k, a_k	Toplam Trafik Analiz Bölgesi (TAB) sayısı

B.2. Sentetik Modeller: Trafik Analiz Bölgeleri (TAB'lar) arasında oluşan hareketliliğin altında yatan nedenleri ayırt etmeye çalışan modellerdir. Bu modeller yardımı ile cazibe merkezleri, yolculuk miktarları ve yolculuk direnci ölçüleri arasında

ilişkiler kurulmaktadır. Böylelikle sadece gelecekteki yolculuk miktarlarının dağılımı değil, aynı zamanda temel yıl akışlarını sentezlemek de mümkün olmaktadır (Semenov & Jacyna, 2022). Bu modeller; Çekim, Çoklu Regresyon ve Fırsatlar modelleri olarak üç gruba ayrılmaktadır (Çizelge 2.3).

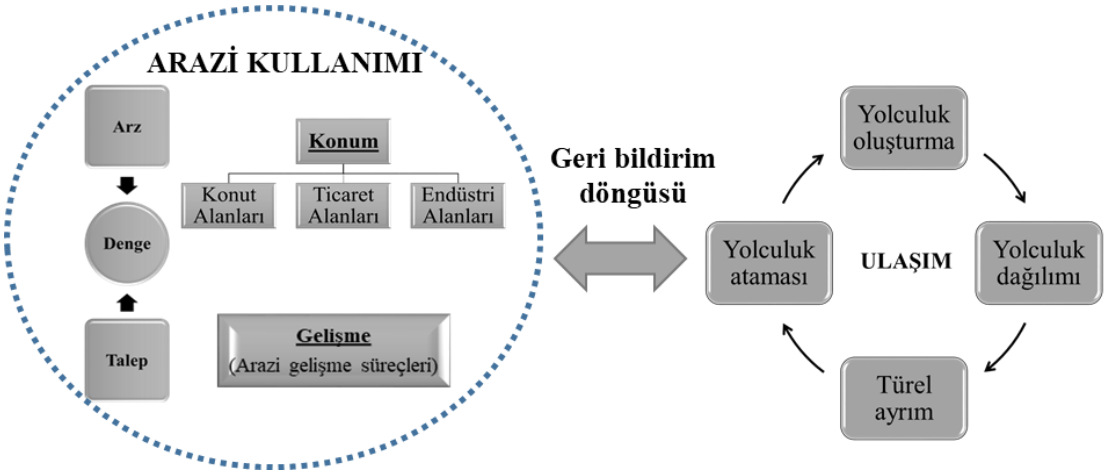
Çizelge 2.3. Sentetik modellerin değişkenleri ve formülleri (Semenov & Jacyna, 2022)

Sentetik Modeller			
Model Adı	**Formül**	**Değişkenler**	**Açıklaması**
Çekim Modeli	$T_{ij} = P_i \left[\frac{A_j F_{ij} K_{ij}}{\sum_j A_j F_{ij} K_{ij}} \right]$	T_{ij} P_i A_j F_{ij} K_{ij}	Gelecekte i bölgesinde başlayan ve j bölgesine çekilen yolculukların sayısı Mevcut durumda i bölgesinde oluşan yolculukların sayısı j bölgesine çekilen yolculukların sayısı i ve j bölgeleri arasındaki sürtünme faktörü i bölgesinden j bölgesine yapılan yolculuklar için sosyo-ekonomik düzeltme faktörü
Ortalama Büyüme	$T_i = \alpha_1 z_{1,i} + \alpha_2 z_{2,i} + \alpha_3 z_{3,i} + \ldots + \alpha_n z_{n,i}$	$z_1, z_2, \ldots z_n$ $\alpha 1, \alpha_2, \ldots \alpha_n$	Bağımlı değişkenler, Regresyon sabitleri
Fırsatlar	$T_{ij} = O_i \times P_j$	O_i P_j	Mevcut durumda i bölgesinden j bölgesine çekilen yolculuklar için cazibe özellikleri matrisi Mevcut durumda j bölgesine çekilen yolculuk sayıları

2.3. Arazi Kullanımı-Ulaşım İlişkisi

Kentsel arazi kullanım oluşumlarını belirleyen önemli değişkenlerle yakından bağlantılı olan ulaşım eksikliğinin ve yetersizliğinin sonuçları 1960'lı yılların sonunda Amerika Birleşik Devletleri'nde ele alınmaya başlanmıştır (Naess, 2001; Sanchez, 1999). Bu nedenle arazi gelişiminin çevresel ve trafik etkilerini düzenleyen yasa ve mevzuatlarda ABD'de 1990'lı yıllardan itibaren değişikliklere gidilmiştir. Bunlar arasında 1990 yılında "temiz hava hareketi yasası değişiklikleri, 1991 yılında "Karayolu Taşımacılığı Verimliliği Yasası" ve "21 yy. için Ulaşım Eşitliği Hareketi Düzenlemesi" bulunmaktadır (Landis, 1994; Wegener & Fürst, 2004). Bu yasal düzenlemelerde, hava kirliliği ile mücadele kapsamında geliştirilen politikaların düzenlenmesine destek olması amacıyla Arazi Kullanımı-Ulaşım İlişkisi modellemesi zorunlu kılınmıştır. Yine ABD Ulaştırma Bakanlığı ve ABD Çevre Koruma Ajansı 1992 yılında "Yolculuk Modeli Geliştirme Programı" başlığı altında kara kullanımı ulaşım modellemesindeki iyileştirmeleri teşvik etmek amacıyla ilave kararlar almıştır (Sanchez, 1999).

Kentlerin mekânsal yapısı, hane halklarının ve ticaret alanlarının yer kararlarının bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Kentsel alanlar ise insanların hayatta kalmak ve gelişmek için ihtiyaç duydukları fırsatlara erişme yetenekleri nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Kentsel alanların temel amacı olan erişebilirlik; arazi kullanımı ve hareketlilik sistemlerinin ilişkisi içindeki bireylerin tercihleri ve kısıtlamaları ile faaliyetlere veya varış noktalarına ulaşabilmelerini ifade etmektedir (Lemp et al., 2008). Arazi kullanımı-ulaşım ilişkisi, arazi arz ve talep dengesi ile kentsel ulaşım planlaması aşamaları arasında karşılıklı bir etkileşim bulunmaktadır. Bu etkileşim geri bildirimlere bağlı olarak döngüsel bir süreçtir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Arazi kullanımı-Kentsel Ulaşım Planlaması ilişkisi

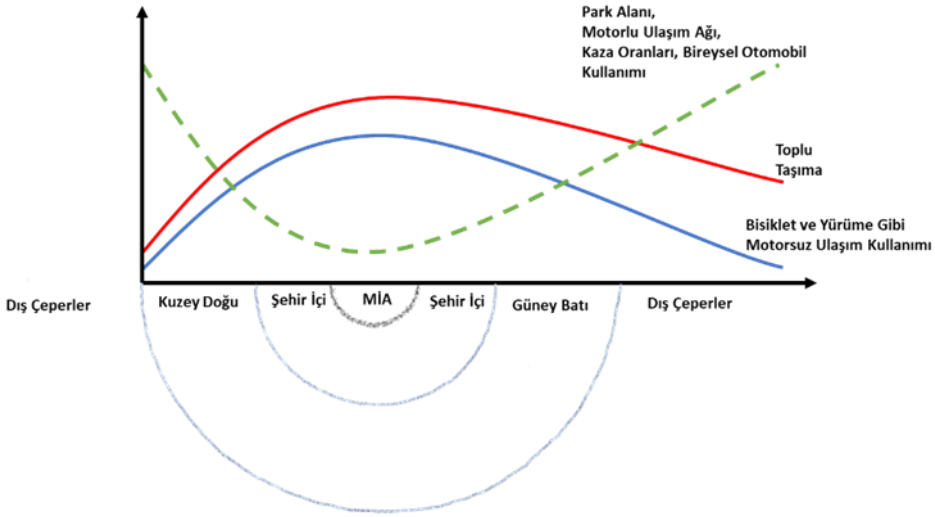
Kentsel arazi kullanımı ve ulaşım ilişkisinde yolculuk oluşturma modelleri, arazi kullanımı ve ulaşım hizmetleri arasındaki etkileşimi modellemek için kullanılmaktadır. Bu modeller, kentsel alanlarda ulaşım talebinin tahmin edilmesine yardımcı olmaktadır. Yirminci yüzyılın başlarına kadar birçok kentte, en sık kullanılan hizmetlerin evlere yürüme mesafesinde bulunduğu, kompakt ve karma kullanımlı kentler şeklinde gelişim anlayışı mevcutken, motorlu araç sayılarındaki artış ile bu kentsel gelişim modelini önemli ölçüde değiştirmiştir. Endüstri devrimi ile otomobil kullanımının hızla artması ve modern arazi kullanım düzenlemelerine uyulması nedeniyle, kentler önemli ölçüde büyümüş ve bununla birlikte yeni bir kentsel gelişim modeli yaygınlaşmıştır (Arefian & Moeini, 2016). Günümüzde, farklı etkinliklerin kent mekânı içinde farklı alanlara ayrımlarını teşvik eden ve özel otomobil kullanımını artıran bu tür bir örüntüye "kentsel

yayılma" adı verilmektedir (Bruegmann, 2006; Burchell et al., 2005; Frumkin et al., 2004; Morris, 2005).

Otomobil kullanımının trafik sıkışıklığı, hava kirliliği ve plansız kentsel yayılmayı teşvik etmesi gibi olumsuz etkilerini azaltmak için Avrupa ve Kuzey Amerika'daki birçok ülkede yeni kentsel tasarım ve planlama yaklaşımları geliştirilmektedir (Shoorcheh et al., 2016). Bu yeni tasarım ve planlama anlayışlarının temel fikirleri, daha kompakt ve bütünleşmiş kentsel gelişimi teşvik ederek, motorsuz ulaşım (“Aktif Ulaşım” ve “İnsan Gücüyle Çalışan Ulaşım” olarak da bilinmektedir) ve toplu taşıma olanaklarının arttırılmasıdır. Bu tür yaklaşımlar "Kompakt Şehirler", "Yeni Şehircilik", "Transit Odaklı Kalkınma" ve "Akıllı Büyüme" olarak bilinmektedir ve hepsi aynı temel fikri yansıtmaktadır (Calthorpe, 1993; Jacobs, 1961; Kunstler, 1993). Bu temel fikir, arazi geliştirme kalıplarının insanların yolculuk davranışlarını etkilediği ve sonuç olarak değişen yolculuk kalıpları ile motorlu araç trafiğinden kaynaklanan birçok sorunun azaltılmasının mümkün olabileceği şeklindedir (Burgess & Jenks, 2002; Calthorpe & Fulton, 2001; Duany et al., 2000).

Litman & Burwell (2006)’a göre, kentsel alanların genişlemesi ve ulaşım türü tercihleri arasında bir ilişki bulunmaktadır. Bu ilişkiye göre; Merkezi İş Alanlarından (MİA) çevre alanlara doğru hareket edildiğinde, motorlu ulaşım ağı alanı, otopark alanı ihtiyacı21ZSW32S, kaza oranları ve otomobil kullanımı oranları artmakta; çevre alanlardan MİA’lara doğru hareket edildiğinde, toplu taşıma kullanımı ve motorsuz ulaşım/yürüme oranları artmaktadır (Şekil 2.5).

Kentsel arazi kullanımı ve ulaşım ilişkisinde yolculuk oluşturma modelleri, arazi kullanımı ve ulaşım hizmetleri arasındaki etkileşimi modellemek için kullanılmaktadır. Bu modeller, kentsel alanlarda ulaşım talebinin tahmin edilebilmesini sağlamaktadır. Çalışmada arazi kullanımı-kentsel ulaşım ilişkisi modelleri, yolculuk oluşturma aşamasında; İş Amaçlı, İş maçlı Olmayan ve Genelleştirilmiş Maliyet modelleri olarak üç başlıkta ele alınmaktadır. Arazi kullanımına bağlı olarak oluşturulan yolculukların dağılımları ise Mekânsal Çekim ve Mekânsal Seçim modelleri olarak iki başlıkta ele alınmaktadır.



Şekil 2.5. Kent yayılımı ve ulaşım türü tercihleri (Litman & Burwell, 2006)

2.3.1. Yolculuk Oluşturma Modelleri

Kentsel alanda, Trafik Analiz Bölgeleri (TAB'lar) arasında gerçekleşebilecek yolculuk miktarının tahmin edilebilmesi için oluşabilecek nüfus sayıları kullanılmaktadır. Yolculuk amaçları; ev yolculukları, iş yolculukları, alışveriş yolculukları ve diğer amaçlar için yapılan yolculuklar (gezi amaçlı gibi) olarak sınıflandırmaktadır (Johnston, 2004). Bu amaçlar için gerçekleşecek olan toplam yolculuk sayısının tahmin edilmesi için çeşitli hesaplama yönetmeleri kullanılmaktadır. Bu hesaplamalarda yolculuk sayıları TAB'lardaki arazi kullanımları baz alınarak yapılmaktadır (Torrens, 2000).

Arazi kullanımı-kentsel ulaşım ilişkisinin yolculuk oluşturma aşamasındaki hesaplamalar iş amaçlı yolculuklar, iş amaçlı olmayan yolculuklar ve genelleştirilmiş maliyet modelleri üzerinden yapılmaktadır.

A. İş Amaçlı Yolculukların Oluşturulması: Trafik Analiz Bölgelerinde (TAB'larda) gerçekleşen iş amaçlı yapılan yolculukların, bölge içinde yapılan toplam yolculuklar içindeki yolculuk sayısının hesaplanmasıdır (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4. İş amaçlı yolculukların oluşturulması (Johnston, 2004)

İş Amaçlı Yolculuk Oluşturma Modeli		
Formül	**Değişkenler**	**Açıklaması**
$Q_{ij}^{w} = R_{ij}$	i	Başlangıç Trafik Analiz Bölgesi (TAB)
	j	Bitiş Trafik Analiz Bölgesi (TAB)
	Q	Başlangıç bölgesi i'den varış bölgesi j'ye yapılan yolculukların sayısı
	R	Başlangıç bölgesi i'de yaşayan ve varış bölgesi j'de çalışanların sayısı
	w	İş amaçlı yolculuklar türünden kalibrasyon sayısı

B. İş Amaçlı Olmayan Yolculukların Oluşturulması: Trafik Analiz Bölgelerinde (TAB'larda), iş amacı haricinde alışveriş, eğlence, eğitim ve sağlık gibi farklı amaçlar için oluşacak yolculuk sayılarının oluşturulmasında "başlangıç sınırlamalı mekân seçimi" model kullanılmaktadır (Torrens, 2000), (Şekil 2.5).

Çizelge 2.5. İş amaçlı olmayan yolculukların oluşturulması (Torrens, 2000)

İş Amaçlı Olmayan Yolculuk Oluşturma Modeli (Başlangıç Sınırlamalı Mekan Seçimi)		
Formül	**Değişkenler**	**Açıklaması**
$\boldsymbol{Q_{ij}^n = R_i A_i (W_j^n)^{\alpha} \exp(-\beta^n c_{ij}^n)}$	i	Başlangıç Trafik Analiz Bölgesi (TAB)
	j	Bitiş Trafik Analiz Bölgesi (TAB)
	Q	Başlangıç bölgesi i'den varış bölgesi j'ye iş amaçlı olmayan yolculukların sayısı
	R	Başlangıç bölgesi i'de yaşayanların sayısı
	A	Dengeleme faktörü
	W_j^n	Varış bölgesindeki herhangi bir "n" aktivitesi için cazibe bölgelerinin (genellikle alışveriş ve mağazalar bölgelerinin işgal ettikleri taban alanları)
	$-\beta^n$	i ve j bölgeleri arasındaki uzaklık katsayısı
	c_{ij}^n	Başlangıç i bölgesinden varış j bölgesine yapılan yolculukların bileşik maliyeti

Çizelge 2.4 ve 2.5'de iş amaçlı yapılacak olan yolculuk sayılarının oluşturulması ve iş amaçlı olmayan (diğer) yolculuk sayılarının oluşturulması ile Trafik Analiz Bölgeleri (TAB'lar) arasında yapılacak toplam yolculukların sayısı Çizelge 2.6.'daki gibi hesaplanmaktadır (Kumar et al., 2004).

Çizelge 2.6. Toplam yolculuk sayılarının hesaplanması (Kumar et al., 2004)

Toplam Yolculuk Sayıları Hesaplama Modeli		
Formül	**Değişkenler**	**Açıklaması**
$\boldsymbol{Q_{ij} = Q_{ij}^n + Q_{ij}^w}$	Q_{ij}	i ve j bölgeleri arasında oluşan toplam yolculuk sayısı
	Q_{ij}^w	İş amaçlı yapılan yolculuk sayısı
	Q_{ij}^n	İş amaçlı olmayan yolculukların sayısı

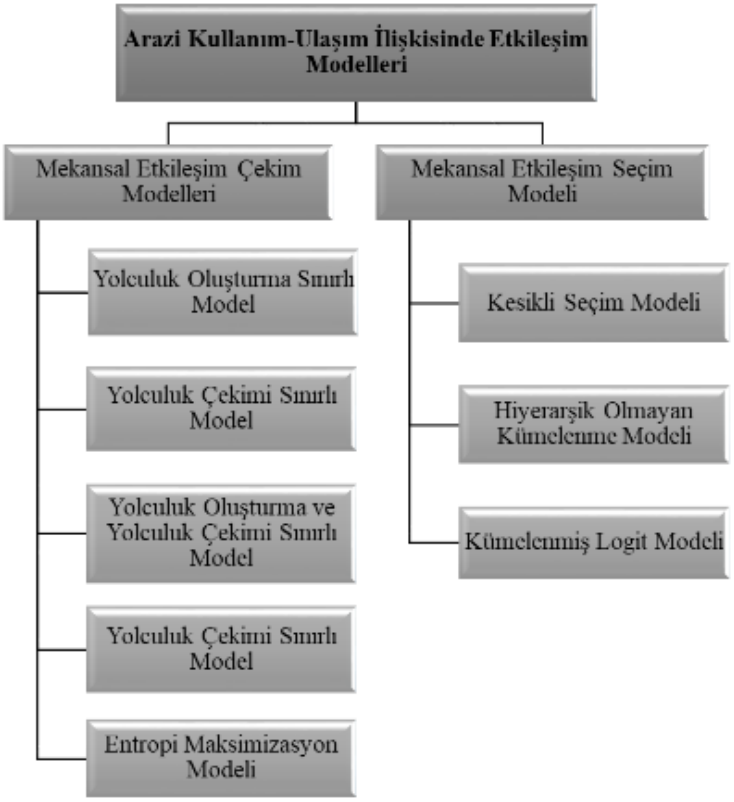
C. Genelleştirilmiş Maliyet Yaklaşımı ile Yolculukların Oluşturulması: Başlangıç ve varış noktaları arasındaki yolculuk sayılarının oluşturulmasından sonra gerçekte oluşacak yolculuk sayılarının tahmini ise bu yolculukları yapmanın genelleştirilmiş maliyetini göz önünde bulundurarak Çizelge 2.7'deki gibi hesaplanmaktadır. Formül yolculuk maliyetleri arttığında oluşacak yolculuk sayılarının azalacağını ifade etmektedir (Kumar et al., 2004).

Çizelge 2.7. Genelleştirilmiş maliyet yaklaşımı ile yolculukların oluşturulması (Kumar et al., 2004)

Genelleştirilmiş Maliyet Yaklaşımı İle Yolculuk Sayıları Hesaplama Modeli		
Formül	**Değişkenler**	**Açıklaması**
$\boldsymbol{T_{ij}^n = Q_{ij}^n[a^n + b^n \exp(-\beta^n c_{ij}^n)]}$	T_{ij}	i ve j bölgeleri arasında oluşan toplam yolculuk sayısı
	Q_{ij}^n	i ve j bölgeleri arasında n aktivesi için olması mümkün yolculukların sayısı
	$a^n + b^n$	Olması gereken maksimum yolculuk sayısı
	$(-\beta^n c_{ij}^n)$	Yolculuk eğilimlerini maliyet ile dengeleyen katsayılar

2.3.2. Yolculuk Dağılımı Modelleri

TAB oluşturulan yolculukların dağılımında, arazi kullanımı-ulaşım ilişkisi aralarındaki etkileşimi destekleyen bileşenlerin tanımlanması gerekmektedir. Arazi kullanımını belirleyen; konum, arazi gelişimi, talep ve arz dengeleri gibi farklı bileşenler bulunmaktadır. Bu ilişkilerin arasındaki dengeyi belirlemek için mekânsal etkileşim modelleri kullanılmaktadır. Bunlar, Mekânsal Çekim ve Mekânsal Seçim modelleridir (Torrens, 2000), (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Arazi kullanım-ulaşım ilişkisi mekânsal etkileşim modelleri (Torrens, 2000)

A. Mekânsal Çekim Modelleri

İnsanlar veya mallar gibi kaynakların bir yerden başka bir yere hareket etme eğilimlerini tahmin etmek için mekânsal etkileşim modelleri kullanılmaktadır. Bu modeller, alternatif hedeflerin erişilebilirliği ve bu fırsatların çekiciliği arasındaki tercihleri ifade eden kaynak-merkezli bir yaklaşımı ifade etmektedir. Bu modeller, kendi içinde tahmin ve gözlem yaklaşımlarının formüller ile ifade edilmesiyle türetilen matematiksel modellerdir (Torrens, 2000). Yerleşim alanları içinde seçilen Trafik Analiz Bölgeleri (TAB'lar) arasındaki yolculuklar çekim olarak kabul edilmektedir (Mayo et al., 1988). Çekim modelinin tanımlamasından yola çıkılarak; yolculuk oluşturma sınırlı model, yolculuk çekimi sınırlı model, yolculuk oluşturma-çekimi sınırlı model ve entropi maksimizasyon modelleri geliştirilmiştir (Vrtic et al., 2007).

A.1. Yolculuk Oluşturma Sınırlı Model: TAB'larda başlangıç noktasını terk eden toplam yolculuk sayısının bilindiğini varsayarak çekim modelini tekrar yorumlamaktadır (Thomas & Huggett, 1980), (Çizelge 2.8).

Çizelge 2.8. Yolculuk oluşturma sınırlı model (Thomas & Huggett, 1980).

Yolculuk Oluşturma Sınırlı Model		
Formül	**Değişkenler**	**Açıklaması**
$\boldsymbol{T_{ij} = A_i O_i W_j c_{ij}^{-\alpha}}$ ve $\boldsymbol{A_i = \frac{O_i}{\sum_j^n O_i W_{jij} c^{-\alpha}}}$	T_{ij}	i ve j bölgeleri arasında oluşan toplam yolculuk sayısı
	A_i	Başlangıç bölgesi i için varış noktası j bölgesine yapılan yolculukların ölçeklendirilmiş oranı
	W_j	Varış bölgesi j noktasındaki çekim parametresi (ticaret bölgesi taban alanları veya çalışanların sayısı)
	$c_{ij}^{-\alpha}$	Başlangıç bölgesi i ile varış noktası j bölgesi arasındaki yolculuk maliyeti

A.2. Yolculuk Çekimi Sınırlı Model: Cazibe kısıtlamalı modelde, kentsel sistemde j varış noktasına ulaşan yolculuk sayısının bilindiği varsayılır ve bu kısıtlamayı karşılamak için hedef noktasındaki istihdam veya alışveriş tesislerinin cazibesi üzerinden; hedef noktasına ulaşacak yolculuklar tahmin edilmektedir (Thomas & Huggett, 1980), (Çizelge 2.9).

A.3. Yolculuk Oluşturma ve Yolculuk Çekimi Sınırlı Model: Tek yönlü sınırlandırılmış çekim modelleri (veya çekimle sınırlandırılmış modeller) temelde bir konum modeli haline gelmektedir. Ancak hem yolculuk i kaynakları hem de yolculuk hedef noktaları model çerçevesinde kısıtlandığında, dikkat bireysel akışların T_{ij} boyutunu

tahmin etmeye dönmektedir. Bu modellemede öngörülen yolculuk sayılarının aynı anda iki kısıtlamayı da karşılaması amaçlanmaktadır (Thill & Kim, 2005), (Çizelge 2.10).

Çizelge 2.9. Yolculuk çekimi kısıtlı model (Thomas & Huggett, 1980).

Yolculuk Çekimi Sınırlı Model		
Formül	**Değişkenler**	**Açıklaması**
$\boldsymbol{T_{ij} = B_j D_j W_i c_{ij}^{-\alpha}}$ ve $\boldsymbol{B_j = \frac{D_j}{\sum_i^n D_j W_i c_{ij}^{-\alpha}}}$	T_{ij}	i ve j bölgeleri arasında oluşan toplam yolculuk sayısı
	D_j	Varış bölgesine ulaşan yolculukların sayısı
	W_i	Bir yerleşim bölgesi olarak başlangıç bölgesinin cazibesi
	$c_{ij}^{-\alpha}$	Başlangıç bölgesi i ile varış noktası j bölgesi arasındaki yolculuk maliyeti
	B_j	Hedef bölgedeki bilinen iş sayısı ile her bir i başlangıç bölgesinden j hedef bölgesine gelen ölçeklenmemiş, öngörülmeyen iş amaçlı yapılan yolculuk akışlarının toplamı arasındaki oran

Çizelge 2.10. Yolculuk Oluşturma ve Çekimi Sınırlı Model (Thomas & Huggett, 1980)

Yolculuk Oluşturma ve Çekimi Sınırlı Modeli		
Formül	**Değişkenler**	**Açıklaması**
$\boldsymbol{T_{ij} = A_i O_i B_j D_j c_{ij}^{-\alpha}}$	T_{ij}	i ve j bölgeleri arasında oluşan toplam yolculuk sayısı
	A_i	Başlangıç bölgesi i için varış noktası j bölgesine yapılan yolculukların sayısı
	O_i	Trafik Analiz Bölgesi (TAB)'nden başlayan toplam yolculukların bilinen sayısı
	D_j	Hedef bölgedeki bilinen iş sayısı ile her bir i başlangıç bölgesinden j hedef bölgesine gelen ölçeklenmemiş, öngörülmeyen iş amaçlı yapılan yolculuk akışlarının toplamı arasındaki oran
	$c_{ij}^{-\alpha}$	Başlangıç bölgesi i ile varış noktası j bölgesi arasındaki yolculuk maliyeti

A.4. Entropi Maksimizasyon Modeli: Entropi kavramı bir sistemdeki rastgele ve düzensiz dağılımların tanımlanması için kullanılmaktadır. Kentsel ulaşım planlamasında ise mekânsal etkileşim modelleri için teorik bir çerçeve sunmaktadır. Bu çerçevede yolculuk modellerinin modellenmesi sorusu, entropi maksimizasyonu sorusu haline gelmektedir (De la Barra, 1989; Fotheringham et al., 2000). Bu yöntemle herhangi bir ulaşım ağı için alternatif bir yerçekimi modeli üretilmektedir (Waldrip et al., 2017). Kentsel sistemler için veriler genellikle kısıtlı olduğu için mevcut bilgileri kullanarak, bir kentsel sistemin olası durumu hakkında mantıklı tahminler yapmak için kullanılmaktadır (Kapur, 1982), (Çizelge 2.11).

Çizelge 2.11. Entropi maksimizasyon modeli (Wilson, 1969)

Entropi Maksimizasyon Modeli		
Formül	**Değişkenler**	**Açıklaması**
$\boldsymbol{R = \frac{N!}{\prod_i^n N_i!}}$	R	Ulaşım sistemi içinde herhangi bir üst ölçek senaryosu ile ilgili olan daha küçük ölçeklerde tanımlanan olayların sayısı
	N	Bir dizi mikro durum kümesine atanan bireylerin veya ögelerin sayısı

B. Mekânsal Etkileşim-Seçim Modelleri

Arazi kullanımı-ulaşım arazındaki etkileşime, davranışsal temelli olarak yaklaşan modellerdir. Bunlar; kesikli seçim modeli, hiyerarşik olmayan kümelenme modeli ve kümelenmiş logit modelleridir (Cascetta & Cartenì, 2014).

B.1. Kesikli Seçim Modeli: Bu model karar verme süreçlerini açıklamakla ilgilenmektedir. Kesikli seçim modelinin kentsel simülasyonda en yaygın kullanılan biçimi rastgele faydalı model ve onun varyasyonlarıdır. Rastgele faydalı modeller birtakım varsayımlar üzerinden ilerlemektedir (De la Barra, 1989; Golledge, 1997)

B.2. Hiyerarşik Olmayan Kümelenme Modeli: Faydanın rastgele bileşeni ile ilgili varsayımlar yapılarak türetilmektedir. Davranışsal olarak, kümelenme çerçevesi, bireylerin optimal olana karar vermeden önce alacakları kararlar için mevcut her alternatifi değerlendirdiklerini varsaymaktadır (Sangaiah et al., 2022).

B.3. Kümelenmiş Logit Modeli: Karar vericilerin seçimleri hakkındaki bilgileri zincirleme bir şekilde değerlendirdiğini ve bu zincirin biçiminin ne olacağını ele alan matematikçi tarafından bilindiğini varsaymaktadır. Matematiksel olarak bu, karar verme sürecindeki ardışık aşamaların her biri için bir dizi koşullu olasılıkla sonuçlanmaktadır (Yue et al., 2019).

2.4. Erişebilirlik Teorisi

Kullanılabilir arazi miktarının azalması ve yol alanlarının giderek artması ile birlikte oluşan trafiğin yarattığı olumsuz etkiler karşısında, ulaşım plancıları alternatif ulaşım projelerinin etkinliğini değerlendirmek için çevresel, ekonomik ve sosyal problemlere duyarlı ve daha etkin yaklaşımlar aramaktadır. Sınırlı kaynakların adil bir şekilde dağıtılmasıyla ilgili artan endişelerin yanı sıra, bu sorunları ele alan ulaşım projelerine öncelik verilirken ek bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Kentsel ulaşım planlamalarında bu ihtiyaçları karşılamak için geliştirilen erişilebilirlik modelleri, kent

içindeki farklı konumların farklı ulaşım modlarıyla erişilebilirliğini analiz etmek için kullanılmaktadır. Erişebilirlik, kent bölgelerinde belirli bir başlangıç noktasından iş, okul, alışveriş, vb. istenen bir yere ulaşmanın kolaylığını ifade etmektedir. Kentsel ulaşım planlamasında erişilebilirliği düşük olan alanların belirlenmesi ve bu alanlara yönelik alternatif projelerin önceliklendirilmesi için kullanılabilecek, aynı zamanda bir bölgenin arazi gelişim modelleri ile ulaşım türleri arasındaki etkileşimin boyutunu yansıtan bir kentsel erişilebilirlik ölçüsü gerekmektedir (Bhat, Carini, & Misra, 1999).

Erişebilirlik tanımı, kentsel ulaşım planlama süreçlerindeki birçok konuya açıklık getirmektedir. Bunlar; ulaşım sisteminin mevcut durumdaki kalitesinin farklı mekânsal düzeylerde yorumlanması, ulaşım sistemleri altyapılarında olası iyileştirmeler konusunda öngörüler geliştirilmesi, mevcut ulaşım türlerine farklı ulaşım olanakları eklendiğinde oluşabilecek değişikliklerin değerlendirilmesi gibi konulardır (Liu & Zhu, 2004). Bununla birlikte, arazi kullanım türleri dağılımındaki değişimlerin neden olduğu erişebilirlik değişikliklerinin takip edilmesi ve izlenmesinde, alternatif arazi kullanım politikalarının etkisinin değerlendirilmesi de mümkün olmaktadır. Ayrıca, ulaşım türlerinin öncelikli programlama kararları, bir veya daha fazla yolculuk türünün hizmet seviyesindeki değişiklikleri gibi veya arazi kullanım modellerindeki değişiklikler nedeniyle oluşacak yolculuklar ve yolculuk dağılımı modellerindeki değişiklikleri belirlemek için yolculuk ihtiyaçlarının tahmin modellerinde de erişebilirlik ölçüsü kullanılmaktadır (Duranton & Guerra, 2016).

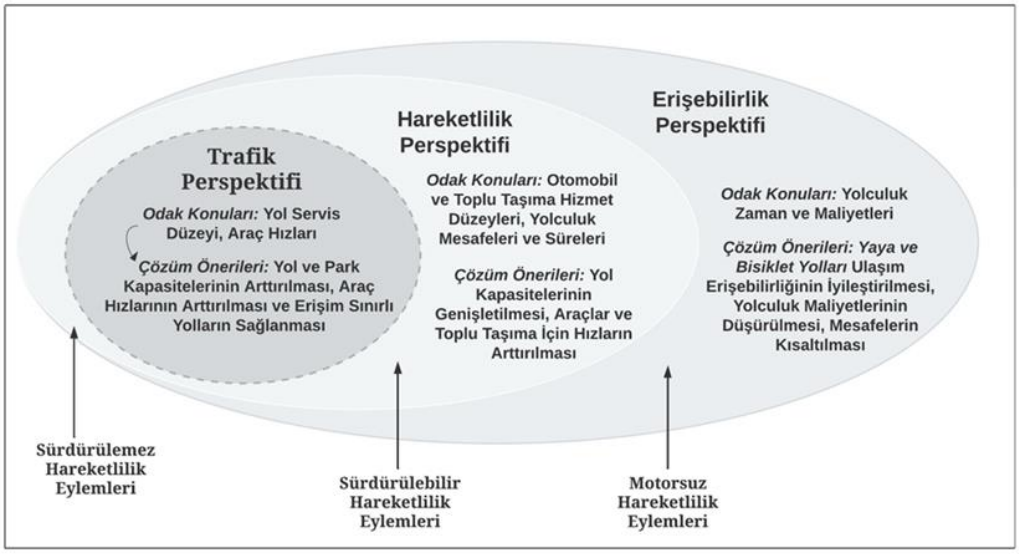
Karar vericilerin, belirli amaçlara yönelik yatırım kararlarını kolaylaştırmak aracı olarak da özel erişebilirlik parametreleri belirlenebilmektedir. Bütün bunlara ek olarak, erişilebilirlik ölçüsü, yer değiştirme kararları verilirken, haneler ve işletmeler tarafından bir yaşam kalitesi endeksi olarak kullanılmakta ve yaşam maliyeti göstergesinin arazi kullanımı-ulaşım biçimi olarak işlev görmektedir (Karner et al., 2022).

Hareketlilik ve Erişebilirlik: Hareketlilik ve erişilebilirlik, kentsel ulaşım planlamasında iki önemli kavramdır ve erişilebilirlik genellikle hareketlilik ile çelişmektedir. Hareketlilik, bireylerin çeşitli ulaşım türlerini kullanarak bir yerden başka bir yere hareket etme yeteneğini ifade etmekte ve yolculuk hızına, verimliliğine ve rahatlığı gibi ulaşım sistemi özelliklerini vurgulamaktadır. Hareketlilik genellikle seyahat süresi, kat edilen mesafe ve yolculuk hızı açısından ölçülmektedir. Ulaşım planlamasında,

sıkışıklığı ve seyahat süresini azaltarak, ulaşım ağlarının kapasitesini artırarak ve daha fazla ulaşım seçeneği sunarak insanların ve eşyaların hareketliliğinin iyileştirilmesi çalışmaları yapılmaktadır (Straatemeier, 2008).

Erişebilirlik ise, insanların kendileri için önemli olan yerlere ulaşma kolaylığını ifade etmektedir. İnsanların, konumları veya ulaşım biçimleri ne olursa olsun, mallara, hizmetlere ve fırsatlara uygun ve adil erişimini sağlamakla ilgilidir. Erişebilirlik, varış noktalarının yakınlığı, ulaşım seçeneklerinin çeşitliliği ve yolculukların ekonomik açıdan karşılanabilirliği gibi faktörleri ele almaktadır. Ulaşım planlamasında, toplu taşıma olanaklarının iyileştirilmesi, güvenli ve erişilebilir yaya ve bisiklet altyapısı sağlayarak karma kullanımlı gelişmenin kolaylaştırılması ve yayılmayı azaltan arazi kullanım politikalarını teşvik edilerek erişilebilirliği geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Dengeli bir ulaşım sistemi, güvenlik, çevresel sürdürülebilirlik ve sosyal eşitlik gibi faktörleri de göz önünde bulundurarak hem hareketliliği hem de erişilebilirliği geliştirmeyi amaçlamaktadır (Barboza et al., 2021).

Kentsel ulaşım planlamasında yolların servis düzeyleri, araç hızları gibi konulara odaklanan ve yol/park kapasitesinin arttırılması, araçların yolculuk sürelerinin kısaltılması ve hızlarının arttırılması gibi konulara odaklanan trafik mühendisliği yaklaşımları bulunmaktadır. Benzer biçimde kentsel ulaşım planlaması konularına otomobil ve toplu taşıma hizmet düzeyleri, yolculuk mesafeleri sürelerini iyileştirmek ve bu amaçla mevcut yol kapasitelerinin genişletilmesi, araçlar ve toplu taşıma hızlarının arttırılması için çözüm yolları arayan hareketlilik yaklaşımları da mevcuttur. Erişebilirlik perspektifi ise yolculuk zaman ve maliyetleri konularına odaklanarak yaya ve bisiklet yolu yolları ulaşım altyapısının iyileştirilmesi dolayısı ile yolculuk maliyetlerinin azaltılarak yolculuk mesafelerinin düşürülmesi ile kentsel ulaşım planlaması konularına çözüm yolları aramaktadır. Trafik – hareketlilik – erişebilirlik yaklaşımları arasında sürdürülebilirlik açısından bir etkileşim bulunmaktadır (Litman, 2003), (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Trafik-Hareketlilik-Erişebilirlik perspektifinden sürdürülebilirliğin etkileşimi (Litman, 2003)

2.4.1. Kentsel Ulaşım Planlamasında Erişebilirlik

Literatürde erişebilirlik ölçüsünün Dört Aşamalı Kentsel Ulaşım Planlaması'nın (DAKUP'un) ilk aşaması olan yolculuk oluşturma modellerine dahil edilmesi gerektiği belirtilmektedir (Bhat, Carini., & Misra, 1999; Handy & Niemeier, 1997; Kockelman, 1997). Erişebilirliğin, yolculuk davranışlarının belirgin göstergesi olduğu için yolculuk oluşturma modellerine dahil edilmesi gerekmektedir (Hanson & Schwab, 1987). Yolculuk oluşturma modellerine dahil edilen herhangi bir erişebilirlik parametresi, yolculuk türü ve amacına göre yolculukların ayrıştırılması gibi ulaşım modellemesinin ihtiyaç duyabileceği verilere ulaşılmasını da kolaylaştırmaktadır (Leake & Huzayyin, 1979).

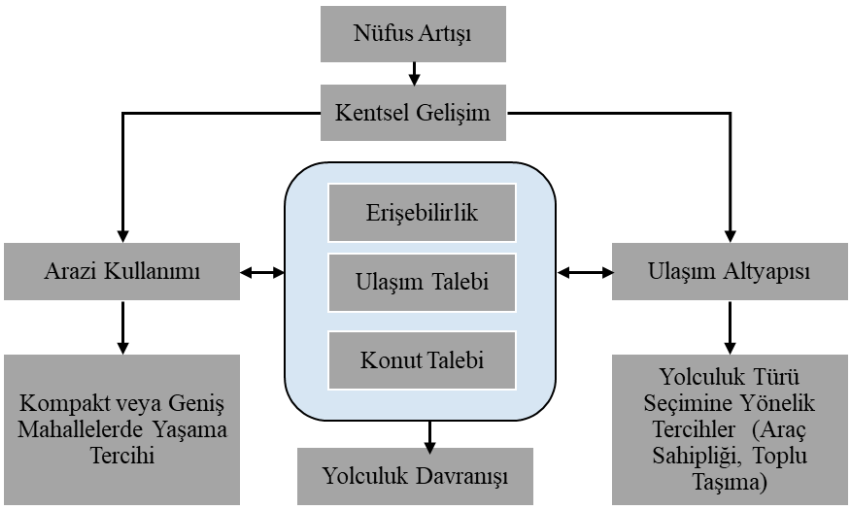
Erişebilirliği, DAKUP modelinin farklı bölümlerinde kullanılan kişisel ve mekânsal bileşenlere göre sınıflandırmak da mümkün olmaktadır (Hazel, 1988). Araç sahipliği, kişinin mevcudiyeti ve varış bölgesinin belirliliği gibi kişisel erişebilirliğin de yolculuk oluşturma modellerinde bir etmen olması gerektiği ve cazibe faktörlerine ve mekânsal ayrıma dayalı erişebilirliğin de yolculuk oluşturma modellerinde kullanılması gerekliliğine yönelik çalışmalar da bulunmaktadır (Hazel, 1988). Wilson (1989)'a göre erişebilirlik ölçülerinin kalibre edilmesi için başlangıç ve varış yeri verilerinin kullanılması gerektiği önerilmektedir. Ayrıca, yolculuk oluşturma modelinin geliştirilmesi için ayrı bir erişebilirlik modelinin kurgulanması ve yolculukların ulaşım türlerine göre bölünmesini belirlemek için kullanılan verileri toplamak ve ardından

ayrıştırmak aşamasında bir dizi bağlantılı denklem kullanılmasını gerektiğini belirtmektedir (Wilson, 1971).

2.4.2. Kentsel Ulaşım Planlama Modellerinde Yolculuk Talebi ve Erişebilirlik Ölçüsü

Kentsel ulaşım planlamasında erişebilirliğin tanımı, birden fazla disiplin tarafından farklı biçimlerde yorumlanmaktadır. Mekâna dağılmış çeşitli aktivitelere katılma (veya eşdeğer olarak insanlarla etkileşime girme) potansiyeli olarak tanımlanmakla birlikte sezgisel olarak tanımları da bulunmaktadır. Sezgisel olarak belirli bir faaliyet türüne katılmak için bir kişiye ne kadar çok fırsat sunulursa, bu fırsatlar o kadar çekici olmaktadır ve bu etkinlik yerlerine seyahat etmek ne kadar kolaylaşırsa, kişinin erişebilirliği o kadar yüksek olmaktadır (Páez, Scott, & Morency, 2012).

Erişebilirlik, bir ulaşım ağındaki kesişim/düğüm noktalarının birbirilerine bağlı olma derecesi ile karakterize edilebilmektedir (Derrible & Kennedy, 2009). Ulaşım ağlarında ağ esnekliğini sağlanmak için herhangi bir bağlantı noktası ulaşım ağından çıkarıldığında (yol kısmının kapatılması veya durak yerlerinin iptal edilmesi gibi) noktadan noktaya akışın sağlanması için alternatif yolların bulunması ve akışın birden fazla yol boyunca yayılması gerekmektedir. Sık ağ düzenleri yüksek düzeyde erişebilirlik sağlanması için kurgulanabilir ancak yeterli olmamaktadır (Kwan, 2010). Erişebilirliğin yolculuk davranışları ile ilişkilendirildiği ve kentsel gelişim yapısı-arazi kullanımı-ulaşım ilişkisi içinde ulaşım taleplerinin belirleyiciliğine etkisi Şekil 2.8'de gösterilmektedir.



Şekil 2.8. Erişebilirliğin arazi kullanımı-ulaşım altyapısı içindeki yeri

Hareketlilik, insanların ve nesnelerin ulaşım sistemi içinde bir noktadan başka bir noktaya gerçek hareketini içermektedir. Hareketlilik, gerçek yolculuklar ve etkileşimler açısından erişebilirliğin (yani seyahat etme ve etkileşim potansiyelinin) gerçekleştirilmesini temsil etmektedir. Ulaşım planlaması modelleme aşamalarında, karar vericilerin büyük çoğunluğu, tıkanıklığı ve seyahat sürelerini en aza indirmek, yolculuk türü seçimlerini etkilemek, ulaşım sera gazı emisyonlarını azaltmak, trafik kazaları ve yolculukların diğer istenmeyen etkileri vb. hareketlilik sorunlarıyla ilgilenmektedir.

Kentsel ulaşım planlaması çalışmalarında, ulaşım sistemi altyapısındaki bir iyileştirmeden veya sistemdeki diğer değişikliklerden kaynaklanan faydaların (yolculuk yapanların yolculuk süresindeki azalmalar gibi) birincil ölçüsünün hareketliliğe dayalı olduğu belirtilmektedir (Páez, Scott, & Morency, 2012; Xi, Miller, & Saxe, 2018).

Hareketliliğe odaklanma, bir ulaşım sisteminin birincil rolünün, insanların ve işletmelerin diğer insanlara ve işletmelere erişim sağlamak olduğu, böylece fiziksel olarak her türden mekânsal ve zamansal olarak dağıtılmış faaliyetlerle meşgul olabilmeleri ve böylece fiziksel olarak bilgi, mal ve hizmet alışverişinde bulunabilmeleri koşuluna dayanmaktadır (Miller, 2018). Ulaşımın temel amacı, yüksek düzeyde erişilebilirlik sağlamaktır. Bu nedenle erişilebilirlik ölçümlerinin ulaşım analizi ve planlamasına dahil olması gerekmektedir. İstihdama, okullara, sağlık hizmetlerine, vb. faydalara ulaşımın sağlanması hareketliliğin arttırılması ile değil ancak erişim olanaklarının arttırılmasıyla mümkün olmaktadır (Kelobonye, Zhou, McCarney, & Xia, 2020). Dolayısı ile erişebilirliğe dayalı ulaşım planlamasının mantığı açık gibi görünse de erişebilirlik ölçütlerinin ulaşım planlaması süreçlerine dahil edilmesi konusunda teorik temellerin kentsel ulaşım planlaması süreçlerinde kullanılabilirliğinin ve uygulanabilirliğinin sağlanması gerekmektedir (Dong, Ben-Akiva, Bowman, & Walker, 2006).

Erişebilirliğin teorik varsayımları incelendiğinde; literatürde ve uygulama alanlarında erişebilirlik özelliğine ilişkin genel bir fikir birliği bulunmaktadır (Xi, Miller, & Saxe, 2018). Bunlar Çizelge 2.12'de belirtilmektedir.

Çizelge 2.12. Erişebilirliğin teorik varsayımları (Xi, Miller, & Saxe, 2018)

a)	Erişebilirlik, mekân içinde noktadan noktaya değişmektedir. Nokta, herhangi bir bina, bir parsel veya Trafik Analiz Bölgesi (TAB) olabilir.
b)	Erişebilirlik, yolculuk amacına (aktiviteye) özeldir.
c)	Erişebilirlik, mekânda farklı noktalar arasında yolculuğun **daha fazla** kolaylık/zorluk ölçüsünü (genelleştirilmiş maliyet veya **yolculuk empedansı** olarak anılmaktadır), fırsatların **daha ağırlıklı** çekiciliği ve/veya büyüklüğünün (aktivite fırsatlarına duyulan **daha ağırlıklı** ilgi ve/veya aktivite fırsatların sayısı gibi) bir ölçüsü ile birleştirmektedir.
d)	Erişebilirliğin ölçümü, etkileşim kolaylığı ile ağırlıklandırılan mekandaki fırsatların birleştirilmesini veya toplamını içermektedir. Erişebilirlik seviyesinin belirlenmesi açısından; daha yakın ve erişimi daha kolay olan fırsatlar, uzaktaki veya daha zor ulaşılan fırsatlardan **daha ağırlıklı** olacaktır.

Erişebilirlik tanımlarının içerisinde bulunan "daha ağırlıklı, "daha fazla" gibi tanımların yapılabilmesi için ise bazı ek tanımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar Çizelge 2.13'de verilmektedir. Çizelge 2.13'de yer alan parametrelerin hesaplanması ile ölçülebilir bir erişebilirlik geliştirilebilecektir (Miller, 2018).

Çizelge 2.13. Erişebilirliğin ölçülebilirlik parametreleri (Miller, 2018)

Parametre	Açıklaması
Yolculuk Empedansı (yolculuğa negatif etki, yolculuğa karşı direnç)	En temel göstergesi mesafedir. İki nokta arasındaki Öklid mesafesi (düz mesafe), dikdörtgen bir ızgara ağı boyunca noktadan noktaya kat edilen dik açılı mesafe veya gerçek ağ üzerinden noktadan noktaya en kısa yol olarak hesaplanan ağ mesafesi olarak hesaplanmaktadır (Novaco, Stokols, & Milanesi, 1989). Yolculuk türleri için; yaya, araç veya bisiklet ile yapılan yolculuklarda, yolculuk süresi, yolculuğun gerektirdiği çaba ve maliyetin ölçüsüdür. Seyahat süresine dayalı ölçümler, planlama analizi ve değerlendirmesine dahil edilebilecek değişkenlerdir (Ewedairo, Chhetri, & Jie, 2018).
Konum Cazibesi	Bir yerin cazibesinin tanımlanması varsayımında, bir tür büyüklük değişkeni kullanmaktır. Ancak belirli bir aktivite yerinin cazibesi ve/veya mevcudiyetinin, oranın açılış/kapanış saatleri ve tesis içindeki sıkışıklık seviyeleri gibi faktörler nedeniyle gün boyunca değişebileceğinden cazibe bölgelerinin ayrıntılı betimlemelerinden kaçınılmaktadır (Kim & Susilo, 2011).
Birey Düzeyinde Heterojeni (Hem yolculuğun empedansının hem de yolculuk yapılacak konumun çekiciliğin belirlenmesinde bireysel algıların, tercihlerin ve kısıtlamaların rolü)	Belirli bir yere seyahatin faydası ve potansiyel bir varış noktası olarak o yerin çekiciliğinin değerlendirilmesinin, değişen kişisel zevk ve tercihlerin yanı sıra kişisel kaynaklardaki ve kısıtlamalardaki farklılıklar nedeniyle kişiden kişiye öznel olarak değişmektedir. Mekânda aynı noktada aynı zamanda bulunan iki kişi hem kişisel kısıtlamaları hem de tercihlerindeki farklılıkların bir kombinasyonu nedeniyle farklı erişilebilirlik seviyelerine sahiptir. Erişebilirlikte kişiler arası farklılıkların ölçülmesinde, TAB bölgesinde yaşayan tüm insanlara tercihleri ve kısıtlamaları açısından eşit davranıldığı kabul edilmektedir.
Konum Seçim Kümeleri (Belirli bir erişebilirlik hesabına dahil edilecek konumlar kümesi)	Belirli bir erişebilirlik hesaplamasına hangi konumların dahil edileceği erişilebilirlik ölçütlerinin belirlenmesi çalışmalarında yer almaktadır. Ancak, farklı erişilebilirlik ölçülerinin yapılmasında konumların seçimi kümeleri farklı şekillerde ele almakta ve farklı varsayımlar üzerinde modeller kurgulanmaktadır (Snieska, 2019).

Yolculuk Talebi ve Erişebilirlik Ölçüsü

Kentsel alanlarda yolculuk talebi; insanların belirli bir noktadan başka bir noktaya seyahat etmek için talep ettikleri hizmetlerdir. Bu talepler, genellikle toplu taşıma araçları, taksi veya özel araçlar gibi ulaşım seçeneklerini içermektedir. Yolculuk talepleri, bireylerin günlük işlerini yerine getirmek, işe gitmek, alışveriş yapmak, eğlence aktivitelerine katılmak veya başka bir yerdeki insanlarla buluşmak gibi çeşitli nedenlerle ortaya çıkabilmektedir. Kentsel alanlarda yolculuk talepleri, trafik yoğunluğu, nüfus dağılımı, toplu taşıma altyapısı, iklim koşulları, ekonomik faktörler ve demografik özellikler gibi çeşitli etmenlerden etkilenebilmektedir. Yolculuk talepleri, kentsel ulaşım planlaması ve yönetimi açısından önemlidir. Planlamacılar, nüfus hareketlerini analiz ederek, ulaşım altyapısını etkin bir şekilde yönetmeye çalışmaktadırlar. Bu, toplu taşıma hatlarının ve yol ağının optimize edilmesini, trafik sıkışıklığının azaltılmasını ve insanların güvenli ve etkili bir şekilde seyahat etmelerini sağlamayı içermektedir. Son yıllarda, paylaşımlı ulaşım hizmetleri, özellikle bisiklet, elektrikli scooter ve araç paylaşımları gibi alternatif ulaşım modelleri, kentsel alanlarda yolculuk taleplerini karşılamak için kullanılmaktadır. Bu tür hizmetler, bireylerin toplu taşıma araçlarına veya özel araçlara alternatif olarak daha çevre dostu ve erişilebilir ulaşım seçenekleri bulmalarına yardımcı olmaktadır (Banister, 2007).

Erişebilirlik kavramı ile yolculuk talebi arasında mantıksal bir bağlantı bulunmaktadır. İnsanlar, farklı aktivite yerleri ve yolculuk türleri için tercihlerini yolculuk destinasyonu ve türü seçimleri aracılığıyla ortaya koymaktadır. Erişebilirlik, insanların kendi eylem alanlarında kendilerine sunulan fırsatlara ne kadar değer verdiğinin ölçüsüyse, bu ölçü, insanlar bu fırsatlar dizisi içinde belirli bir yerde bir faaliyete fiilen nasıl katılacaklarına karar verdiklerinde bu fırsatların nasıl değerlendirildiğiyle tutarlı olması gerekmektedir. Bu nedenle, herhangi bir uygulanabilir erişebilirlik ölçüsünün, insanların yolculuk talebi tercihleri ve kısıtlamaları ile tutarlı olması veya bunlardan türetilmelidir (Thill & Kim, 2005).

Erişebilirliğin ölçülmesindeki farklı yaklaşımlar beş grupta sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflamalarda erişebilirlik ölçümlerinde farklı hesaplama yöntemleri kullanılmaktadır (Handy & Niemeier, 1997; Kwan, 2010), (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Erişebilirlik ölçümünde kullanılan yöntemler (Handy & Niemeier, 1997; Kwan, 2010)

Grafik Yöntemler ve Mekânsal Dağılım: En basit erişebilirlik ölçüsü, mesafe veya ayırma ölçüsüdür. Kullanılan tek boyut mesafedir. Bu ölçüler cazibe düzeyini dikkate almamaktadır. En genel ağ erişebilirlik ölçüsü, incelenmekte olan diğer tüm bölgelere seyahat sürelerinin ağırlıklı ortalamasını hesaplamaktadır (Çizelge 2.14).

Çizelge 2.14. Grafik yöntemler ve mekânsal dağılım (Handy & Niemeier, 1997; Kwan, 2010)

Grafik Yöntemler ve Mekânsal Dağılım		
Formül	**Değişkenler**	**Açıklaması**
$\boldsymbol{A_i = \frac{\sum_j d_{ij}}{b}}$	A_i d_{ij} b	Seçilen bölge için toplam erişebilirlik Başlangıç i ve j bölgeleri arası uzaklık Genel parametre

Birikimli (Kümülatif) Fırsatlar: Bir yolculuğun hem mesafesini hem de amacını hesaba katan en basit erişebilirlik ölçüsüdür. Bu ölçü, yolculuk süresi veya mesafe eşiği tanımladıktan sonra bu eşik içindeki potansiyel faaliyetlerin sayısını kullanmaktadır (Çizelge 2.15).

Çizelge 2.15. Birikimli fırsatlar (Handy & Niemeier, 1997; Kwan, 2010)

Birikimli Fırsatlar		
Formül	**Değişkenler**	**Açıklaması**
$\boldsymbol{A_i = \sum_t O_t}$	A_t O_t t	Seçilen bölge için toplam erişebilirlik Seçilen eşik değer içinde ulaşılabilecek fırsatlar. Eşzamanlı haritaların oluşturulmasında genellikle zaman-mesafe artışı kullanılmaktadır. Eşik değer

Çekim Ölçüsü: Ayırma faktörünün yanı sıra çekim faktörünü de içermektedir. Kümülatif fırsatlar ölçüsü, ayrı bir zaman veya mesafe ölçüsü kullanıp ardından cazibe merkezlerini sayarken, yerçekimine dayalı ölçüler, daha sonra başlangıç noktasına olan mesafe veya süre arttıkça fırsatları azaltmak için kullanılan sürekli bir ölçü

kullanmaktadır. Bazı üslere yükseltilmiş seyahat süresi veya mesafe ile ağırlıklandırılmış bir çekim faktörüne sahiptir (Carrothers, 1956), (Çizelge 2.16).

Çizelge 2.16. Çekim ölçüsü (Carrothers, 1956)

Çekim Ölçüsü		
Formül	**Değişkenler**	**Açıklaması**
$A_i = \sum_t \frac{O_j}{t_{ij}^{\alpha}}$	A_i tij α	Seçilen bölge için toplam erişebilirlik Başlangıç ve varış bölgeleri arasındaki yolculuk süresi Genel parametre

Faydalar Ölçüsü: Bireyin farklı seyahat seçenekleri için algıladığı faydaya dayanmaktadır. Herhangi bir birey (n) için erişilebilirlik, seçim kümesi C'deki toplam alternatif uzamsal hedef i'nin faydalarının maksimumunun beklenen değeri olarak tanımlanmakta ve buna ayrık seçim modelinin log toplamı denmektedir (Ben-Akiva & Lerman, 1979), (Çizelge 2.17).

Çizelge 2.17. Faydalar ölçüsü (Ben-Akiva & Lerman, 1979)

Faydalar Ölçüsü		
Formül	**Değişkenler**	**Açıklaması**
$A_i = \sum_{j=1}^{n} \frac{E_j}{d_{ij}^{\alpha}}$	A_i E_j d_{ij} a, n	Erişebilirlik endeksi j bölgesindeki toplam işgücü sayısı (ekonomik aktivite büyüklüğü) i bölgesinden j bölgesine olan uzaklık Uzaklık etki parametresi, bölge sayısı

Zaman-Mekân Etkileşimleri: Zaman içinde literatürde yukarıda geliştirilen dört ölçme yöntemine ilave olarak zaman-mekân etkileşimi ölçümleri de dahil edilmiştir. Bu yaklaşımlarda uygun mekânsal ölçülerin boyutunu belirlemek için beklenen yolculuk süresinin kullanılması gerektiği öngörülmektedir (Hall, 1983). Belirsizliğin de hesaplamalara katılması amacıyla, geleneksel zaman-uzay modellerine davranışsal olarak uygun formüller ile ölçü türlerine, zaman-uzay boyutunun sınırı olan bir zaman öğesi eklemektedir. Bu nedenle, A_1 ölçüsü, bir birey için zaman-uzay içindeki faydayı hesaplarken A_2 ölçüsü, bir birey için bir zaman-uzay içinde olan faaliyetlerle ilişkili faydaları hesaplamaktadır (Miller, 2018), (Çizelge 2.18).

Çizelge 2.18. Zaman mekân ölçüsü (Miller, 2018)

Zaman-Mekân Etkileşimleri		
Formül	**Değişkenler**	**Açıklaması**
$A_i = \frac{-\ln}{\lambda} \sum_{k=1} \exp\left(a_k^{\alpha} T_k^{\rho} \exp(-\lambda t_k)\right)$ $A_2 = \sum_{k=1}^{m} b_k$	A_i a_k T_k t m b_k ≥ α	Erişebilirlik ölçüsü i ve j bölgesi arasındaki uzaklık Aktiviteye katılmak için harcanan zaman Yolculuk için gereken süre Farklı aktivitelerin sayısı Fayda parametreler

Birçok erişilebilirlik tanımı olanaklar üzerinden arazi kullanımında, erişilebilirlik ölçümlerini; a) yolculuk sonu ulaşılan varış noktasındaki aktivite türünün diğer aktivite türleri içindeki niteliği ve konum dağılımı; b) Yolculuğun başlangıç noktasında bu olanaklara duyulan talep ve c) Bütün olanaklar için arz ve talep dengesi olarak üç farklı şekilde ele almaktadır. Arz-talep dengesi ve istihdam ölçütlerinin de dahil edilmesinde, ulaşım sistemi bileşeni; yolcuların başlangıç-bitiş noktalarına belirli bir ulaşım türü ile giderken, yolculukta geçirilen zaman, bekleme süreleri ve park alanı yetersizlikleri gibi karşılaştığı tersinir faydanın, güvenlik ve konfor için harcanan efor cinsinden ölçüme yansıtan bileşendir. Bu tersinir fayda ulaştırma sisteminin arz ve talebinden kaynaklanmakta, ulaşım altyapısının konum ve seyahat hızı, şerit sayısı, toplu ulaşım zaman çizelgeleri, yolculuk maliyeti gibi karakteristiklerinden de arz boyutunda etkilenmektedir (Geurs ve Van Wee, 2004).

Erişebilirliğin zaman boyutu, zamanla ilgili sınır koşullarının ölçüme yansıtılması amacıyla kullanılmaktadır. Bireylerin yaş, gelir, eğitim düzeyi gibi özelliklerine bağlı ihtiyaçları, fiziksel koşulları ve ulaşım türlerine ulaşılabilirlik gibi yeterlikleri, gelir, ulaşım bütçesi gibi karakteristiklerinden kaynaklanan imkânlarından ise erişebilirliğin bireysel bileşeni oluşmaktadır. Erişebilirliğin bireysellik boyutu ile ilgili yapılan çalışmalarda, iş erişilebilirliğinin kişisel niteliklere büyük ölçüde bağımlı olduğu sonucuna varılmaktadır (Cervero vd., 1997; Shen, 1998).

2.5. Bölüm Değerlendirmesi

Kentsel ulaşım planlaması modellerini, insanların ve malların kent içindeki hareketini anlamak ve benzetimlerini yaratmak için kullanılan analitik araçlar olarak tanımlamak mümkündür. Bu modeller, kent planlamacılarının, politika yapıcıların ve

ulaşım mühendislerinin ulaşım sistemlerini iyileştirme konusunda bilinçli kararlar almalarına yardımcı olmaktadır. Bu modeller; aktivite tabanlı, sürücü odaklı ve dört aşamalı kentsel ulaşım planlaması modelleridir. Aktivite tabanlı modeller, bireysel faaliyetlere odaklanarak bireylerin karar verme süreçlerine dayalı yolculuk modellerini benzetmek amacıyla kullanılmaktadır. Sürücü odaklı modeller ise, bireysel araçların kent içindeki; şerit değiştirmeleri, park alanları ve trafik sinyallerini de dikkate alan ayrıntılı etkileşimlerini benzetim yoluyla modellemeye çalışmaktadır. Dört aşamalı kentsel ulaşım planlaması ise dört adımdan oluşmaktadır. Bunlar; yolculuk oluşturma, yolculuk dağılımı, türel ayrım ve yolculuk atamasıdır. Arazi kullanımı-kentsel ulaşım etkileşimi; ticaret alanları, konut alanları ve diğer kentsel fonksiyon alanlarındaki arazi kullanımı değişimlerinin yolculuk oluşturma modellerini ve ulaşım biçimini etkilemektedir. Kentsel gelişimin ulaşım sistemlerinin üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi sağlanmaktadır. Erişilebilirlik, kentsel ulaşım planlamasında önemli bir ölçüttür. İnsanların kent içinde arzu ettikleri yerlere ulaşma kolaylığını ifade etmektedir. Erişilebilirlik ölçütleri, başlangıç ve varış noktaları arasında uygun ve verimli bağlantılar sağlamada ulaşım sistemlerinin etkinliğini değerlendirmeye yardımcı olmaktadır. Kentsel ulaşım planlamasında kullanılan erişilebilirlik ölçütlerinin sağlanmasında; grafik yöntemler ve mekânsal dağılım, birikimli (kümülatif) fırsatlar, çekim ölçüsü, faydalar ölçüsü ve zaman-mekân etkileşimlerini değerlendiren yöntemler kullanılmaktadır.

BÖLÜM 3.

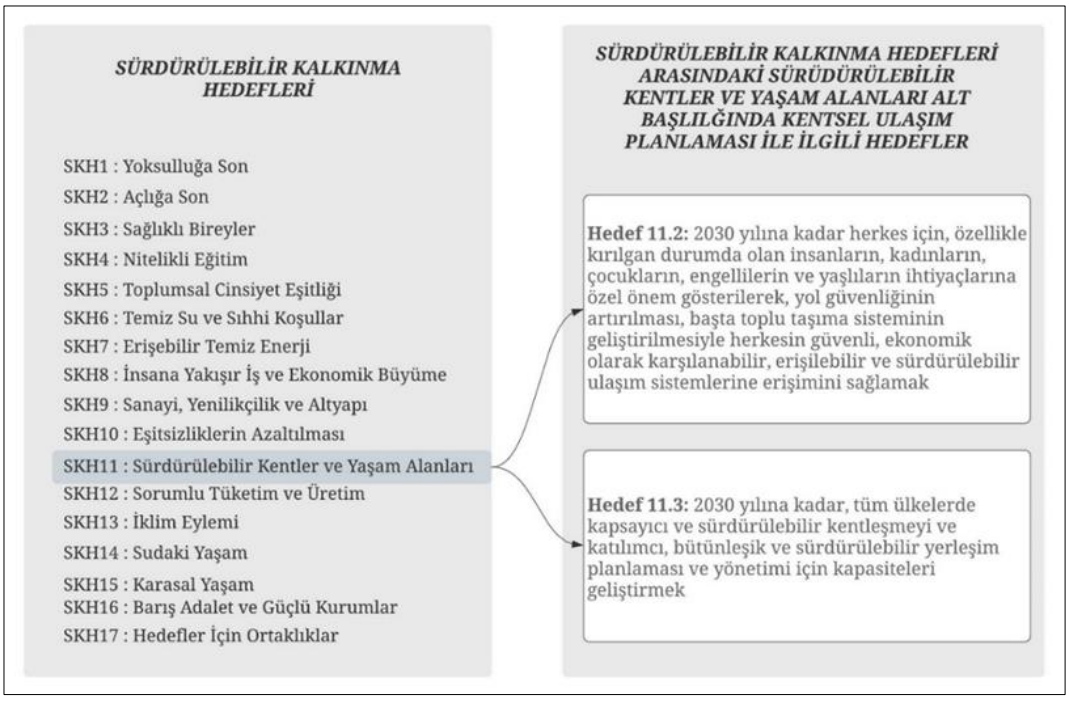
SÜRDÜRÜLEBİLİR KENTSEL ULAŞIM PLANLAMASI VE KARAYOLLARINDA KAPASİTE

Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması amacıyla oluşturulan hedefler arasında bulunan "sürdürülebilir kentler ve topluluklar" hedefine ulaşmak için kentsel ulaşım planlaması ve sürdürülebilir ulaşım tartışmaları literatürde önemini arttırmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma üzerine uluslararası ölçekte yürütülen konferans ve toplantılarda alınan ortak kararlar ve eylem planları içerisinde, sürdürülebilir kentler için kentsel ulaşım planlama kararları oluşturulması ortak kanı haline gelmiştir. Bu bağlamda sürdürülebilirlik konusunda alınan kararların, ulaşım planlaması konuları ile ilişkili bölümlerinin anlaşılması ve sürdürülebilir ulaşım tanımlamasının ortaya çıkarılmasında etken parametrelerin neler olabileceğinin tartışılması gerekmektedir (Litman., 2003).

3.1. Sürdürülebilir Kentsel Ulaşım Planlaması

Ülkemizde, 2019 yılında T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı tarafından hazırlanan, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) Değerlendirme Raporu'na göre, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'nin (SKH) "Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar" başlıklı 11. Maddesi'nin 2. Bendi'nde, "*2030 yılına kadar; imar planlarında araç trafiğinin azaltılması ve toplu taşıma öncelikli bir sistem kurulması amaçlanır, ulaşım sistemlerinin yolculuk mesafelerini kısaltacak şekilde ayarlanması esas alınır ve bu kapsamda, mevzuatta bir ulaşım ana planı belirlenmesi amaçlanır. Ulaşım ana planı kentin mekânsal, sosyal ve ekonomik özelliklerine göre ulaşım sistemini ihtiyaç ve talepler doğrultusunda düzenlemeyi amaçlar ve yol güvenliğinin artırılması, toplu taşıma sisteminin geliştirilmesi, her bireyin güvenli, ekonomik eşitlik çerçevesinde*

karşılanabilir, erişilebilir ve sürdürülebilir ulaşım sistemlerinin sağlanması hedeflenir. ifadesi bulunmaktadır (Başkanlığı, 2019; Erdil, 2019), (Şekil 3.1).



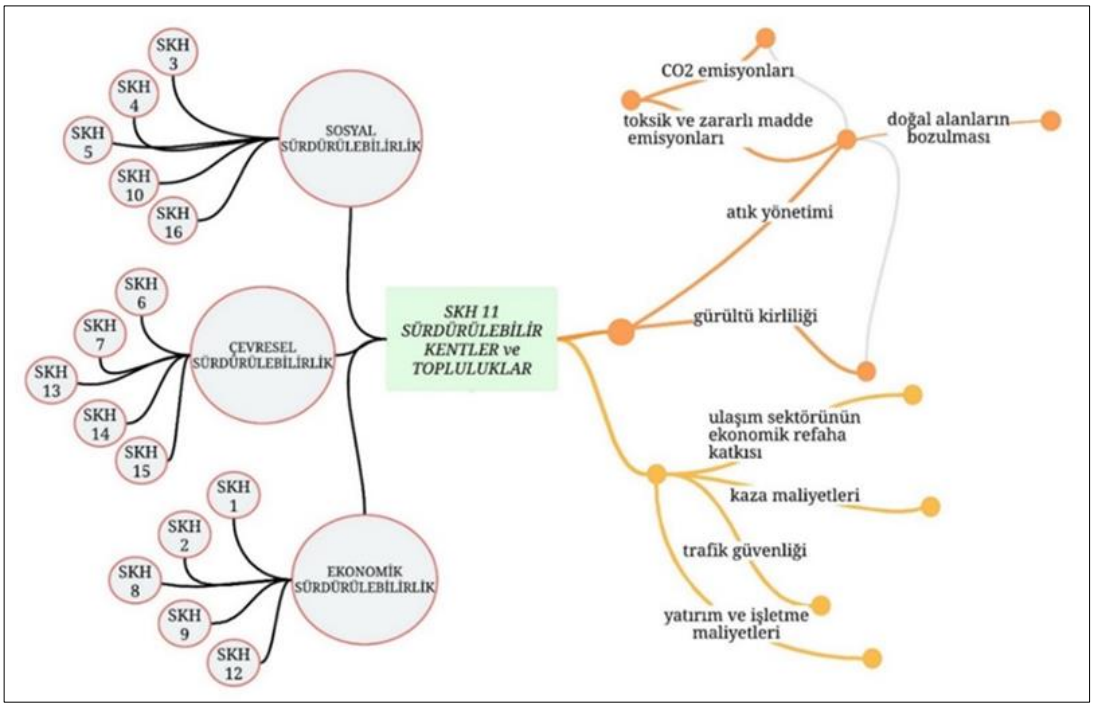
Şekil 3.1. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'nin (SKH'nin) içinde kentsel ulaşım planlamasının yeri (Erdil, 2019)

Sürdürülebilir ulaşımın evrensel olarak kabul edilmiş bir tanımı olmasa da sürdürülebilir ulaşım ve taşımacılıkla ilgili olarak Kanada Bayındırlık Bakanlığı, sürdürülebilir taşımacılığın amacını, ulaşım faaliyetlerini etkileyen kararlarda çevresel, sosyal ve ekonomik hususların dikkate alınması gerektiği şeklinde vurgulamaktadır (Beatley, 1995; Lawson, 2015). ABD Ulaşım Araştırma Kurulu (TRB), sürdürülebilir ulaşımı; güçlü-zayıf yönlerin, fırsatların ve tehditlerin analizi ile ilintili olmayıp, sistem analizi ile ilgili olduğunu, bu nedenden çevresel, ekonomik ve sosyal sistemlerin, farklı mekân ve uygulama ölçeklerinde karşılıklı avantajları veya dezavantajları ile nasıl etkileşim içinde olduğu ön görülmesi gerektiğini ifade etmektedir (TRB, 2000).

Sürdürülebilir ulaşım göstergelerini tanımlamak için literatürde fazla sayıda çalışma bulunsa da hangi çevresel, sosyal ve ekonomik niteliklerin dengelenmesi gerektiği açık olarak ifade edilmemektedir (Litman, 2008b). İdeal olarak, sürdürülebilir ulaşım göstergelerinin teoriye dayalı kavramları ve işlevleri, önce sürdürülebilir taşımacılığı tanımlayarak, sürdürülebilir taşımacılığı ölçmemizi sağlayan önemli performans göstergeleri türetilerek geliştirilmektedir (Steg & Gifford, 2005; Thornbush

et al., 2013). Sürdürülebilir ulaşıma ilişkin performans ölçütleri ise, mevcut ulaşım plan uygulamaları, politikaları ve paydaş algılarından türetilmektedir (Mihyeon Jeon & Amekudzi, 2005; Steg & Gifford, 2005)

Gudmundsson (2001), kentsel ulaşım planlamasında ulaşım sisteminin mevcut durumunun veya yakın gelecekte ortaya çıkabilecek olumlu ve olumsuz yönlerinin incelenmesi ile bazı parametrelere ulaşılabileceğini ve bu parametreler ile belirlenen sürdürülebilir ulaşım hedeflerine, mevcut ulaşım sisteminin ne kadar yaklaştığı/yaklaşabileceği tahminlerinin geliştirilebileceğini belirtmektedir (Gudmundsson, 2001). Bu tahminlerin geliştirilmesinde kullanılan parametrelerin bazıları; CO_2 emisyonları, toksin ve zararlı madde emisyonları, arazi kullanımı, doğal alanların bozulması, atık yönetimi, trafik güvenliği, gürültü kirliliği, ulaşımın sağlık sonuçları, kaza maliyetleri, ulaşım sektörünün ekonomik refaha katkısı ve erişebilirlik konularıdır (Geurs & van Wee, 2000), (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. SKH 11'de kentsel ulaşım-sürdürülebilirlik ilişkisi (Geurs & van Wee, 2000)

İşe gidip gelme hızı, trafik tıkanıklığı gecikmesi, mevcut ulaşım seçeneklerinin çeşitliliği ve kalitesi, aktivitelere erişebilirlik (sürücüler ve sürücü olmayanlar dahil), ulaşıma ayrılan hane halkı harcamaları gibi mevcut ulaşım sisteminin kalitesine dayanan göstergeleri (Litman, 2003) veya gelecekteki olası ulaşım sistemlerinin genel olarak

sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkileri de değerlendirilebilmektedir. Bu durumda daha geniş bir sürdürülebilirlik yelpazesi düşünülmektedir. Ulaşım sektöründeki değişiklikler diğer çeşitli sektörlerde de değişikliklere neden olabilecek ve bu da sürdürülebilir kalkınmayı etkileyecektir. Bu nedenle, gelecekteki olası ulaşım sistemlerinin sürdürülebilir kalkınmayı ne ölçüde etkilediğini incelemek için geçerli sürdürülebilirlik göstergelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak halen ulaşım değişikliklerinin sosyal etkisini değerlendirmek konusunda bilgi eksikliği nedeni ile sosyal değişimdeki göstergeler nadiren sürdürülebilir ulaşım parametrelerine dahil edilmektedir (Geurs & Wee, 2000).

Kentsel ulaşım planlaması sürecindeki sürdürülebilirlik parametrelerin belirlenmesi aşamasında literatürde kullanılan değişkenler birbirinden farklı hiyerarşik düzeylere sahiptir. Ancak 2030 yılı için Birleşmiş Milletler tarafından ortaya konan gündem 2030 sürdürülebilirlik ajandasında ifade edildiği gibi ekonomi, toplum ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında hedef ve amaç terimleri arasında farklılıklardan da bahsedilmesi gerekmektedir.

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi (SKH) 11 tanımlaması, toplumların nihai olarak istediği şeyleri tanımlarken amaç tanımı Litman'nın (2008) önerdiği gibi ölçülecek olan amaç yani sürdürülebilir ulaşımdır. Dolayısı ile sürdürülebilirlik hedefleri çoğu ulaşım faaliyetinin nihai hedefi olarak erişilebilirlik, yani istenen mal, hizmet ve faaliyetleri elde etme yeteneğidir (Mura et al., 2018). Ancak erişimi ölçmek zordur, bu nedenle ulaşım planlaması trafiğe (araç hareketi) ve hareketliliğe (insanları ve malları taşıma yeteneği) odaklanma eğilimindedir. Bu, ulaşım planlamasında dikkate alınan etkilerin ve çözümlerin aralığını azaltmaktadır. Örneğin, trafiği ve hareketliliği iyileştirmeye yönelik stratejiler, yaya koşullarını bozarak veya dağınık arazi kullanım modelleri oluşturarak erişimi azaltabilirken, yaya ve bisiklet yollarındaki iyileştirmeler, uzaktan çalışma olanakları ve daha erişilebilir arazi kullanımı, trafiği veya hareketliliği arttırmadan erişimi iyileştirebilmektedir (Litman, 2008a).

Sürdürülebilir ulaşım parametrelerinden ölçülebilir olanlar, bir kent veya bölgedeki ulaşım sisteminin sürdürülebilirlik performansını değerlendirmek ve iyileştirmek için kullanılan önemli göstergelerdir. Bu parametreler, kentsel ulaşım planlaması ve politikalarının etkinliğini ölçmek, sorunları tanımlamak ve çözümleri

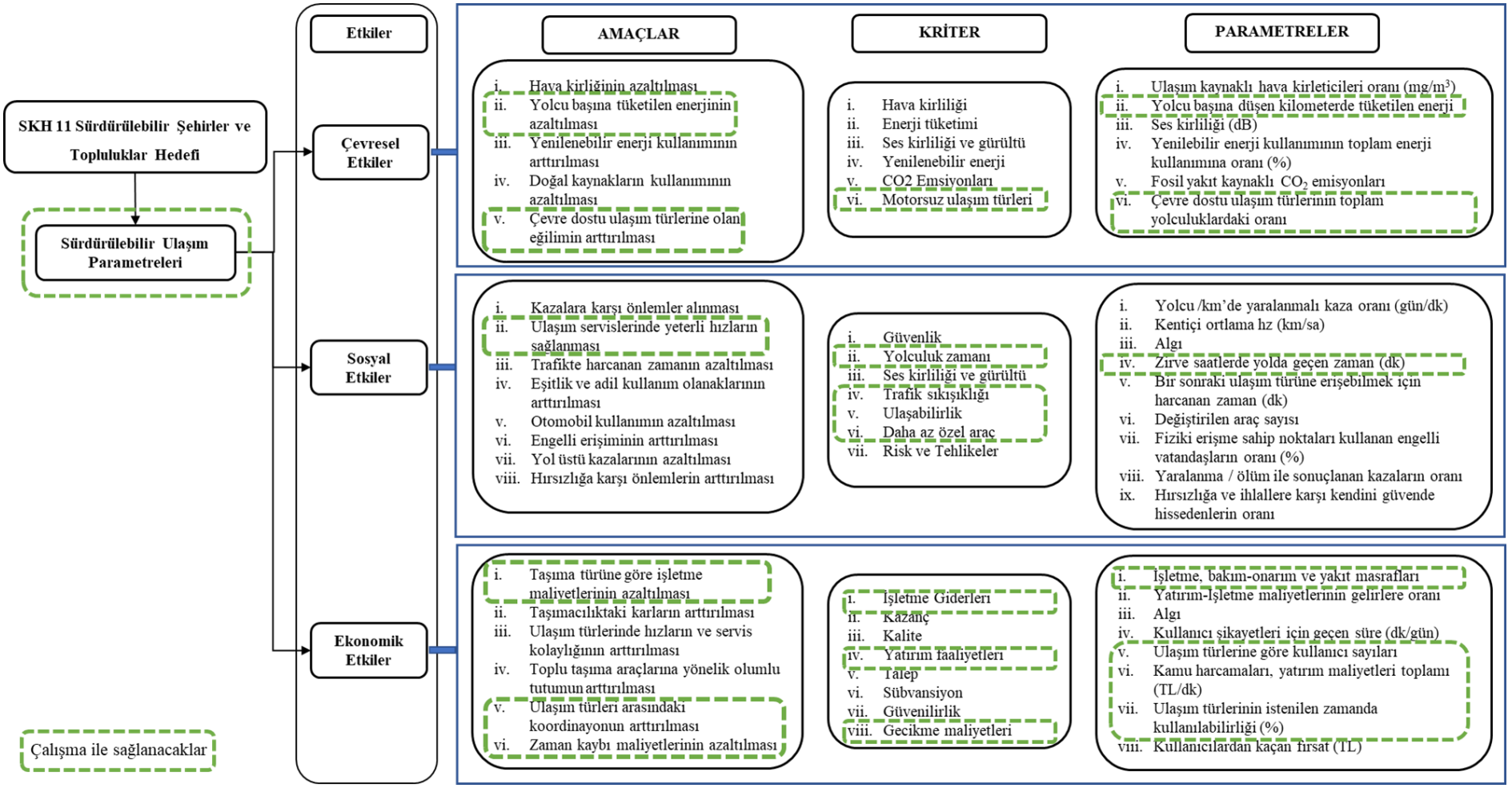
geliştirmek için kullanılmaktadır (Mihyeon Jeon & Amekudzi, 2005; Steg & Gifford, 2005). Çalışmada kentsel ulaşım ile sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlikteki ölçülebilir parametreler Çizelge 3.1'de belirtilmektedir.

Çizelge 3.1. Kentsel ulaşım- sosyal, ekonomik, çevresel sürdürülebilirliğin ölçülebilir parametreleri

Kentsel Ulaşım-Sosyal Sürdürülebilirlik Parametreleri	Yolcu başına düşen kilometrede kaza oranlarının düşürülmesi, kentteki ortalama hız limitlerinin dengelenmesi, trafiğin yolcular üzerindeki algısının iyileştirilmesi, yoğun saatlerde yolda geçirilecek zamanın azaltılması, ulaşım sistemleri arasındaki geçişlerin hızlandırılması ve arttırılması, engelli vatandaşların ulaşım sistemlerine erişmesinin kolaylaştırılması, trafikte hırsızlığın ve ihlallerin azaltılmasının sağlanmasını belirleyen parametreler kentsel ulaşım planlaması sosyal sürdürülebilirlik parametreleri arasındadır (Marques et al., 2012)
Kentsel Ulaşım-Ekonomik Sürdürülebilirlik Parametreleri	İşletme, bakım-onarım ve yakıt masrafları, yatırım ve işletme maliyetlerinin gelirlere oranı (%), ulaşım türlerini kullanacak olan potansiyel kullanıcıların sayısı, ulaşım türlerinin istenilen zamanda bulunabilir olması oranı (%), hizmet sağlanamayan müşterilerden kaçan fırsatlar (TL) gibi parametreler kentsel ulaşımın ekonomik sürdürülebilirlik parametreleridir (Jeon & Amekudzi, 2005).
Kentsel Ulaşım-Çevresel Sürdürülebilirlik Parametreleri	Ulaşımdan kaynaklanan hava kirleticilerin oranı (mg/m^3), yolcu başına düşen kilometrede tüketilen enerji miktarı, ses kirliği (dB), yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji kullanımındaki oranı (%), çevre dostu ulaşım türlerinin toplam yolculuklardaki oranı (%) gibi parametreler kentsel ulaşımın çevresel sürdürülebilirlik parametreleridir (Comi, 2012).

Bu ölçülebilir parametreler, sürdürülebilir ulaşımın performansını değerlendirmek, politikaları yönlendirmek ve iyileştirmeler yapmak için kullanılabilirler. Araştırmaların, bu parametrelerin toplanması, analizi ve değerlendirilmesi üzerinde yoğunlaşması, daha sürdürülebilir ulaşım sistemlerinin geliştirilmesine katkıda bulunabilecektir.

Kentsel ulaşımın sosyal, ekonomik ve çevresel etkileri ve bu etkilerin SKH 11 "Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar" hedefi doğrultusunda amaçladığı iyileştirmeler, bu iyileştirmelerin sürdürülebilir olması için ortaya konan kriterler bu kriterlerin ölçülebilen ve ölçülemeyen parametreleri Şekil 3.3'te gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Kentsel ulaşımın çevresel-sosyal ve ekonomik etkileri; amaçları, kriterleri ve parametreleri (Geurs & van Wee, 2000)

3.2. Karayollarında Kapasite ve Kapasiteyi Etkileyen Faktörler

Karayollarında kapasite, yol kesiminin trafik hacmini karşılama yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Planlanan bir yol kısmında, belirlenmiş trafik ve kontrol koşulları altında, belirli bir zaman diliminde, araçların karayolu üzerindeki bir noktadan kabul edilebilir seviyeler içinde geçerken, beklenebilecek maksimum saatlik araç miktarını ifade etmektedir. Kapasite; belirli koşullar altında, birim zamanda yol platformu üzerinde bulunabilecek maksimum araç sayısı olarak belirtilmektedir. Bir yolun dikkate alınan bir kesitinden akımın sürekli olduğu ve bir saatten az bir süre içinde geçen taşıt sayısının saatlik değeri ise "akım oranı" olarak ifade edilmektedir (Öğüt, 2020). Ancak doğası gereği düzgün dağılıma sahip olmayan trafik koşullarında kapasite çalışmaları karmaşıktır. Literatürde ABD, İngiltere, Japonya, Avustralya, İsveç, Çin ve Endonezya gibi birçok ülkede karayolları kapasite kılavuzları bulunmaktadır (Umadevi & Suresh, 2014). ABD'de otoyol kapasite hesaplarının yapılabilmesi için hazırlanan Otoyol Kapasite Kılavuzu'nda kapasiteyi etkileyen önemli parametrelerin hesaplanması çeşitli grafik ve matematik yöntemlere dayanmaktadır (TRB, 2000). Ancak, gelişmekte olan ülkeler için kent yollarında kullanılmak üzere hazırlanmış kapsamlı bir kapasite el kitabı

Karayolları Kapasite El Kitabı'nda karayollarında kapasite, temel kapasite ve beklenen (pratik) kapasite olmak üzere iki farklı biçimde tanımlamakta ve açıklamaları Çizelge 3.2'de verilmektedir (TRB, 2000).

Çizelge 3.2. Karayollarında kapasite tanımlamaları (TRB, 2000).

Tanımlama	Açıklaması
Temel (Kuramsal) Kapasite	İdeal yol ve trafik koşullarında, bir karayolu kesiti üzerinde belirli bir noktadan bir saat boyunca geçebilen maksimum araç sayısıdır.
Beklenen (Pratik) Kapasite	Mevcut yol, trafik ve kontrol koşulları altında, trafik yoğunluğunun makul olan gecikmelere, tehlikelere veya sürücülerin özgürlüğünü kısıtlayacak kadar büyük olmadığı kapasitedir. Temel kapasitenin istenen akım koşulları (hız, yoğunluk vb. gibi) ve yol geometrik özelliklerine göre düzeltme (azaltma) katsayıları ile düzeltilmesi ile elde edilmektedir. **Tahammül edilebilir sınırlar** içinde kalması öngörülmektedir.

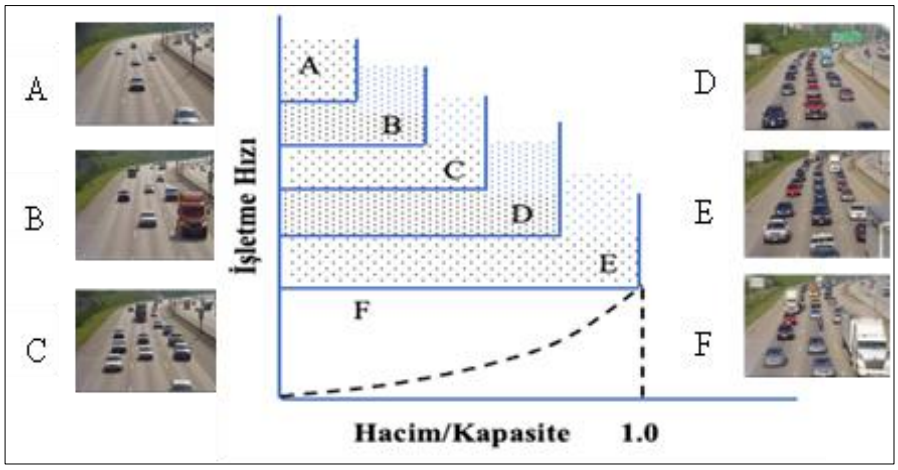
Beklenen (Pratik) Kapasite tanımında bulunan "tahammül edilebilen sınırlar" ifadesi göreceli bir kavram olduğundan ölçülmesi, sürücü davranışları ve algısı ile ilişkilendirilmektedir. Bu nedenle değişik ve birbirinden farklılık gösteren beklenen (pratik) kapasite değerlerinin belirlenmesi için gelişmiş ülkelerde "hizmet düzeyi",

hizmet hacmi, trafik akım oranları, düzeltme faktörleri tanımlamaları bulunmaktadır. Herhangi bir hizmet düzeyi için trafik oranlarının hesaplanmasında ise arazi ve görüş mesafesi, trafiğin yönlere göre dağılımı, şerit ve banket genişliği gibi parametreler hesaplamalara dahil edilmektedir (TRB, 2000)

Hizmet Düzeyi: Sürücüler ve yolcuların yoldaki işletme ve trafik koşullarını değerlendirmeleri sonucu memnuniyet düzeylerinin sınıflandırılması şeklinde tanımlanmaktadır (Yang et al., 2000). Hız, yolculuk süresi, sürücünün şerit değiştirme ve öndeki aracı geçmekteki rahatlık derecesi, kavşak veya sinyalizasyon nedeni ile trafiğin kesintiye uğraması, sürücü/yolcu konforu, huzur ve güvenliği gibi parametreler üzerinden, yoldaki işletme koşulları belirlenmektedir.

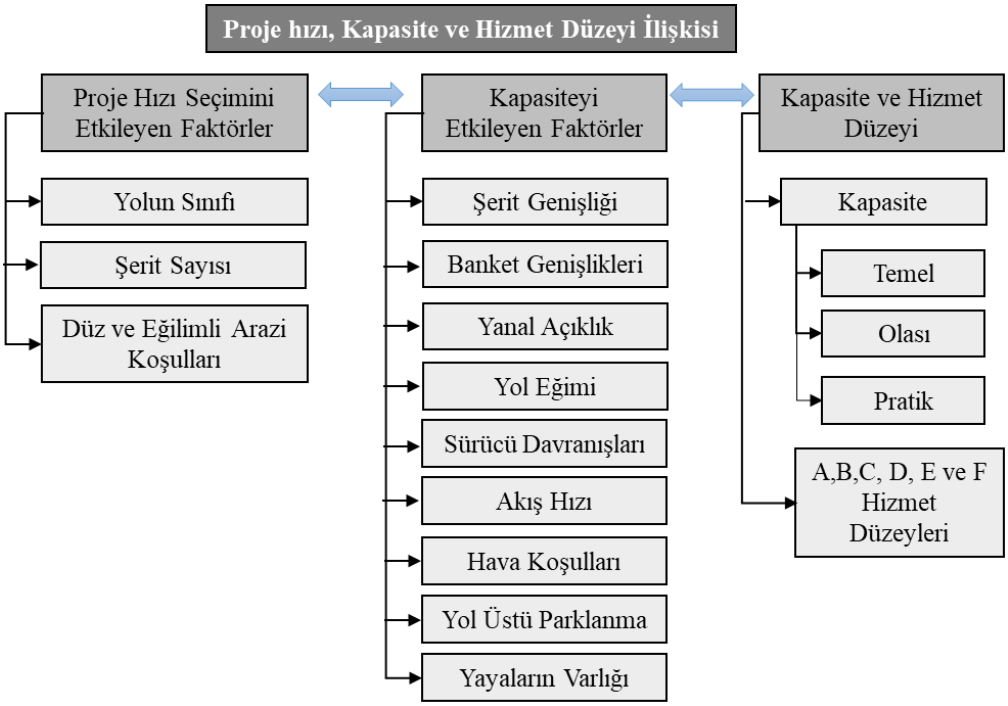
Hizmet Hacmi: Seçilen hizmet düzeyinin öngördüğü işletme koşullarında, yolun bir şeridi veya platformun tamamından hâkim yol ve trafik koşullarında bir yönde geçebilen en yüksek saatlik taşıt sayısıdır. Şekil 3.4'te görülen "işletme hızı" bir sürücünün uygun hava koşulları altında önceden belirlenmiş proje hızını aşmamak koşulu ile sağlayabileceği en yüksek hız olarak tanımlanmaktadır (TRB, 2000)

A derece hizmet düzeyi, serbest akımın olduğu en iyi durumu, F derece hizmet düzeyi ise zorlamalı ve sık sık dur-kalkların olduğu en düşük hizmet düzeyi olarak tanımlanmaktadır (TRB, 2016). Şekil 3.4'de hacim/kapasite oranı-işletme hızı ilişkisi içinde tanımlanan hizmet düzeyleri görülmektedir.



Şekil 3.4. Hacim/kapasite-işletme hızına göre hizmet düzeyleri

Proje hızı seçimi, kapasiteyi etkileyen faktöreler ve kapasite-hizmet düzeyi faktörleri Şekil 3.5'te gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Proje hızını, kapasiteyi ve hizmet düzeyini etkileyen faktörler (TRB, 2000)

Hizmet Düzeyi İçin Trafik Akım Oranları ve Düzeltme Faktörleri: İki şeritli kent içi yollarda dikkate alınan herhangi bir hizmet düzeyi için trafik akım oranının (TA_i) hesaplanması ve hesaplamada kullanılan parametreler Çizelge 3.3'de gösterilmektedir. Ülkemizde kent içi yolları C ve D hizmet düzeyine göre projelendirilmektedir.

Çizelge 3.3. Herhangi bir hizmet düzeyi için trafik akım oranı (Pursula & Enberg, 1991)

Hizmet Düzeyleri İçin Trafik Akım Oranı					
Formül	**Değişkenler**				
	SF_i	**$(H/K)_i$**	**fd**	**f_w**	**f_{HV}**
$TA_i = 2800 \times (H/K)_i \times f_d \times f_w \times f_{HV}$	Herhangi bir hizmet düzeyi için araç/saat cinsinden trafik akım oranı.	Arazi ve görüş mesafesine göre Çizelge 3.4'den alınacak olan hacim/kapasite oranı.	Trafiğin yönlere dağılımı düzeltme faktörü (Çizelge 3.5).	Şerit ve banket genişliği düzeltme faktörü (Çizelge 3.6).	Ağır taşıtlar için düzeltme faktörü.

Yoldaki işletme koşullarının belirlenmesinde gecikme yüzdesi, ortalama hız, hacim/kapasite oranı (kapasitenin kullanımı) ve görüş uzunluğunun kısıtlı olduğu kesimlerin oranları Çizelge 3.4'de verilmektedir. Gecikme yüzdesi, trafik yoğunluğu nedeni ile taşıt kümesi içinde bulunmak zorunda kalan sürücüler için, istedikleri hızı yapamadıkları ve sollamadaki sınırlamalar nedeni ile oluşan gecikmedir. Bu gecikme, dikkate alınan yol kısmını kat etme süresinin yüzdesi olarak ifade edilmektedir (Yayla,

2004). Pratikte gecikme yüzdesinin ölçülmesi oldukça zordur. Bu nedenle, trafik akımı içindeki araçlardan, takip mesafesi 5 saniyeden küçük olan araçların yüzdesi bulunmakta ve bu oran gecikme yüzdesi olarak kabul edilmektedir. Trafik arttıkça hız azalmakta ve sollama zorlaşmaktadır. Bu nedenle de gecikme yüzdesi büyümektedir. Bu durumda yoldaki işletme koşullarının olumsuz etkisinden kaynaklı olarak hizmet düzeyi de düşmektedir. Trafiğin yönlere göre dağılımına ait düzeltme faktörleri Çizelge 3.5'de ve dar şerit ve refüjler için düzeltme faktörleri ise Çizelge 3.6'da gösterilmektedir.

Çizelge 3.4. İki şeritli iki yönlü yollarda hizmet düzeyi kriterleri (Yayla, 2004)

Hizmet Düzeyi	Gecikme Yüzdesi	Ortalama Hız	Düz Arazi Koşullarında Hacim Kapasite (H/K) Oranı Görüş Uzunluğu 450 m'den Kısa Olan Yol Kesimlerinin Yüzdesi					
			0	20	40	60	80	100
A	<30	>93	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04
B	<45	>88	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16
C	<60	>83	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33	0.32
D	>75	>80	0.64	0.62	0.60	0.59	0.58	0.57
E	>75	>72	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
F	100	<72	-	-	-	-	-	-

Çizelge 3.5. Trafiğin yönlere dağılımına ait düzeltme faktörleri (Yayla, 2004)

Yönlere Dağılım	100/0	90/10	80/20	70/30	60/40	50/50
Düzelte Faktörü (f_d)	0.71	0.75	0.83	0.89	0.94	1.00

Çizelge 3.6. Dar şerit ve refüjler için düzeltme faktörleri (Yayla, 2004)

Kullanılabilir Banket Genişliği	Şerit Genişliği 3,7 m		Şerit Genişliği 3,3 m		Şerit Genişliği 3,1 m		Şerit Genişliği 2,7 m	
	Hizmet Düzeyi							
	A-D	E	A-D	E	A-D	E	A-D	E
>2	1.00	1.00	0.93	0.94	0.84	0.87	0.70	0.76
1	0.89	0.96	0.82	0.91	0.75	0.84	0.63	0.73
0	0.70	0.88	0.65	0.82	0.58	0.75	0.49	0.66

Kent içi yolların tasarımı ile ilgili geometrik standartların seçiminde dikkate alınan trafik değeri genellikle 20 yıl sonraki trafik değeri olarak alınmaktadır. Daha uzun sürelerde bağımsız değişkenler olarak alınan nüfus artışı, sosyal ekonomik büyüme, arazi kullanımı gibi parametrelerin belirsizliği hata oranlarını arttıracağı için tercih edilmemektedir. Bununla birlikte, yoldaki trafik, yıllık olarak değişmenin yanı sıra, mevsimlere, aylara, günlere ve gün içerisindeki saatlere göre de değişim göstermektedir. Bu nedenle proje trafiği olarak seçilecek trafik miktarının bu değişimleri de yansıtması beklenmektedir. Yıllık Ortalama Günlük Trafik (YOGT); bir yıl süre içerisinde, o yoldan

geçen günlük trafik değerlerinin gün sayısına bölünmesi ile edilen teorik trafik sayısı olarak tanımlanmaktadır (Kayhanian et al., 2003).

Yıl içinde gözlemlenen saatlik en yüksek trafik hacminin yıllık ortalama günlük trafiğe göre değişimi K faktörü olarak tanımlanmaktadır. İki şeritli iki yönlü yollar için değişik hizmet düzeyleri ve arazi durumuna göre en yüksek yıllık ortalama günlük trafik (YOGT) değişimi ile ilişkisi Çizelge 3.7'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.7. İki şeritli iki yönlü yollarda maksimum YOGT değerleri (Kayhanian et al., 2003)

K Faktörü	Hizmet Düzeyi (Düz Arazi)				
	A	**B**	**C**	**D**	**E**
0.10	2.400	4.800	7.900	13.500	22.900
0.11	2.200	4.400	7.200	12.200	20.800
0.12	2.000	4.000	6.600	11.200	19.000
0.13	1.900	3.700	6.100	10.400	17.600
0.14	1.700	3.400	5.700	9.600	16.300
0.15	1.600	3.200	5.300	9.000	15.200

Proje Saatlik Trafiği: Yol standartlarının, yıl içinde gözlenen en yüksek trafik hacmine göre belirlenmesi projelendirmede gerekenden fazla yatırım maliyetlerine neden olmaktadır. Ortalama saatlik trafik hacmine göre tasarlanacak bir yolda ise, yıl içinde pek çok saatte ortalama değerlerin üzerine çıkabilecek trafik değerlerinde önemli tıkanmalar yaşanabilecektir. Proje saatlik trafiğinin YOGT'ne oranı K faktörü olarak isimlendirilmektedir. Genel olarak arazi kullanım yoğunluğu arttıkça K faktörü küçülmektedir. Bunun anlamı, arazi kullanım yoğunluğunun fazla olduğu yerlerde trafiğin gün içinde dağılımının daha dengeli olduğudur. YOGT arttıkça K faktörü küçülmektedir.

3.3. Bölüm Değerlendirmesi

Kentsel ulaşım planlaması sürecindeki sürdürülebilirlik parametrelerin belirlenmesi aşamasında literatürde kullanılan değişkenler birbirinden farklı hiyerarşik düzeylere sahip olabilmektedir. Bununla birlikte sürdürülebilirlik hedefleri çoğu ulaşım faaliyetinin nihai hedefi olarak erişebilirlik, yani istenen mal, hizmet ve faaliyetleri elde etme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Erişimi ölçmek için ulaşım planlaması trafiğe

(araç hareketi) ve hareketliliğe (insanları ve malları taşıma yeteneği) odaklanmaktadır. Bu, ulaşım planlamasında dikkate alınan etkilerin ve çözümlerin aralığını azaltmaktadır. Trafiği ve hareketliliği iyileştirmeye yönelik stratejiler, yaya koşullarını bozarak veya dağınık arazi kullanım modelleri oluşturarak erişimi azaltabilirken, yaya ve bisiklet yollarındaki iyileştirmeler, uzaktan çalışma olanakları ve daha erişilebilir arazi kullanımı, trafiği veya hareketliliği arttırmadan erişimi iyileştirebilmektedir. Bu nedenle, doğası gereği düzgün dağılıma sahip olmayan trafik koşullarının da öngörülmesi ve planlama süreçlerine dahil edilmesi ve/veya tahmin edilmesinin sağlanması gerekmektedir. Trafik ve yol özellikleri, ulaşım sistemlerinin etkinliğini ve kullanıcı deneyimini büyük ölçüde etkileyen faktörlerdir. Yol genişliği ve kapasitesi, araç trafiği için kullanılabilir alanı ifade etmektedir .

BÖLÜM 4.

MODELİN OLUŞTURULMASI VE ÖRNEKLEM ALANDA UYGULANMASI

Kentsel ulaşım planlaması, demografik özellikler, gelir düzeyi, kişi başına düşen araç sayısı gibi sayısal parametrelere bağlı olarak değerlendirmelerin yapıldığı, belirlenen öngörüler ile geleceğe yönelik durum analizlerinin gerçekleştirildiği, döngüsel bir süreçtir. Zaman içerisinde kentsel arazi kullanımları ve buna bağlı olarak ulaşım ve trafik problemleri ile karşılaşılabilmektedir. Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinden sürdürülebilir ulaşımın da ölçülebilir parametrelerinden biri "erişebilirlik"tir. Bu üç farklı bileşenin birlikte ele alınarak yolculuk oluşumlarının durum (mevcut ve olası) analizlerinin yapılması gerekmektedir. Böylece, kent genelindeki yolların trafik hacimlerine bağlı olarak trafik düzeylerinin etkilenip etkilenmeyeceği önceden belirlenebilecektir. Etkilenmeme durumunda ise sürdürülebilir ulaşım türlerinden biri olan "yol üstü bisiklet yolu" mevcut yollara dahil edilebilecektir.

4.1. Modelin Oluşturulması

Çalışmada önerilen model, dört aşamadan oluşmaktadır. Bunlar; yolculukların oluşmasında etken olan değişkenin bulunduğu 1. Aşama; Hansen Modeli 'nin kullanıldığı ve geleceğe yönelik erişebilirliği de kapsayan yolculukların oluşturulduğu 2. Aşama; mevcut ve öneri trafik hacimlerinin hesaplandığı 3. Aşama ve yapılan hesaplamaların karşılaştırıldığı 4. Aşama'dır. Bu aşamaya bağlı olarak mevcut trafik yoluna ileriye dönük oluşacak olan trafik hacmine göre yol üstü bisiklet yolunun yapılıp yapılamayacağına karar verilebilmektedir.

1. Aşama (DAKUP'a göre yolculuk oluşturulması ve anlamlı değişkenin bulunması): Kentsel alanda herhangi bir Trafik Analiz Bölgesi (TAB) için mevcut/olası nüfusa bağlı olarak oluşturulan ve TAB'a çekilen yolculuk sayısı ile yolculukların oluşmasında etken olduğu kabul edilen bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki matematiksel ilişkilerin belirlenmesi için modelde, regresyon analizi yapılmaktadır. Regresyon analizi, çıkarımsal istatistiklerin bir biçimidir. Regresyondaki p değerleri, örnekte gözlemlenen ilişkilerin daha büyük popülasyonda da var olup olmadığını belirlemeye yardımcı olmaktadır. Her bir bağımsız değişken için doğrusal regresyon p değeri, değişkenin bağımlı değişkenle hiçbir korelasyonunun olmadığı sıfır hipotezini test etmektedir.

Analizde tüm parametrelerin bilindiği varsayılarak, "En Küçük Kareler" yöntemi kullanılmaktadır. Yolculuk oluşturma işlemi için TAB'ların nüfus, yaş dağılımı, araç sahipliği, gelir düzeyleri, çalışanların sayısı ve hane halkı sayısı gibi demografik verileri üzerinden, bu parametreler arasında Pearson Korelasyonu ile anlamlı olan değişkenler belirlenmektedir.

Modelde, idari mahalle sınırlarının (TAB'ların) nüfus, hane halkı sayısı ve araç sahipliği gibi bağımsız değişkenleri ve trafik bağımlı değişkeni üzerinden hesaplama yapılmaktadır. Bu hesaplamalar sırasında TAB'ların kendi içlerinde gerçekleşen yolculuk sayıları kapsam dışı bırakılmaktadır. Her bir TAB için nüfus, hane halkı sayısı ve araç sahipliği oranlarına bağlı olarak, kent genelinde mevcut nüfusun yolculuk oluşumunu modelleyen genel eşitliğin sağlanması amacı ile korelasyon analizlerinin her bir bağımsız değişken için yapılmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Tüm parametreler elde edildiğinden, en küçük kareler yöntemi kullanılmaktadır. Her bir bağımsız değişkenin, bağımlı değişken olan trafik ile pozitif yönde, yüksek düzeyde ve anlamlı bir ilişkisi olduğu yapılan analizler sonucunda elde edilebilmektedir. Bu verilere bağlı olarak ileriki dönemlerdeki öngörülen nüfusa bağlı olarak yolculuk oluşumları hesaplanmaktadır.

2. Aşama (Hansen Modeli'nin Kullanımı): Öncelikle kentsel alandaki arazi kullanım verilerinin elde edilmesi gerekmektedir. Bu verilerin kentin 1/1000 Uygulama İmar Planı'ndan elde edilmesi hesaplamanın daha detaylı yapılabilmesine olanak sağlayacaktır. Model, bu ölçek üzerinden yapılmasını öngörmektedir. Bu aşamada Hansen Modeli kullanılmaktadır. Modelin kullanılabilmesi için; a) arazi kullanım

verilerine bağlı olarak, arazi kullanım parametrelerinden anlamlı olan ağırlık merkezinin bulunması; b) TAB'lar arasında gerçekleşebilecek yolculukların oluşturulması; c) TAB'lar arasında erişebilirliğin ölçülmesi gerekmektedir.

a) Kentsel alanlarda karma arazi kullanımları bulunmaktadır. Uygulama İmar Planı verilerine bağlı olarak TAB'lardaki arazi kullanım türleri ve kentteki toplam yol alanları hesaplanmaktadır. Arazi kulanım türleri arasındaki anlamlılık düzeylerinin belirlenmesi için Pearson Korelasyonu yapılmaktadır. Böylece, TAB'lardaki (mahallerdeki) farklı arazi kullanım türleri arasındaki anlamlılık düzeyi yüksek korelasyon, arazi kullanımının karışımı anlamına gelecek, anlamlılık düzeyi düşük korelasyon ise kentsel arazi kullanımlarında tek tip ve daha az çeşitlilik anlamına gelecektir.

b) Arazi kullanımı-ulaşım ilişkisi, arazi arz ve talep dengesi ile kentsel ulaşım planlaması aşamaları arasında karşılıklı bir etkileşim bulunmaktadır. Yolculuk amaçları; ev, iş, alışveriş vb. yolculuklar olabilmektedir. Çalışmada, TAB'lar arasında gerçekleşebilecek yolculukların sayısı, "iş amaçlı yolculuklar oluşturulması" yöntemi ile tahmin edilmektedir.

c) Arazi kullanım türleri dağılımındaki değişimlerin neden olduğu erişebilirlik, yolculuk davranışlarının belirgin bir göstergesidir. Ayrıca sürdürülebilirlik açısından trafik ile erişebilirlik arasında etkileşim bulunmaktadır. Erişebilirlik, bir ulaşım ağındaki kesişim/düğüm noktalarının birbirilerine bağlı olma derecesi ile karakterize edilebilmektedir. Çalışmada TAB'lardaki arazi kullanım verilerine bağlı olarak aralarındaki erişebilirlik ölçümünde "çekim ölçüsü" modeli kullanılarak hesaplanmaktadır.

Modelde, kentsel alandaki arazi kullanımına bağlı olarak, iş yerlerinin büyüklüğü, iş yerlerine olan uzaklıklar ve konut alanlarının da dahil edildiği ve iş gücüne (ticaret alanlarına) dayalı olarak erişebilirliğin ölçülebilmesi için Hansen Modeli kullanılmaktadır. Bu modelde, erişebilirlik endeksi nüfus ve işgücü arasındaki ilişki ile belirlenebilmektedir. TAB'lar arasındaki uzaklık kuş uçuşu veya en kısa yol olarak tanımlanmaktadır (Hansen, 1959).

Çizelge 4.1. Hansen Modeli ve değişkenleri (Hansen, 1959)

Hansen Modeli		
Formül	**Değişkenler**	**Açıklaması**
$A_i = \sum_{j=1}^{n} \frac{E_j}{d_i^{\alpha}}$	A_i	Erişebilirlik Endeksi
	E_j	Ekonomik aktivite büyüklüğü (j mahallesindeki toplam işgücü sayısı)
	d_{ij}	i mahallesinden j mahallesine olan uzaklık
	α, n	Uzaklık etki parametresi ve toplam mahalle sayısı

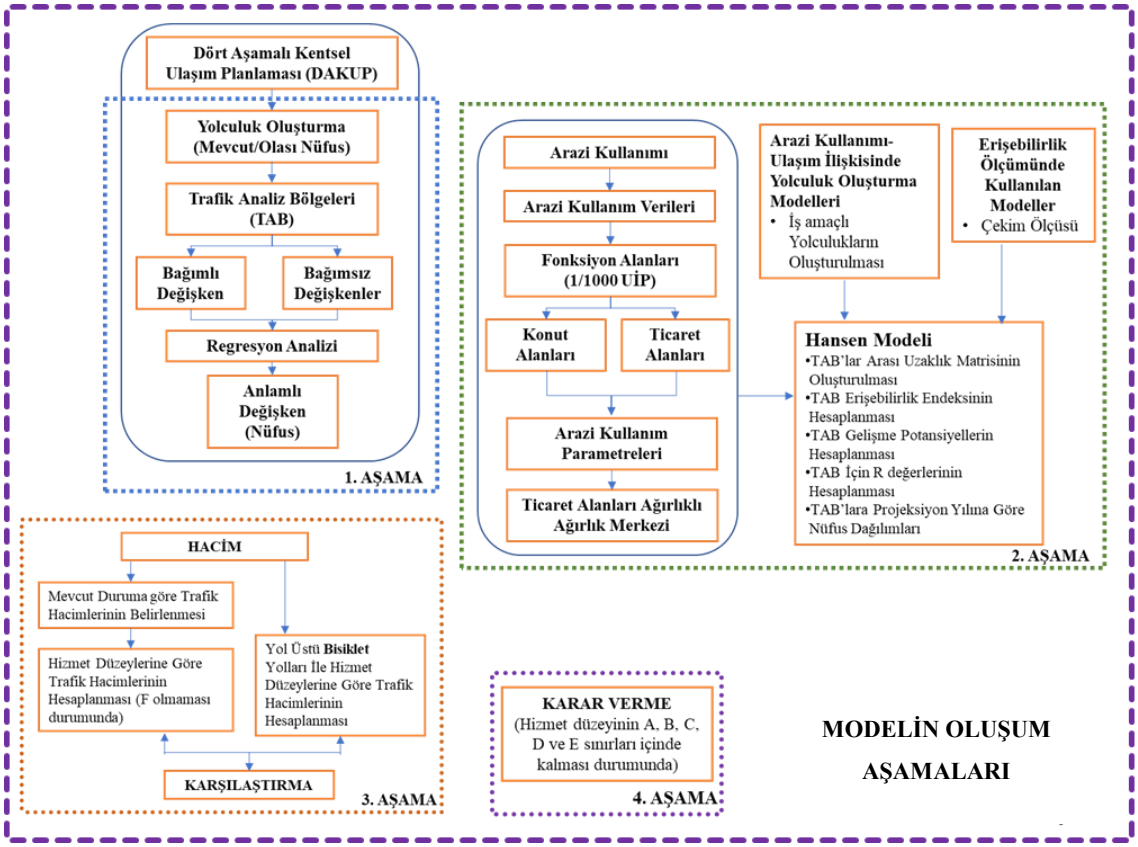
Elde edilen veriler doğrultusunda Hansen Modeli'nin kullanılması ile TAB'lar için, arasındaki uzaklık matrisleri oluşturulmakta; erişebilirlik endeksleri, gelişme potansiyellerine bağlı olarak R değerleri ve ileriye yönelik nüfus dağılımları hesaplanabilmektedir.

d) Elde edilen verilere bağlı olarak geleceğe yönelik yolculukların oluşturulması gerekmektedir.

3. Aşama (Mevcut ve olası trafik hacmine bağlı olarak hizmet düzeyinin belirlenmesi): Kent içi taşıt yollarının mevcut hizmet düzeylerine ve önerilen yol üstü bisiklet yolları yapılması durumundaki hizmet düzeylerine göre trafik hacimlerinin hesaplandığı aşamadır. Bu aşamada, ayrıca yol üstü bisiklet kullanımı durumunda olası trafik hacminin değişip değişmediği belirlenmektedir.

4. Aşama (Hizmet düzeyine bağlı olarak karar verilmesi): Bir önceki aşamada hesaplanmış olan trafik hacimlerine bağlı olarak hizmet düzeyinin uygunluğunun karşılaştırılması yapılmaktadır. Trafik yolundaki hizmet düzeyinin uygun sınırlarda olması durumunda ilgili taşıt yoluna, yol üstü bisiklet yolu yapılabilir, hizmet düzeyi uygun olmaması durumunda ise yapılamaz kararı verilebilecektir.

Model ile mevcut yolların trafik hacimlerine bağlı olarak, ileriye yönelik trafik hacimleri hesaplanarak hizmet düzeylerine göre sürdürülebilir ulaşım türlerinden biri olan bisikletin kullanımına karar verilebilecektir (Şekil 4.1). Model ile ayrıca kentlerdeki yolların hizmet düzeylerinin uygun/uygun olmama durumu; ileriye yönelik yolculukların oluşumunda mevcut hizmet düzeylerinin o zamana bağlı olarak uygun/uygun olmama durumu önceden hesaplanabilecektir. Modelin, küçük ve orta ölçekli kentler için sürdürülebilir kentler olma yolunda, sürdürülebilir ulaşım yaklaşımlarından en az birinin kullanılıp kullanılamayacağına karar vermelerine yardımcı olabileceği öngörülmektedir.



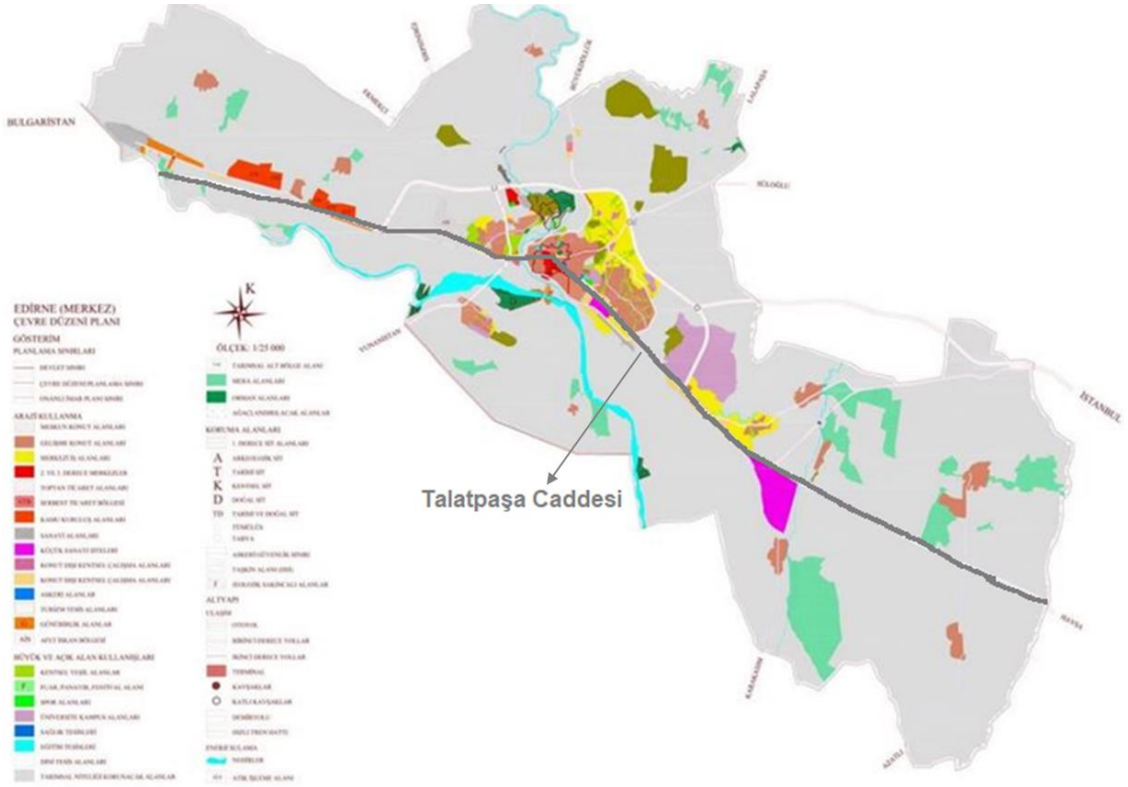
Şekil 4.1. Modelin oluşum aşamaları (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

4.2. Modelin Örneklem Alanda Uygulanması

Örneklem alan olarak seçilen Edirne Merkez İlçesi'nin 24 mahallesi bulunmaktadır. Her bir mahalle çalışmada birer Trafik Analiz Bölgesi (TAB) olarak kabul edilmiştir. Kent ile ilgili demografik özellikler TUİK Edirne Bölge Müdürlüğü'nden elde edilmiştir. Araç sahipliğinin belirlenebilmesi için kent geneli kişi başına düşen araç sayıları ile nüfus özellikleri kullanılmıştır. Arazi kullanımına ilişkin analizler için Edirne Belediyesi'nin 1/1000 ölçekli Uygulama İmar Planı'ndan yararlanılmıştır. Çalışma alanı karşılıklı olarak birbirinden bağımsız idari mahalle sınırları üzerinden (TAB'lar) araştırılmış ve daha sonra belirlenen ana arterler üzerinde (Talat Paşa Caddesi) seçilen kavşak noktaları arasında, bisiklet kullanımı için düzenlenecek yol üstü kesimlerinin sürdürülebilirlik parametreleri (erişebilirlik) üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Etkisi, yolun trafik hacminin hizmet düzeyine bağlı olarak değerlendirmesi yapılmıştır.

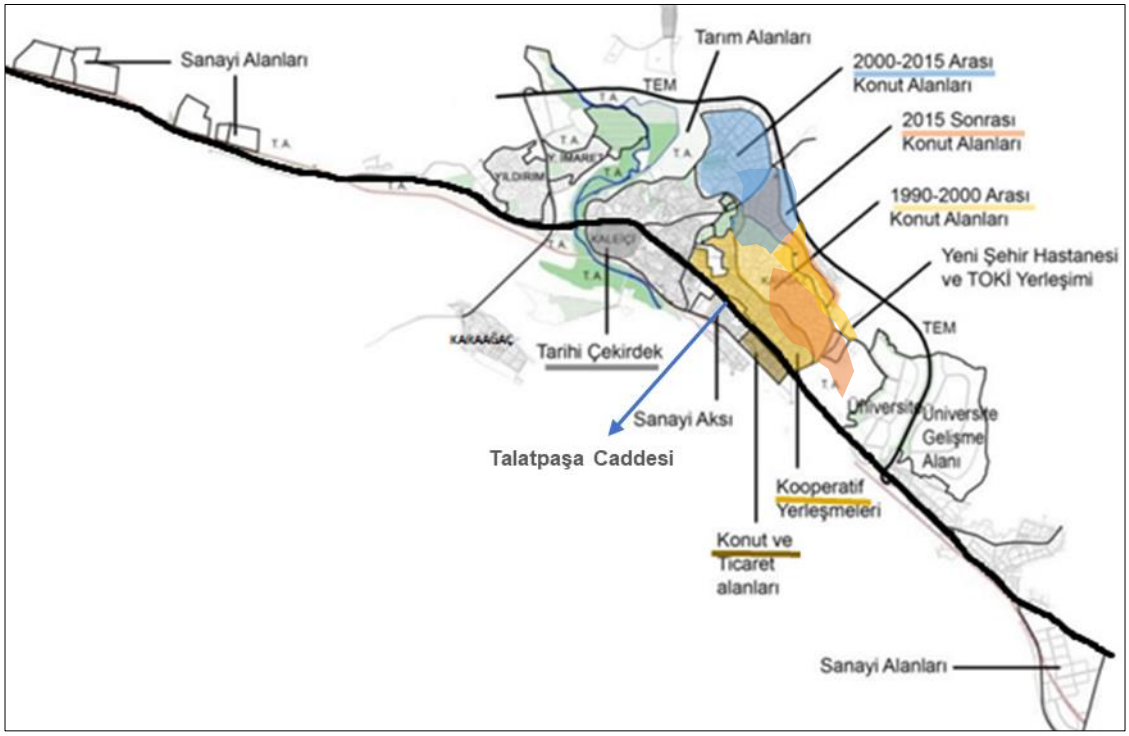
Tarihi yapıların yer aldığı kent merkezinde ana arterlerin (Talat Paşa Caddesi'ne bağlanan, Kıyık Caddesi, Hükümet Caddesi, Saraçlar Caddesi vb.) kesişmesi nedeniyle yoğun trafik akımları oluşabilmektedir. Kentin yönetim, idari ve ticari kullanım alanları

bu merkezde yer almaktadır. Tarihi süreçte merkez çevresinde gelişen kent, zaman içinde Talat Paşa Bulvarı boyunca gelişme göstermiştir. Özellikle geniş alan talebi bulunan üniversite, kamu kuruluşları gibi kullanımların bu eksen üzerinde yerleşmeleri kentteki konut talebinin de bu bölgelere kaymasına neden olmuştur. Söz konusu eksen diğer taraftan Kapıkule bağlantısını sağlamaktadır (Şekil 4.2.).



Şekil 4.2. Talatpaşa Caddesi'nin kent içindeki konumu (Solmaz, 2021)

Kentin karayolu ağının arazi kullanım taleplerine bağlı olarak geliştiği gözlenmektedir. Özellikle tarihi kent merkezindeki karayolu altyapısı, kentin tarihi dokusuna bağlı olarak şekillenmiştir. Kentteki arazi kullanım taleplerine bağlı olarak Talat Paşa Caddesi ve devamı niteliğinde olan D-100 karayolu boyunca lineer gelişme eğilimini sürdürmektedir (Şekil 4.3.).



Şekil 4.3. Kentin imar planı gelişimi (Solmaz, 2021'den geliştirilmiştir)

4.2.1. DAKUP'a Göre Yolculuk Oluşturulması ve Anlamlı Değişkenin Bulunması (1. Aşama)

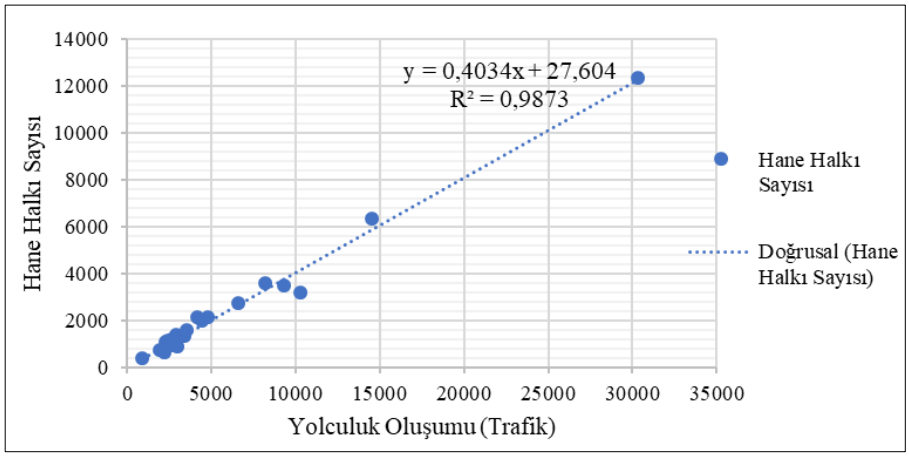
Edirne Merkez İlçe'deki Trafik Analiz Bölgeleri (TAB'lar) olarak idari mahallelerin sınırları kabul edilmiştir. Bu bölgelerdeki yolculukların oluşturulmasını etkileyen başlıca parametreler nüfus, istihdam ve mekânsal özellikleri yansıtan bağımsız değişkenlerdir. TAB'lar, yolculuk başlangıç ve bitiş noktalarının mekânsal dağılımını temsil etmek için belirlenmişlerdir. Bu işlemler sırasında TAB'ların kendi içlerinde gerçekleşen yolculuk sayıları ihmal edilmiştir.

Her bir mahalle (TAB) için nüfus, hane halkı sayısı ve araç sahipliği oranları üzerinden hesaplanan araç sayısına bağlı olarak, kent genelinde çalışmanın yapıldığı yıl olan 2019 yılındaki nüfusun yolculuk oluşumunu (trafiği) modelleyen genel eşitliğin sağlanması için öncelikle korelasyon analizleri yapılmıştır. Analizlerde yolculuk oluşumu "trafik" olarak tanımlanmıştır. Analizler, her bir bağımsız değişken için sürdürülmüştür. Analizde tüm parametrelerin bilindiği varsayılarak, "En Küçük Kareler" yöntemi kullanılmıştır. Her bir bağımsız değişkenin (nüfus, hane halkı sayısı, araç sahipliği), bağımlı değişken olan trafik (yolculuk oluşumu) ile pozitif yönde, yüksek düzeyde ve anlamlı şekilde ilişkili olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 4.2).

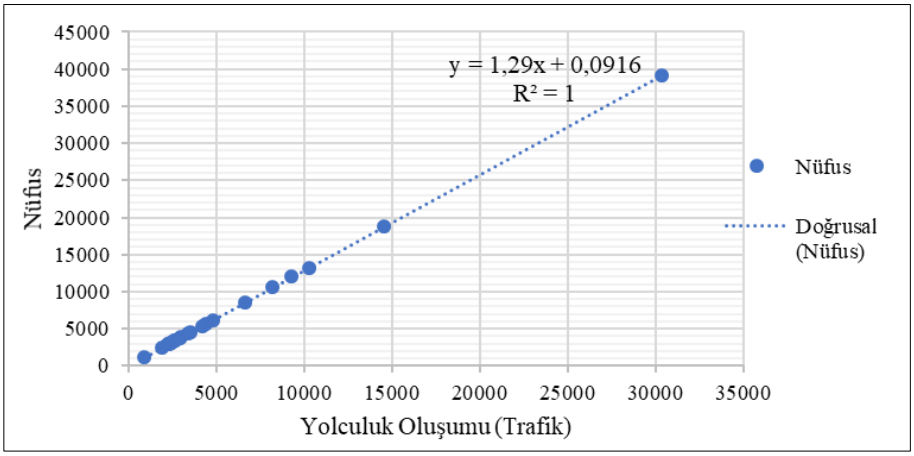
Çizelge 4.2. Bağımlı ve bağımsız değişkenler korelasyon katsayıları

	Trafik	Hane Halkı Sayısı	Nüfus	Araç Sahipliği
Trafik	1			
Hane Halkı Sayısı	0.9936	1		
Nüfus	0.9999	0.9936	1	
Araç Sahipliği	0.9955	0.9860	0.9955	1

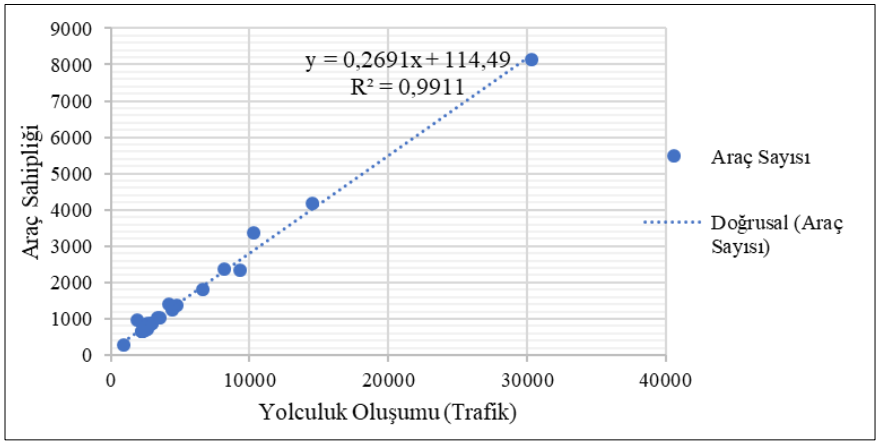
Hane halkı sayısı ile yolculuk oluşumu (trafik) ilişkisi Şekil 4.4,'de, nüfus-yolculuk oluşumu (trafik) ilişkisi Şekil 4.5'de, araç sahipliği-trafik (yolculuk oluşumu) ilişkisi Şekil 4.6'de gösterilmektedir.



Şekil 4.4. Hane-halkı sayısı-yolculuk oluşumu (trafik) ilişkisi



Şekil 4.5. Nüfus-yolculuk oluşumu (trafik) ilişkisi



Şekil 4.6. Araç sahipliği- yolculuk oluşumu (trafik) ilişkisi

Örneklem alanda, mevcut yolculuk oluşumunun (trafiğin) modellenmesinde nüfus, hane halkı sayısı ve araç sahipliği oranı bağımsız değişkenleri ile araç sayılarının regresyon analizinde, bağımsız değişkenlerden nüfus parametresi dışındaki iki değişkenin (hane halkı sayısı ve araç sahipliği) gelecekteki yolculuk oluşumu tahminlerinde anlamlı katkılar sağlamadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Regresyon analizi özeti

Regresyon Özeti

Regression Statistics	
Multiple R	0,999999
R Square	0,999998
Adjusted R Square	0,947368419
Standard Error	0,27127103
Observations	24

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	5	885394893,1	177078978,6	3007947070,30	1,24285E-79
Residual	19	1,398171458	0,073587971		
Total	24	885394894,5			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*
Intercept	-0,138139658	0,086896799	-1,589697883	0,128404632
Hane Halkı Sayısı	-0,000218763	0,000210403	-1,03973445	0,311514361
Nüfus	0,775129278	0,00011628	6666,078657	**5,64249E-62**
Araç Sahipliği	0,075385445	0,139631323	0,539889212	0,595545258

Korelasyon yoksa, bağımsız değişkendeki değişimler ile bağımlı değişkendeki kaymalar arasında bir ilişki yoktur. Başka bir deyişle, nüfus düzeyinde bir etki olduğu sonucuna varmak için yeterli kanıt yoktur ancak burada nüfus bağımsız değişkeni için p değeri 0.05 anlamlılık düzeyinden küçük olduğundan ve diğer bağımsız değişkenler için

p değeri 0.05 anlamlılık düzeyinin çok üstünde olduğundan, regresyon analizine nüfus verileri üzerinden devam edilmiştir. Nüfus değişkeni ile öngörülen trafik (yolculuk oluşumu) denklemi için regresyon analizi Çizelge 4.4'te verilmeketdir.

Çizelge 4.4. Nüfus bağımsız değişkeni ile regresyon analizi

Regresyon Özeti

Regresyon istatistikleri	
Multiple R	0,99553169
R Square	0,99108334
Adjusted R Square	0,99067804
Standard Error	298,017307
Observations	24

Varyasyon Analizi

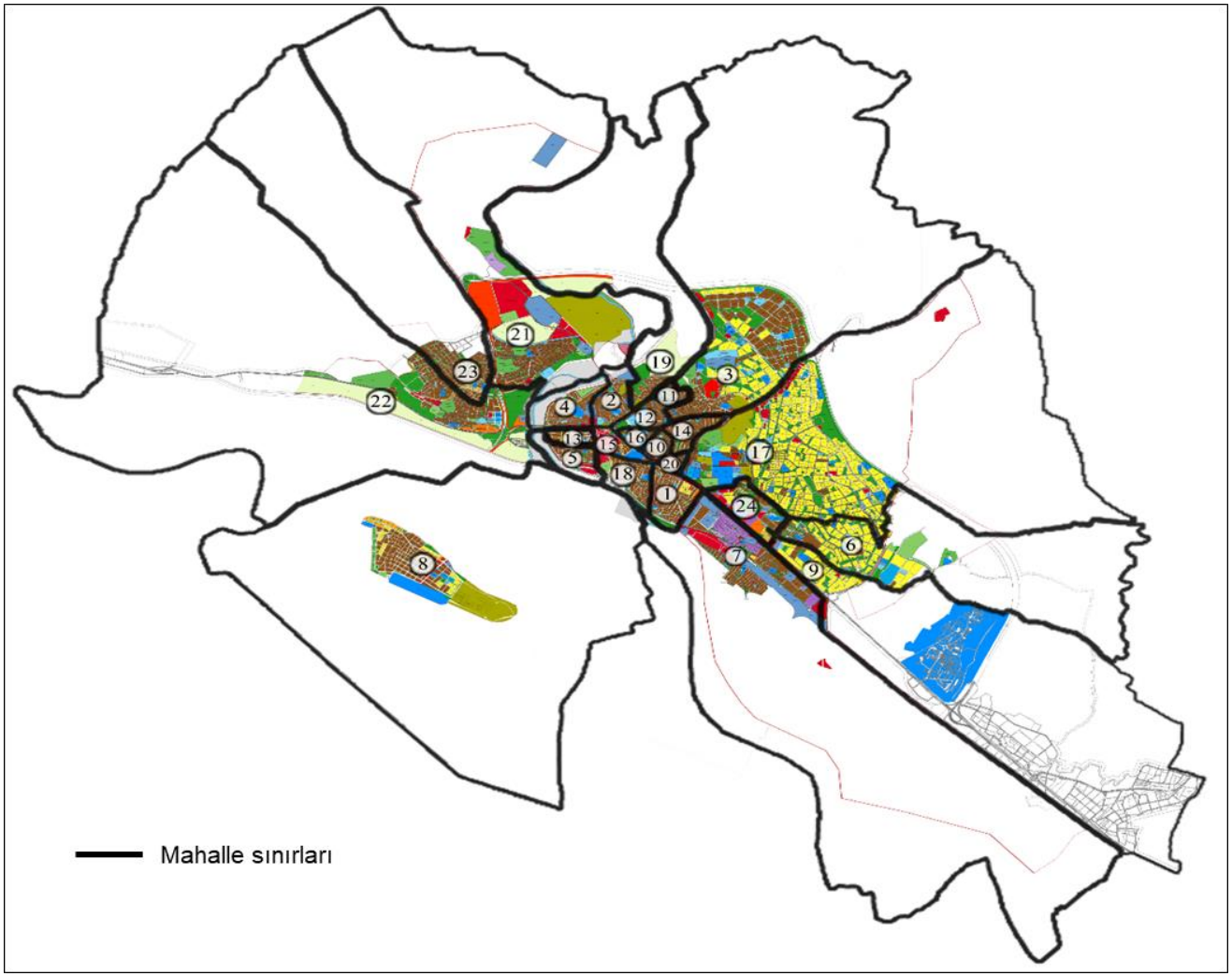
	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regresyon	1	217176933	217176933	2445,29197	4,7841E-24
Residual	22	1953914,94	88814,3155		
Total	23	219130848			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*
Intercept	210,716264	81,7204418	2,57850129	0,01714158
NÜFUS	0,38392702	0,00776396	49,4498936	4,7841E-24

4.2.2. Hansen Modeli 'nin Kullanımı (2. Aşama)

Bu aşamada Hansen Modeli kullanılmaktadır. Modelin kullanılabilmesi için; a) arazi kullanım verilerine bağlı olarak, arazi kullanım parametrelerinden anlamlı olan ağırlık merkezi bulunmuştur; b) TAB'lar arasında gerçekleşebilecek yolculuklar oluşturulmuştur; c) TAB'lar arasında erişebilirliğin ölçümleri yapılmıştır; d) erişebilirliğe bağlı olarak yolculuklar oluşturulmuştur.

a) Arazi kullanım verilerine bağlı olarak, arazi kullanım parametrelerinden anlamlı olan ağırlık merkezinin bulunması: Kentin 24 TAB'ının 1/1000 Uygulama İmar Planı'na bağlı olarak arazi kullanımları (fonksiyon alanları) ve her bir fonksiyon alanının arazi içinde kapladığı alanlar belirlenmiştir (Şekil 4.7). Edirne Merkez İlçe'de bulunan 24 TAB (mahalle) için fonksiyon alanlarının alan dağılımlarının hesaplamaları yapılmıştır (Çizelge 4.5, Çizelge 4.6, Çizelge 4. 7, Çizelge 4.8).

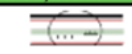


Şekil 4.7. Kentte bulunan TAB'lar ve fonksiyon alanları

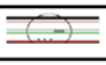
Çizelge 4.5 Çalışma alanı 1/1000 UİP dağılımları (1/4)

ALAN İSİMLERİ	UİP GÖSTERİMLER ve DAĞILIMLARI		ABDURRAHMAN MAHALLESİ	BABADEMİRTAŞ MAHALLESİ	BARUTLUK MAHALLESİ	ÇAVUŞBEY MAHALLESİ	DİLAVERBEY MAHALLESİ
KONUT ALANLARI	Yerleşik Konut Alanı		270799,95	145772,76	948538,96	143337,97	129057,82
	Gelişme Konut Alanı		19510,81	0,00	498918,44	0,00	0,00
KENTSEL ÇALIŞMA ALANLARI	Ticaret Alanı		26756,65	0,00	38053,00	26933,77	50699,62
	Ticaret+Konut Alanı		3314,84	2447,50	1141,67	23469,65	561,10
	Turizm Alanı		20843,85	0,00	563,78	0,00	0,00
	Turizm +Ticaret Alanı						
	Belediye Hizmet Alanları, İdari Hizmet Alanları		3724,83	52388,12	71464,92	30357,00	478,76
	Resmi Kurum Alanları						
	Sanayi Tesis Alanı		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Küçük Sanayi Alanı						
	Akaryakıt ve Servis İstasyonu Alanı		7373,17	0,00	6811,36	0,00	0,00
SOSYAL ALTYAPI ALANLARI	Eğitim Tesisleri Alanı		2600,77	25526,46	80659,56	35215,72	3134,21
	Sağlık Tesisleri Alanı		2630,10	0,00	21151,21	1089,99	745,27
	Sosyal ve Kültürel Tesis Alanı	Spor Tesisi (Açık-Kapalı)	0,00	0,00	16759,23	18090,62	1469,27
		Diğerleri	0,00	2154,79	93994,31	3390,24	0,00
		İbadet Alanları	6414,52	14304,49	9486,97	2428,97	8175,37
AÇIK VE YEŞİL ALANLAR	Çocuk Bahçesi ve Oyun Alanları (Rek., Fuar, Panayır ve Festival, Mesire Yeri, Hayvanat Bahçesi, Seyir Terası)		12135,15	28676,99	379404,17	10925,21	13020,61
	Pasif Yeşil Alan		4991,94	3291,62	137003,21	3706,62	0,00
TEKNİK ALTYAPI	Otoyol		-	-	-	-	-
	Bölünmüş Taşıt Yolu		58233,08	35122,92	295399,54	47556,47	23428,32
	Taşıt Yolu						
	Genel Otopark Alanı		0,00	5381,95	1036,55	3640,21	1788,10
	Bisiklet Yolu						
	Bisiklet Parkı						
TOPLAM ALAN (m2)			541263,42	460825,93	3080937,17	770473,93	397925,08
TOPLAM EMSAL ALAN (m2)			786608,11	2206042,00	3620906,30	746800,00	416274,17

Çizelge 4.6. Çalışma alanı 1/1000 UİP dağılımları (2/4)

ALAN İSİMLERİ	UİP GÖSTERİMLER ve DAĞILIMLARI		FATİH MAHALLESİ	İSTASYON MAHALLESİ	KARAAĞAÇ MAHALLESİ	KOCA SİNAN MAHALLESİ	MEDRESE ALİ BEY MAHALLESİ	MENZİLAHİR MAHALLESİ
KONUT ALANLARI	Yerleşik Konut Alanı		86859,23	429870,39	467077,91	36298,83	126121,57	83662,49
	Gelişme Konut Alanı		669033,10	5329,73	82606,02	281887,21	0,00	0,00
KENTSEL ÇALIŞMA ALANLARI	Ticaret Alanı		3961,59	18181,38	16155,98	5607,08	4634,63	0,00
	Ticaret+Konut Alanı		3314,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Turizm Alanı		1295,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Turizm +Ticaret Alanı							
	Belediye Hizmet Alanları, İdari Hizmet Alanları		13189,08	451846,76	7692,26	12174,24	0,00	0,00
	Resmi Kurum Alanları							
	Sanayi Tesis Alanı		0,00	184950,20	0,00	0,00	0,00	0,00
	Küçük Sanayi Alanı							
	Akaryakıt ve Servis İstasyonu Alanı		3000,00	6008,43	0,00	0,00	0,00	0,00
SOSYAL ALTYAPI ALANLARI	Eğitim Tesisleri Alanı		56210,71	16104,67	201907,34	16572,99	0,00	3449,40
	Sağlık Tesisleri Alanı		64303,55	3531,09	7523,00	1031,04	0,00	0,00
	Sosyal ve Kültürel Tesis Alanı	Spor Tesisi (Açık-Kapalı)	121537,78	2460,37	8752,15	0,00	0,00	0,00
		Diğerleri	3123,30	3827,82	3133,05	0,00	0,00	0,00
		İbadet Alanları	11428,91	1998,83	1639,45	2324,08	2468,83	6634,55
AÇIK VE YEŞİL ALANLAR	Çocuk Bahçesi ve Oyun (Rek., Fuar, Panayır ve Festival, Mesire Yeri, Hayvanat Bahçesi, Seyir Terası)		227651,98	68635,38	63747,77	39093,79	11614,15	12994,16
	Pasif Yeşil Alan		50444,80	19264,19	0,00	5117,84	2357,68	22453,85
TEKNİK ALTYAPI	Otoyol		-	-	-	-	-	-
	Bölünmüş Taşıt		183995,29	224110,14	98966,89	43984,80	10190,41	8908,43
	Taşıt Yolu							
	Genel Otopark Alanı		6960,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Bisiklet Yolu							
	Bisiklet Parkı							
TOPLAM ALAN (m2)			3369093,18	12029189,92	1603227,23	516320,90	196844,22	166879,19
TOPLAM EMSAL ALAN (m2)			3899413,28	12042114,20	1633947,20	697183,35	279066,22	172754,49

Çizelge 4.7. Çalışma alanı 1/1000 UİP dağılımları (3/4)

ALAN İSİMLERİ	UİP GÖSTERİMLER ve DAĞILIMLARI		MEYDAN MAHALLESİ	MİTHAT PAŞA MAHALLESİ	NİŞANCIPAŞA MAHALLESİ	SABUNİ MAHALLESİ	SARICAPAŞA MAHALLESİ	ŞÜKRÜPAŞA MAHALLESİ
KONUT ALANLARI	Yerleşik Konut Alanı		116237,43	63254,28	165707,06	22302,98	56232,22	85179,72
	Gelişme Konut Alanı		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1982843,90
KENTSEL ÇALIŞMA ALANLARI	Ticaret Alanı		3134,38	26825,96	6696,88	53902,58	13600,64	117538,35
	Ticaret+Konut Alanı		2300,56	0,00	0,00	7617,46	9242,98	7702,48
	Turizm Alanı		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1233,37
	Turizm +Ticaret Alanı							
	Belediye Hizmet Alanları, İdari Hizmet Alanları		5652,40	5371,46	585,98	11091,31	3093,95	54333,83
	Resmi Kurum Alanları							
	Sanayi Tesis Alanı		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Küçük Sanayi Alanı							
	Akaryakıt ve Servis İstasyonu Alanı		0,00	0,00	7373,17	7373,17	0,00	6811,36
SOSYAL ALTYAPI ALANLARI	Eğitim Tesisleri Alanı		10407,38	6983,19	4708,72	39670,12	9414,76	303347,84
	Sağlık Tesisleri Alanı		13082,46	0,00	0,00	0,00	19478,65	29539,17
	Sosyal ve Kültürel Tesis Alanı	Spor Tesisi (Açık-Kapalı)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	99324,83
		Diğerleri	8630,79	4736,81	1214,57	10705,66	3321,09	60857,09
		İbadet Alanları	21953,92	1881,61	2614,54	11895,81	1978,45	10437,73
AÇIK VE YEŞİL ALANLAR	Çocuk Bahçesi ve Oyun Alanları (Rek., Fuar, Panayır ve Festival, Mesire Yeri, Hayvanat Bahçesi, Seyir Terası)		29289,72	3014,07	714,15	9986,81	724,16	586658,74
	Pasif Yeşil Alan		291,75	0,00	199,55	104,60	–	109922,88
TEKNİK ALTYAPI	Otoyol		-	-	-	-	-	-
	Bölünmüş Taşıt Yolu		12600,70	13276,30	12789,31	11683,13	5006,94	403745,15
	Taşıt Yolu							
	Genel Otopark Alanı		0,00	2705,80	–	–	–	28760,65
	Bisiklet Yolu							
	Bisiklet Parkı							
TOPLAM ALAN (m2)			267473,84	191194,38	239422,56	240639,20	154806,77	8437024,38
TOPLAM EMSAL ALAN (m2)			575534,40	209967,15	299339,33	275138,58	169713,90	956166,34

Çizelge 4.8. Çalışma alanı 1/1000 UİP dağılımları (4/4)

ALAN İSİMLERİ	UİP GÖSTERİMLER ve DAĞILIMLARI		TALATPAŞA MAHALLESİ	UMURBEY MAHALLESİ	YANIKÇI ŞAHİN MAHALLESİ	YENİ İMARET MAHALLESİ	YILDIRIM BEYAZIT MAHALLESİ	YILDIRIM HACI SARRAF MAHALLESİ	1. MURAT MAHALLESİ
KONUT ALANLARI	Yerleşik Konut Alanı		169029,66	108026,75	60028,85	358952,28	399867,91	330394,55	115147,13
	Gelişme Konut Alanı		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	43612,90
KENTSEL ÇALIŞMA ALANLARI	Ticaret Alanı		27723,89	0,00	8287,44	224956,00	26030,86	0,00	28571,36
	Ticaret+Konut Alanı		24211,96	0,00	0,00	22777,39	19750,73	20610,88	26055,90
	Turizm Alanı		0,00	0,00	1509,12	0,00	55956,16	0,00	34427,20
	Turizm +Ticaret Alanı								
	Belediye Hizmet Alanları, İdari Hizmet Alanları		4227,38	0,00	0,00	332254,01	14204,61	0,00	39456,11
	Resmi Kurum Alanları								
	Sanayi Tesis Alanı		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34428,79
	Küçük Sanayi Alanı								
	Akaryakıt ve Servis İstasyonu Alanı		0,00	0,00	3000,00	6008,43	0,00	0,00	9242,54
SOSYAL ALTYAPI ALANLARI	Eğitim Tesisleri Alanı		11490,12	0,00	6768,12	7459,58	24763,34	18304,98	10409,41
	Sağlık Tesisleri Alanı		1813,67	0,00	0,00	0,00	6188,40	0,00	3660,56
	Sosyal ve Kültürel Tesis Alanı	Spor Tesisi (Açık-Kapalı)	23530,43	2343,44	0,00	45373,96	23162,45	0,00	0,00
		Diğerleri	8809,51	0,00	0,00	38375,46	13072,48	0,00	3703.41
		İbadet Alanları	3365,29	0,00	1308,27	26538,01	14246,54	759,18	0,00
AÇIK VE YEŞİL ALANLAR	Çocuk Bahçesi ve Oyun Alanları (Rek., Fuar, Panayır ve Festival, Mesire Yeri, Hayvanat Bahçesi, Seyir Terası)		41045,53	70590,62	1276,59	137454,27	505578,28	45282,47	94655,85
	Pasif Yeşil Alan		32492,98	1488,23	–	401930,06	217971,79	–	3836,52
TEKNİK ALTYAPI	Otoyol		-	-	-	-	-	-	-
	Bölünmüş Taşıt Yolu		40827,26	20516,37	7292,77	120819,79	227819,77	79716,69	57779,96
	Taşıt Yolu								
	Genel Otopark Alanı		–	–	–	–	2505,57	1820,11	–
	Bisiklet Yolu								
	Bisiklet Parkı								
TOPLAM ALAN (m2)			712986,22	608769,44	111252,30	7937630,88	3386869,50	795952,10	602569,39
TOPLAM EMSAL ALAN (m2)			804571,57	608716,99	132037,65	8198251,91	3528156,31	991375,05	797991,47

Kentin bütününde, karma arazi kullanım endeksi olarak farklı kentsel arazi kullanım türleri arasındaki Pearson Korelasyonu yapılmıştır (Çizelge 4.9). Burada, TAB'lardaki farklı arazi kullanım tipleri arasındaki anlamlılık düzeyi yüksek korelasyon, arazi kullanımın karışımı anlamına gelmektedir. Anlamlılık düzeyi düşük korelasyon, kentsel arazi kullanımlarında tek tip ve daha az çeşitlilik anlamına gelmektedir. Bu bulgular, Edirne gelişme modelinin, seyahat mesafelerini, hareketliliği, sosyal dağılımı ve otomobil bağımlılığını artıran düşük bir karışımla (veya farklı şekilde tanımlanan, **konut ve ticaret alanları** gibi farklı arazi kullanım türleri arasında büyük ayrımlarla) sonuçlandığını göstermektedir.

Çizelge 4.9. Arazi kullanım türlerine göre Pearson korelasyonu

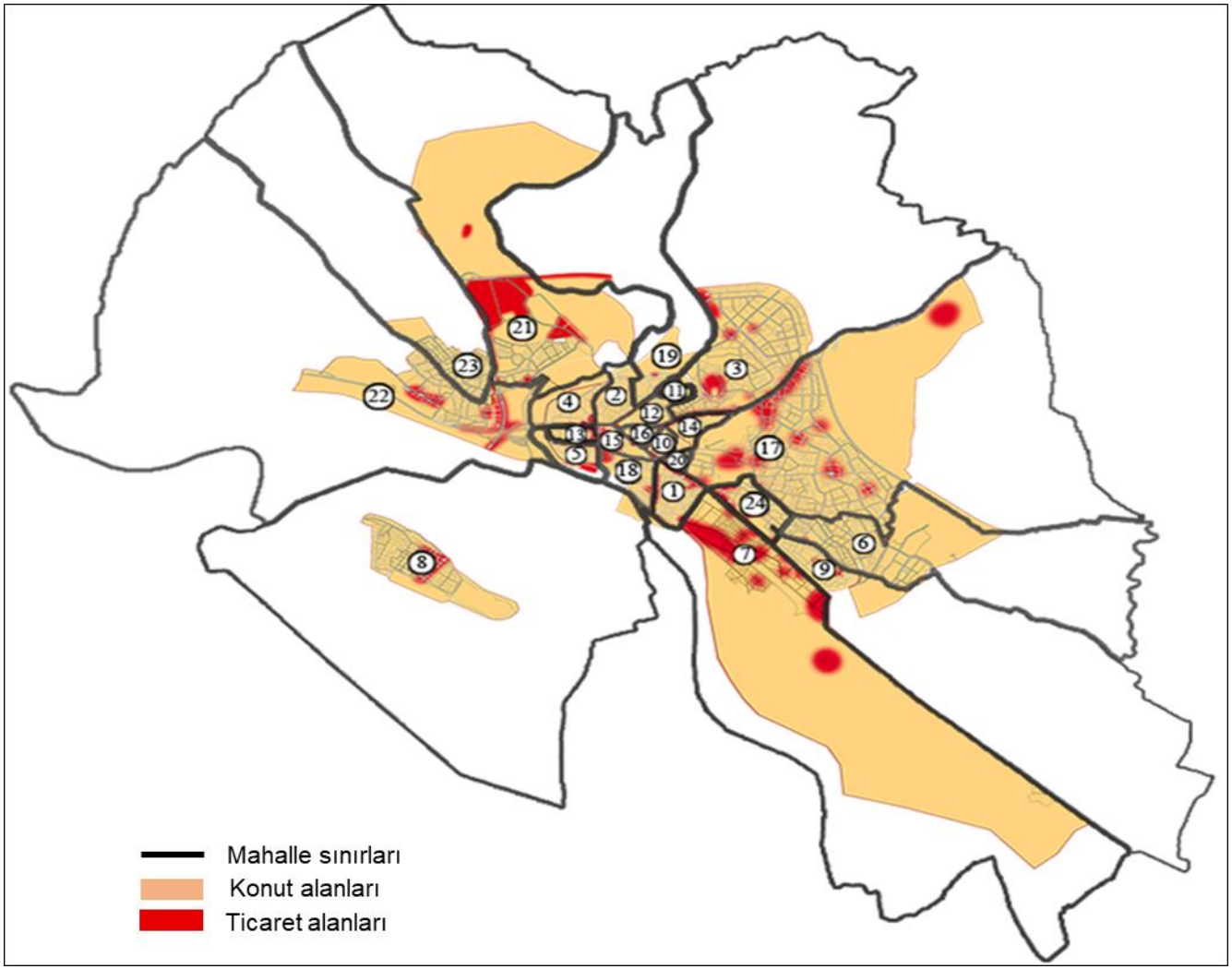
	Yerleşik Konut Alanı	Ticaret Alanı	Eğitim Tesisleri Alanı	Rek., Fuar, Panayır ve Festival, Mesire Yeri, Hayvanat Bahçesi, Seyir Terası	Belediye Hizmet Alanları,İdari Hizmet Alanları, Resmi Kurum Alanları	Akaryakıt ve Servis İstasyonu Alanı	Sanayi Tesis, Küçük Sanayi Alanı
Yerleşik Konut Alanı	1						
Ticaret Alanı	0,1466	1					
Eğitim Tesisleri Alanı	0,1830	0,2639	1				
Rek., Fuar, Panayır ve Festival, Mesire Yeri, Hayvanat Bahçesi, Seyir Terası	0,4031	0,3418	0,6234	1			
Belediye Hizmet Alanları,İdari Hizmet Alanları, Resmi Kurum Alanları	0,3636	0,5016	-0,0214	0,1021	1		
Akaryakıt ve Servis İstasyonu Alanı	0,2340	0,3708	0,1831	0,2570	0,3684	1	
Sanayi Tesis Alanı, Küçük Sanayi Alanı	0,2141	-0,0702	-0,0804	-0,0417	0,7773	0,2864	1

b) Arazi kullanımı-ulaşım ilişkisinde iş amaçlı yolculukların oluşturulması: Arazi kullanım-ulaşım altyapısı ilişkisinin birlikte ele alındığı model yaklaşımları için büyük miktarda veri gereksinimi, teknolojinin ilerlemesi ve bilgisayarla çözüm alternatiflerinin artması nedeni ile son yıllarda sıkılıkla araştırılmaktadır. Dört aşamalı ulaşım planlama süreci ile ulaşım taleplerinin tahminlerine yönelik bu arz ve talep dengesi modelleri, sürecin ilk iki aşamasını birlikte modellemeyi hedeflerken uygulamada da tercih edilen yaklaşımlar olmaktadır (Özuysal, 2010). Bu nedenle, kentsel alandaki arazi kullanım özelliklerine göre hesaplanan ortalama değerler ve değişim aralıklarına bakılmıştır. Alanın arazi kullanım türlerinin çoğu için değişim aralıklarının ortalama değerlerinin 5 ile 20 katı bir aralıkta olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Arazi kullanım parametreleri

Arazi Kullanımı	Ortalama	Max	Min	Değişim Aralığı
Yerleşik Konut Alanı	20,49	94,85	2,23	92,62
Ticaret Alanı	3,03	22,50	0,00	22,5
Eğitim Tesisleri Alanı	3,73	30,33	0,00	30,33
Çocuk Bahçesi ve Oyun Alanları (Rek., Fuar, Panayır ve Festival, Mesire Yeri, Hayvanat Bahçesi, Seyir Terası)	9,98	58,67	0,07	58,59
Belediye Hizmet İdari Hizmet, Resmi Kurum Alanları	46,4	451,8	0,0	451,8
Akaryakıt ve Servis İstasyonu Alanı	0,26	0,92	0,00	0,92
Sanayi Tesis ve Küçük Sanayi Alanı	0,91	18,5	0,00	18,50
Toplam Arazi Kullanımı		85,53		

Çalışma alanında yerleşik konut alanı, ticaret alanı, eğitim tesis alanları, idari ve hizmet alanları ve sanayi tesisi–küçük sanayi alan kullanımlarından bir tanesinin, kent merkezini oluşturan mahallerin (TAB'ların) toplam alanından %50 fazla bulunduğu arazi kullanımı şekli konut alanları ve ticaret alanları olduğu belirlenmiştir. Ticaret alanları ve konut alanları olarak kent merkezinin tematik haritası Şekil 4.8' de verilmektedir.



Şekil 4.8. Konut-Ticaret alanları dağılımı

Edirne kenti özelinde Trafik Analiz Bölgeleri (TAB) olarak seçilen mahallerin toplam yol alanları belirlenerek, mahalle alanlarına oranı hesaplanmıştır (Çizelge 4. 11).

Çizelge 4.11. Çalışma alanı TAB bölgeleri yol alanları yüzdeleri

No	Mahalle Adı	Yol Alanları Yüzdesi (%)	No	Mahalle Adı	Yol Alanları Yüzdesi (%)
1	Abdurrahman Mahallesi	10,76	13	Mithatpaşa Mahallesi	6,94
2	Babademirtaş	7,62	14	Nişancıpaşa Mahallesi	5,34
3	Barutluk Mahallesi	9,59	15	Sabuni Mahallesi	4,86
4	Çavuşbey Mahallesi	6,17	16	Sarıcapaşa Mahallesi	3,23
5	Dilaverbey Mahallesi	5,89	17	Şükrüpaşa Mahallesi	4,79
6	Fatih Mahallesi	5,46	18	Talatpaşa Mahallesi	5,73
7	İstasyon Mahallesi	1,86	19	Umurbey Mahallesi	3,37
8	Karaağaç Mahallesi	6,17	20	Yancıkçı Şahin Mahallesi	6,56
9	Kocasinan Mahallesi	8,52	21	Yemi İmaret Mahallesi	1,52
10	Medrese Alibey Mah.	5,18	22	Yıldırım Beyazıt Mahallesi	6,73
11	Menzilahir Mahallesi	5,34	23	Yıldırım Hacı Sarraf Mah.	10,02
12	Meydan Mahallesi	4,71	24	1. Murat Mahallesi	9,59

c) TAB'lardaki arazi kullanım verilerine bağlı olarak aralarındaki erişebilirliğin ölçülmesi: Kentsel alandaki arazi kullanımı incelendiğinde iş yerlerinin büyüklüğü, iş yerlerine olan uzaklıklar ve konut alanlarının da dahil edildiği ve iş gücüne (ticaret alanlarına) dayalı olarak erişebilirliğin ölçülebilmesi amacı ile Hansen Modeli kullanılmıştır. TAB'lar arasındaki erişebilirlik endeksi nüfus ve işgücü arasındaki ilişki ile belirlenmiştir. Modelde TAB'lar arasındaki uzaklık kuş uçuşu veya en kısa yol olarak tanımlandığından, örneklem alandaki hesaplamalarda ağırlıklı TAB merkezleri arası kalan en kısa mesafeler kullanılmıştır. Her TAB'ın (mahallenin) kendisine olan uzaklığı ise rastgele seçilen noktaların TAB merkezine olan uzaklıklarının ortalaması olarak hesaplanmıştır. Edirne Belediyesi Webgis Kent Rehberi sitesi kullanılarak her bir TAB'ın kendi içindeki ve diğer TAB'lar arasındaki en kısa mesafelerini hesaplamak için hazırlanmış olan uzaklık matrisi Çizelge 4.12'de, TAB'lar için iş gücü sayısı, konut alanları ve nüfus verileri Çizelge 4.13'te verilmektedir.

Çizelge 4.12. Çalışma alanı mahalleleri arasındaki uzaklık matrisi

Çalışma Alanı Bölgeleri Arasındaki Uzaklıklar (km)	1 ABD	2 BAB	3 BAR	4 ÇAV	5 DİL	6 FAT	7 İST	8 KAR	9 KOCS	10 MAB	11 MEN	12 MEY	13 MİTP	14 NİŞ	15 SAB	16 SAR	17 ŞÜK	18 TAL	19 UMU	20 YANŞ	21 YEN	22 YILB	23 YHS	24 1MU	Σ / n
1 ABD	0.6	2.4	2.6	2.6	2.0	8.2	5.4	5.0	6.0	1.2	2.4	2.2	2.2	1.2	1.6	1.4	2.6	1.0	7.8	0.8	6.4	6.0	6.2	1.8	3.3
2 BAB	2.4	0.5	5.4	1.2	1.4	8.4	4.4	5.4	8.8	1.2	1.2	0.8	1.4	1.8	1.0	1.2	5.4	1.8	1.4	2.2	1.8	3.2	3.0	5.4	2.9
3 BAR	2.6	5.4	1.9	2.4	2.2	4.6	4.2	5.6	6.6	2.4	0.6	1.2	2.4	0.8	2.2	1.2	3.8	2.2	1.4	1.2	3.2	5.0	4.4	3.0	2.9
4 ÇAV	2.6	1.2	2.4	0.6	1.0	6.2	5.0	5.2	8.8	1.8	2.2	1.8	0.6	2.2	1.2	1.4	4.8	2.2	1.6	2.4	1.4	1.8	2.6	3.8	2.7
5 DİL	2.0	1.4	2.2	1.0	0.7	5.2	4.4	4.8	9.0	2.0	2.2	1.6	0.6	2.2	0.8	1.4	4.4	1.4	2.2	1.8	2.4	2.6	2.8	3.4	2.6
6 FAT	8.2	8.4	4.6	6.2	5.2	4.9	2.2	8.8	4.6	4.2	5.0	4.8	5.2	4.2	4.8	4.4	2.4	4.4	5.2	3.0	6.6	7.6	8.0	2.2	5.2
7 İST	5.4	4.4	4.2	5.0	4.4	2.2	5.0	6.8	5.2	3.0	3.4	3.2	4.2	3.0	3.2	3.0	1.8	2.8	3.6	2.2	5.2	6.0	6.2	1.0	3.9
8 KAR	5.0	5.4	5.6	5.2	4.8	8.8	6.8	3.1	12.0	5.0	6.0	5.2	5.0	5.4	4.6	4.8	7.6	4.4	6.2	5.2	6.6	7.0	6.0	6.6	5.9
9 KOCS	6.0	8.8	6.6	8.8	9.0	4.6	5.2	12.0	3.5	7.6	8.2	8.0	8.6	7.6	8.0	7.8	6.0	7.4	8.6	7.0	10.2	11.0	11.0	5.4	7.8
10 MAB	1.2	1.2	2.4	1.8	2.0	4.2	3.0	5.0	7.6	3.8	1.2	0.6	1.8	0.6	1.0	0.4	3.0	1.2	1.4	0.6	3.0	4.0	4.4	2.6	2.4
11 MEN	2.4	1.2	0.6	2.2	2.2	5.0	3.4	6.0	8.2	1.2	0.6	0.4	2.2	0.8	1.6	1.2	3.8	2.4	0.6	1.4	3.2	4.0	4.0	3.2	2.6
12 MEY	2.2	0.8	1.2	1.8	1.6	4.8	3.2	5.2	8.0	0.6	0.4	0.5	1.6	1.0	0.8	0.6	3.6	1.6	0.6	1.4	2.8	3.4	3.6	3.0	2.3
13 MİTP	2.2	1.4	2.4	0.6	0.6	5.2	4.2	5.0	8.6	1.8	2.2	1.6	0.5	2.2	1.0	1.4	4.2	3.4	2.2	2.0	2.2	2.4	2.4	3.6	2.6
14 NİŞ	1.2	1.8	0.8	2.2	2.2	4.2	3.0	5.4	7.6	0.6	0.8	1.0	2.2	0.6	1.4	1.0	2.8	1.4	0.8	0.6	3.4	4.2	4.0	2.4	2.3
15 SAB	1.6	1.0	2.2	1.2	0.8	4.8	3.2	4.6	8.0	1.0	1.6	0.8	1.0	1.4	0.6	0.6	3.8	1.0	1.4	1.2	2.4	3.0	3.2	3.0	2.2
16 SAR	1.4	1.2	1.2	1.4	1.4	4.4	3.0	4.8	7.8	0.4	1.2	0.6	1.4	1.0	0.6	0.3	3.4	1.0	1.2	1.0	2.8	3.4	3.2	2.8	2.1
17 ŞÜK	2.6	5.4	3.8	4.8	4.4	2.4	1.8	7.6	6.0	3.0	3.8	3.6	4.2	2.8	3.8	3.4	3.1	3.2	4.0	2.6	6.0	6.4	6.2	1.6	4.0
18 TAL	1.0	1.8	2.2	2.2	1.4	4.4	2.8	4.4	7.4	1.2	2.4	1.6	3.4	1.4	1.0	1.0	3.2	0.8	2.2	1.0	3.2	3.6	3.8	2.4	2.5
19 UMU	7.8	1.4	1.4	1.6	2.2	5.2	3.6	6.2	8.6	1.4	0.6	0.6	2.2	0.8	1.4	1.2	4.0	2.2	4.2	1.8	2.6	3.4	3.2	4.0	3.0
20 YANŞ	0.8	2.2	1.2	2.4	1.8	3.0	2.2	5.2	7.0	0.6	1.4	1.4	2.0	0.6	1.2	1.0	2.6	1.0	1.8	0.3	3.4	4.2	4.0	1.8	2.2
21 YEN	6.4	1.8	3.2	1.4	2.4	6.6	5.2	6.6	10.2	3.0	3.2	2.8	2.2	3.4	2.4	2.8	6.0	3.2	2.6	3.4	2.3	2.0	1.6	5.2	3.7
22 YILB	6.0	3.2	5.0	1.8	2.6	7.6	6.0	7.0	11.0	4.0	4.0	3.4	2.4	4.2	3.0	3.4	6.4	3.6	3.4	4.2	2.0	3.4	1.2	5.2	4.3
23 YHS	6.2	3.0	4.4	2.6	2.8	8.0	6.2	6.0	11.0	4.4	4.0	3.6	2.4	4.0	3.2	3.2	6.2	3.8	3.2	4.0	1.6	1.2	1.5	5.8	4.3
24 1MU	1.8	5.4	3.0	3.8	3.4	2.2	1.0	6.6	5.4	2.6	3.2	3.0	3.6	2.4	3.0	2.8	1.6	2.4	4.0	1.8	5.2	5.2	5.8	0.8	3.3
Σ / n	3.3	2.9	2.9	2.7	2.6	5.2	3.9	5.9	7.8	2.4	2.6	2.3	2.6	2.3	2.2	2.1	4.0	2.5	3.0	2.2	3.7	4.3	4.3	3.3	81.3

Çizelge 4.13. Çalışma alanı işgücü, konut alanı ve nüfus verileri

No	TAB Adı	Toplam İş Gücü Sayısı (E_i)	Yerleşime Uygun Konut Alanları (H_i) (ha)	Nüfus
1	ABD	**672.10**	**29.03**	10577
2	BAB	**2342.60**	**14.58**	3410
3	BAR	**616.20**	**144.75**	12001
4	ÇAV	**2986.10**	**14.33**	4363
5	DİL	**2038.40**	**12.91**	3795
6	FAT	**371.80**	**75.59**	18768
7	İST	**10764.00**	**43.52**	3371
8	KAR	**430.30**	**54.97**	3406
9	KOCS	**390.00**	**31.82**	13231
10	MAB	**577.20**	**12.61**	6172
11	MEN	**150.80**	**8.37**	2869
12	MEY	**2774.20**	**11.62**	3085
13	MİTP	**3771.30**	**6.33**	2971
14	NİŞ	**599.30**	**16.57**	8547
15	SAB	**6527.30**	**2.23**	1166
16	SAR	**2316.60**	**5.62**	3135
17	ŞÜK	**1773.20**	**206.80**	39148
18	TAL	**3313.70**	**16.90**	5710
19	UMU	**1955.20**	**10.80**	2456
20	YANŞ	**583.70**	**6.00**	4598
21	YEN	**263.90**	**35.90**	3863
22	YILB	**140.40**	**39.99**	3737
23	YHS	**191.10**	**33.04**	2904
24	1MU	**657.80**	**15.88**	5397

Mahallelerin gelişme potansiyellerinin hesaplanması; $D_i = Ai \times H_i$ formülü kullanılmıştır. Hi: i mahallesine ait konut alanı olmak üzere; 24 TAB'ın (mahallenin) erişebilirlik endeksi ve gelişme potansiyelleri Çizelge 4.14'de verilmektedir.

Çizelge 4.14. TAB'ların erişebilirlik endeksi, gelişme potansiyelleri

No	TAB Adı	TAB'ın Erişebilirlik Endeksi	TAB'daki Konut Alanları (ha)	TAB'ın Gelişme Potansiyeli
1	ABD	**14384.59**	29.03	**417600**
2	BAB	**30629.00**	14.58	**446487**
3	BAR	**11259.31**	144.75	**1629737**
4	ÇAV	**31885.99**	14.33	**457047**
5	DİL	**34983.74**	12.91	**451493**
6	FAT	**3987.95**	75.59	**301446**
7	İST	**4375.98**	43.52	**190443**
8	KAR	**1624.79**	54.97	**89312**
9	KOCS	**1010.23**	31.82	**32144**
10	MAB	**41820.78**	12.61	**527450**
11	MEN	**36027.33**	8.37	**301414**
12	MEY	**46677.09**	11.62	**542563**
13	MİTP	**41355.57**	6.33	**261592**
14	NİŞ	**23883.37**	16.57	**395764**
15	SAB	**47691.68**	2.23	**106367**
16	SAR	**69571.54**	5.62	**391216**
17	ŞÜK	**6083.03**	206.80	**1257984**
18	TAL	**22090.03**	16.90	**373387**
19	UMU	**20240.53**	10.80	**218652**
20	YANŞ	**28862.24**	6.00	**173257**
21	YEN	**6686.25**	35.90	**240004**
22	YILB	**4448.91**	39.99	**177898**
23	YHS	**3929.60**	33.04	**129832**
24	1MU	**16046.33**	15.88	**254752**

R değerlerinin hesaplanmasında; $R_i = \frac{A_i H_i}{\sum_{j=1}^{n} A_j H_j} = \frac{D_i}{\sum_{j=1}^{n} D_j}$ formülü kullanılmıştır. Her bir TAB'ın gelişme potansiyeline bağlı olarak R değeri Çizelge 4.15'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.15. R değerlerinin hesaplanması

No	TAB Adı	TAB'ların Gelişme Potansiyeli (D_i)	R Değerleri ($D_i/\Sigma D_j$)
1	ABD	417600	0,04457807
2	BAB	446487	0,04766174
3	BAR	1629737	0,17397147
4	ÇAV	457047	0,04878898
5	DİL	451493	0,04819602
6	FAT	301446	0,03217881
7	İST	190443	0,0203294
8	KAR	89312	0,00953389
9	KOCS	32144	0,00343133
10	MAB	527450	0,05630436
11	MEN	301414	0,03217536
12	MEY	542563	0,05791758
13	MİTP	261592	0,02792444
14	NİŞ	395764	0,04224713
15	SAB	106367	0,01135445
16	SAR	391216	0,04176163
17	ŞÜK	1257984	0,13428753
18	TAL	373387	0,03985839
19	UMU	218652	0,0233407
20	YANŞ	173257	0,01849484
21	YEN	240004	0,02562004
22	YILB	177898	0,01899026
23	YHS	129832	0,0138593
24	1MU	254752	0,02719427
	Σ	**9367839**	

R değerlerinin yorumlanması; Tüm TAB'lar için hesaplanan R değerleri erişebilirlik endeksi üzerinden hesaplanmıştır. R değerleri gelecekteki nüfus açısından veya çalışma alanında erişebilirlik endeksi olarak baz alınan arazi kullanım özelliklerinden herhangi biri için yorumlanabilmektedir. Çalışmada, hareketlilik de göz önünde bulundurulurmuş ve hesaplamalar ticaret ve sanayi alanları ile konut alanları üzerinden yapılmıştır.

Değerler incelendiğinde; örneğin 1 numaralı TAB olan ABD (Abdurrahman Mahallesi) ele alındığında R = 0.045 değeri, gelecekte beklenen nüfus artışında her 1000 kişiden 45 kişinin bu TAB'a (mahalleye) yerleşeceği anlamı çıkmaktadır. Dolayısı ile

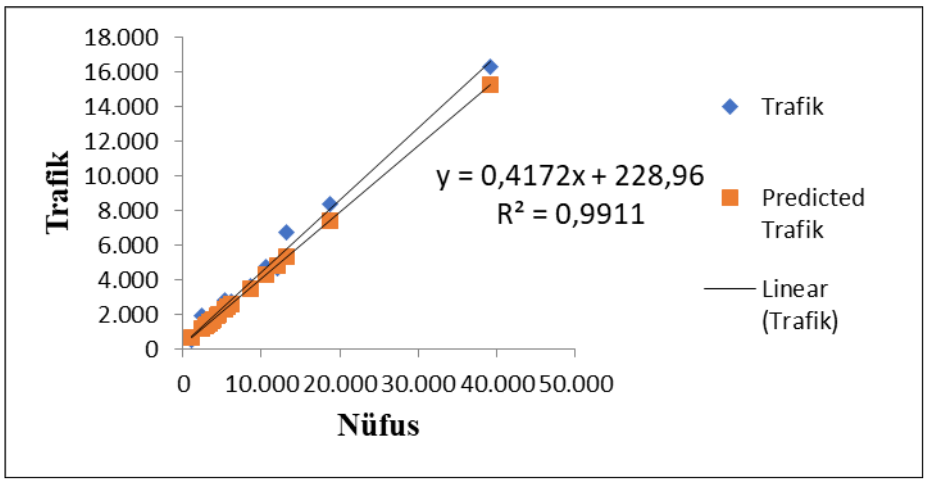
1/5000 Nazım İmar Planı'nda öngörülen 2023 yılı nüfusu 205.000 kişi olarak belirlenen Edirne Merkez İlçe için günümüzdeki nüfus kıyaslaması yapılacak olursa; günümüzde kentin nüfusu: 168.680 kişidir. Öngörülen nüfus ile günümüzdeki nüfus arasındaki fark 36.320 kişidir. Bu, ilave (ek) nüfus olarak düşünüldüğünde, bunların erişebilirlik endeksine göre TAB'lara (mahallelere) dağılımının Çizelge 4.16'daki gibi olacağı öngörülmektedir.

Çizelge 4.16. TAB'ların 2023 yılı nüfus dağılımı

No	TAB Adı	R Değerleri (Di/ΣDj)	Nüfus	2023 yılı ilave nüfus dağılımı öngörüleri
1	ABD	0,0446	10.577	1619
2	BAB	0,0477	3410	1731
3	BAR	0,1740	12.001	6319
4	ÇAV	0,0488	4363	1772
5	DİL	0,0482	3795	1750
6	FAT	0,0322	18.768	1169
7	İST	0,0203	3371	738
8	KAR	0,0095	3406	346
9	KOCS	0,0034	13.231	125
10	MAB	0,0563	6172	2045
11	MEN	0,0322	2869	1169
12	MEY	0,0579	3085	2104
13	MİTP	0,0279	2971	1014
14	NİŞ	0,0422	8547	1534
15	SAB	0,0114	1166	412
16	SAR	0,0418	3135	1517
17	ŞÜK	0,1343	39148	4877
18	TAL	0,0399	5710	1448
19	UMU	0,0233	2456	848
20	YANŞ	0,0185	4598	672
21	YEN	0,0256	3863	931
22	YILB	0,0190	3737	690
23	YHS	0,0139	2904	503
24	1MU	0,0272	5397	988

d) Elde edilen verilere bağlı olarak geleceğe yönelik yolculukların oluşturulması: Öngörülen 2023 yılı nüfus dağılımları ile kent genelinde gelecekte beklenen toplam taşıt trafiğinin (yolculuk oluşumunun) hesaplanması, mevcut nüfus–

mevcut trafik (yolculuk oluşumu) denklemi yardımı ile öngörülen nüfusa bağlı olarak yeniden hesaplanmıştır (Şekil 4.9), (Çizelge 4.17).



Şekil 4.9. Mevcut nüfus sayıları-mevcut trafik (yolculuk oluşumu) ilişkisi

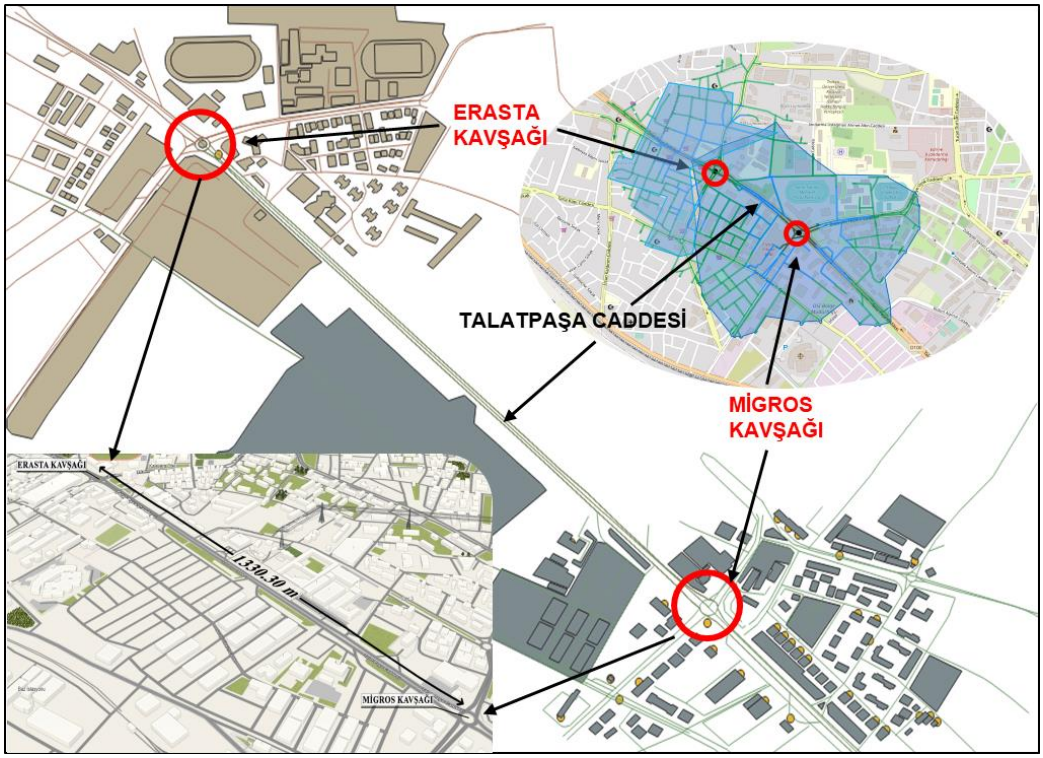
Çizelge 4.17. Trafik değerlerinin hesaplanması

Trafik	Nüfus	2023 Nüfusu	Sabit	Parametre Katsayısı	Araç Değeri
Y	x	x1	228,96	0,4172	70602
Y1	168680	205000			85755
				Fark	**15153**

4.2.3. Mevcut ve Olası Trafik Hacmine Bağlı Olarak Hizmet Düzeyinin Belirlenmesi (3.Aşama)

Talat Paşa Caddesi, bölünmüş ve her yönde ikişer şerit olmak üzere toplam 4 şeritli olarak hizmet vermektedir. Bu eksen üzerindeki kavşakların hemen hemen tümü sinyalize edilmiştir.

Kentin ana arterlerinden birisi olan Talatpaşa Caddesi'nin 1 numaralı Trafik Analiz Bölgesi (TAB) sınırları içinde bulunan (ABD: Abdurrahman Mahallesi) Migros ve 18 numaralı TAB sınırları içinde (TAL: Talatpaşa Mahallesi) bulunan Erasta kavşakları arasında kalan bölümünde, sürdürülebilir kentsel ulaşım parametrelerinin belirlenebilmesi için öneri yol üstü bisiklet yolu önerilmektedir (Şekil 4.10). İki kavşak arasındaki yolun mevcut ve öneri yol durumundaki trafik hacimleri hesaplanmakta ve hizmet düzeyleri belirlenmektedir.



Şekil 4.10. Migros ve Erasta kavşakları arası ve yakın çevresi

Çalışmada gidiş ve dönüş yönlerinde karşılıklı olarak TS 9826 "Şehir İçi Yollar-Bisiklet Yolları" standart şartlarına bağlı kalınarak 1.5 metrelik yol üstü bisiklet yolları ayrılmıştır. Her bir hizmet düzeyi için hacim/kapasite oranları hesaplanmıştır.

İki kavşak noktası arasındaki taşıt yolu 1.330 metre uzunluğunda, ortada 2 metre refüjlü ve iki yönde de iki şeritlidir. Yönlere bağlı olarak, trafik hacim ve hizmet düzeyleri a) Erasta kavşağından Migros kavşağı yönüne; b) Migros kavşağından Erasta kavşağı yönüne doğru hesaplanmıştır. Her iki yön için, belirli bir yıldaki trafik sayımlarının yıl içindeki toplamlarının ortalaması olan Yıllık Ortalama Günlük Trafik (YOGT) değerleri, 2019 yılı için kavşaklarda bulunan Edirne İl Emniyet Müdürlüğü MOBESE kamera sayımlarından elde edilmiştir. Bu değerin anlamlılığını ölçmek için de aynı yıl yol kenarı trafik sayımları yapılmış ve bunlar karşılaştırılmıştır.

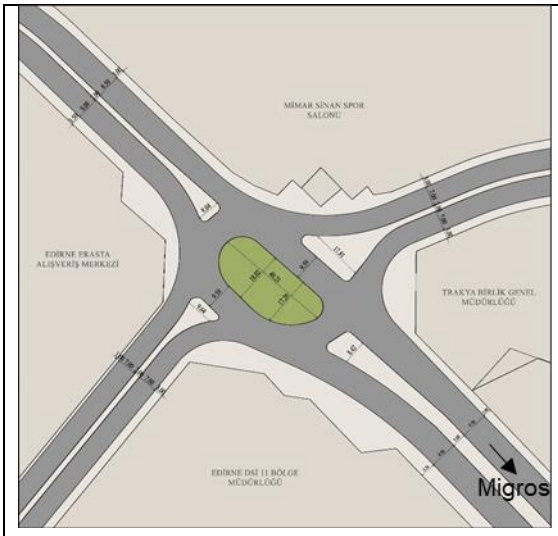
Proje saatlik trafiği YOGT ile oranlanmış ve zirve saat faktörü hesaplanmıştır. Zirve saatlerde alınan yol kenarı sayımlarının ortalama değerlerinin YOGT değeri olan 2023 araç/saat değerinden düşük kaldığı görülmüştür. Maksimum trafik akımı Migros kavşağından Erasta kavşağı yönünde 1040 araç/saat, Erasta kavşağından Migros kavşağı yönünde ise 892 araç/saat olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. Kavşakların yönlerine göre hizmet hacimleri ve yol alanı

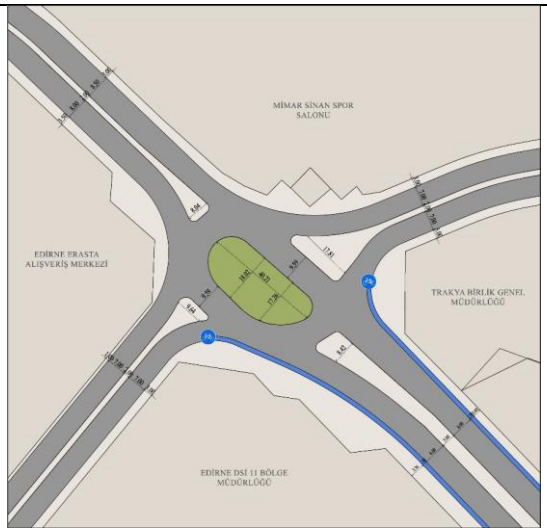
HESAPLAMALAR		Migros ile Erasta Kavşakları Arası		Erasta ile Migros Kavşakları Arası		Yol Platform Alanı (m^2)
YOGT (Yıllık Ortalama Günlük Trafik)		9615	-	8960	-	9240
Zirve Saat Trafiği		1442				
15 dk. gözlem aralıkları	**1**	240	960	180	720	
	2	260	1040	200	800	
	3	255	1020	215	860	
	4	257	1028	223	892	
Hacim (Trafik/saat) (Gözlem ortalaması)		-	1012	-	818	
En Yüksek Trafik Akım Değeri		1040	-	-	892	
En Yüksek Saatlik Trafik Hacmi (YOGT %15)		1923		2240		

Elde edilen veriler ile hizmet düzeylerinin belirlenmesi amacıyla Çizelge 3.5'e bağlı olarak trafiğin yönlere dağılımında düzeltme faktörü 50/50; kullanılabilir refüj genişliği Çizelge 3.6'e bağlı olarak alandaki refüj genişliğine uygun olarak 2 metre seçilmiş ve hesaplamaları yapılmıştır. İki şeritli iki yönlü yollarda hizmet düzeyi kriterlerinin gösterildiği Çizelge 3.4'e bağlı olarak, düz arazi koşullarında hacim kapasite (H/K) oranı görüş uzunluğu 450 m'den kısa kalan yol kesimlilerinin yüzdesi %0 olarak alınmıştır. Yolların hizmet düzeyleri (A, B, C, D, E ve F) için hacim/kapasite oranları Çizelge 3.6'ya göre hesaplanmıştır.

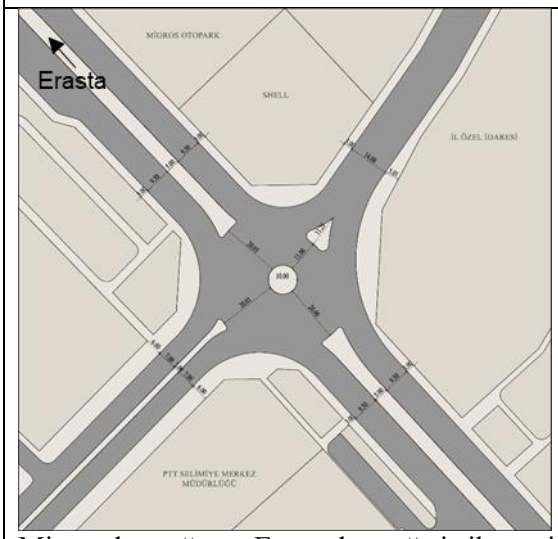
Şerit genişliği (her iki yönde) 3.7 m x 2 şerit olan çalışma alanında A hizmet düzeyinden F hizmet düzeyine olan bütün hizmet düzeyleri için hacim/kapasite oranları hesaplanmıştır. Daha sonra çalışma alanındaki yolun her iki yönüne 1.5 metre genişlikte yol üstü bisiklet yolları uygulanmıştır (Şekil 4.11, Şekil 4.12). Bu yolların seçilme nedeni, gerektiğinde taşıtlar için kullanılabilir olmaları durumudur.



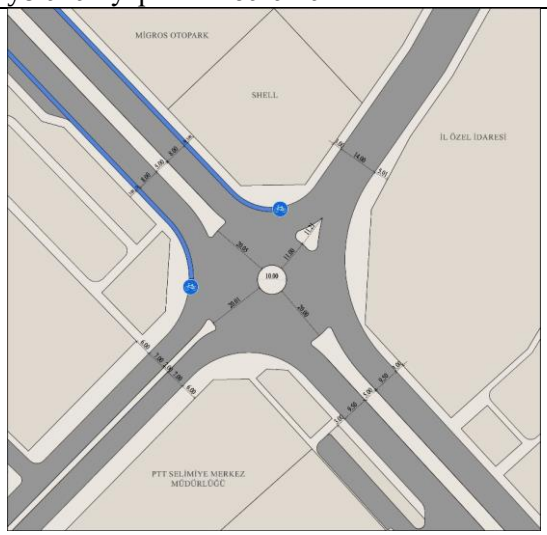
Erasta kavşağı ve Migros kavşağı istikameti yönündeki araç yolunun mevcut durumu



Erasta kavşağı ve Migros kavşağı istikameti yönündeki araç yoluna yol üstü bisiklet yolunun yapılması durumu

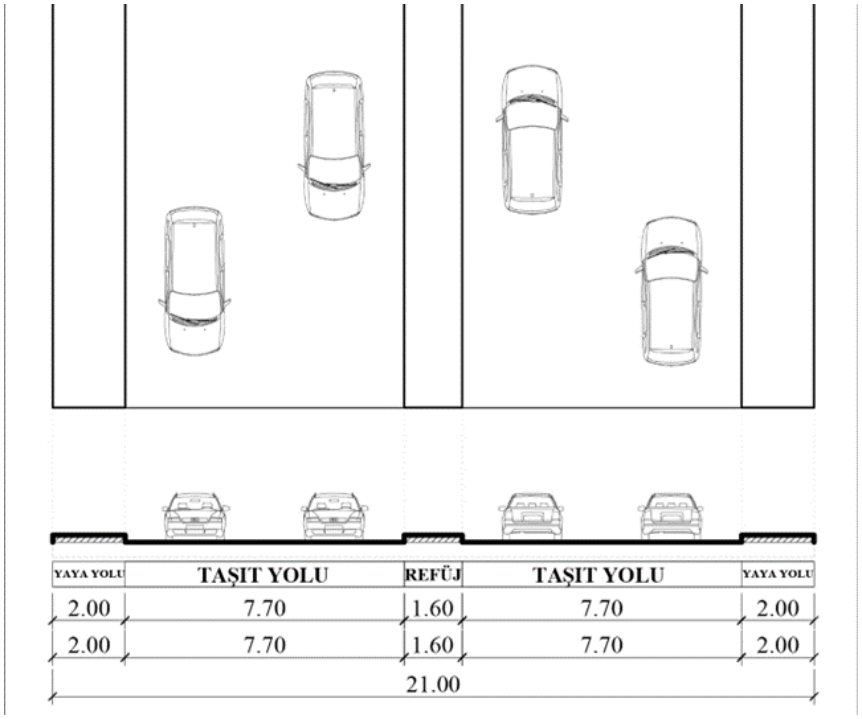


Migros kavşağı ve Erasta kavşağı istikameti yönündeki araç yolunun mevcut durumu

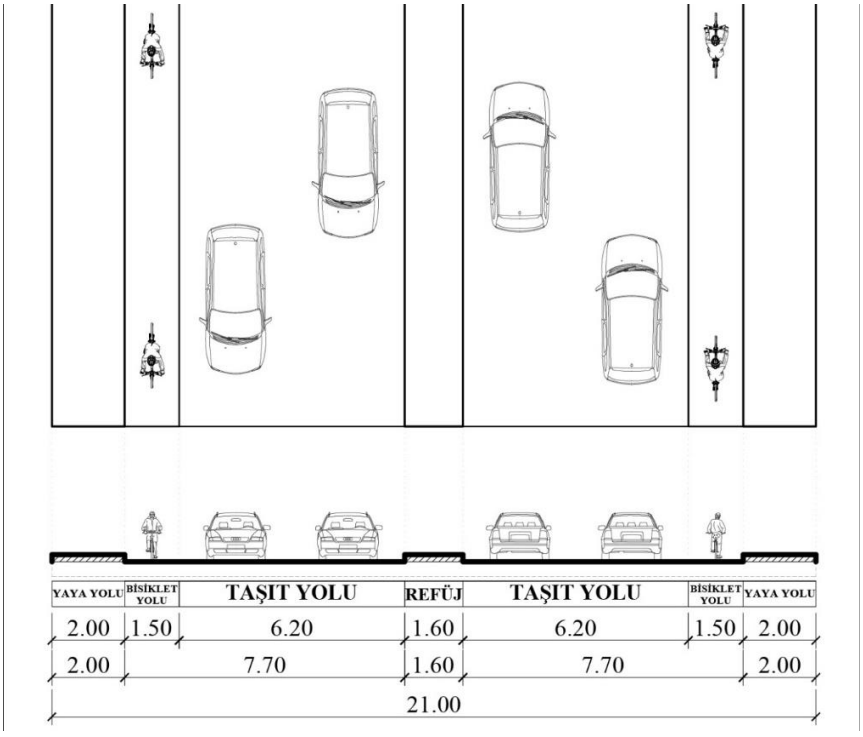


Migros kavşağı ve Erasta kavşağı istikameti yönündeki araç yoluna önerilen yol üstü bisiklet yolunun yapılması durumu

Şekil 4.11. Erasta ve Migros kavşakları arasındaki taşıt yolunun mevcut ve yol üstü bisiklet yolu yapılması durumundaki modellemeler



İki kavşak arasındaki araç yolunun mevcut plan ve kesiti



İki kavşak arasındaki taşıt yoluna önerilen yol üstü bisiklet yolunun yapılması durumundaki öneri plan ve kesiti

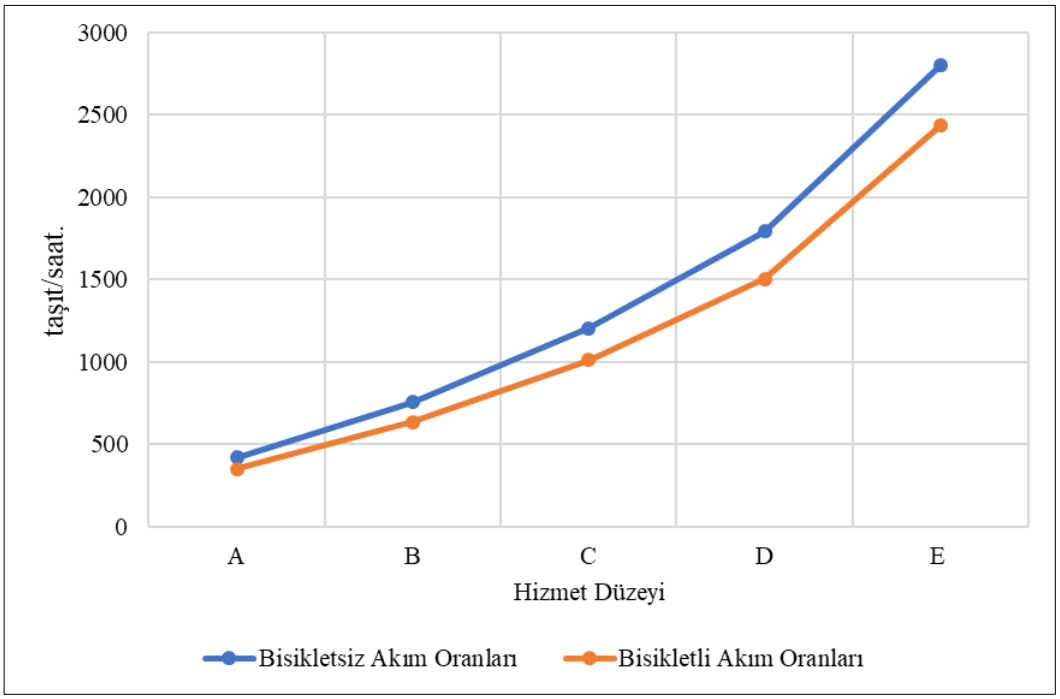
Şekil 4.12. İki kavşak arasındaki taşıt yolunun mevcut ve öneri yol üstü bisiklet yolu yapılması durumlarındaki plan ve kesitleri

Hesaplamalar, yeni oluşan 3.1 metre genişliğindeki şerit genişliklerine ve bisiklete ayrılan 1.5 metrelik yol durumuna göre tekrar yapılmıştır (Çizelge 4.19). Yapılan hesaplamalar sonucunda bisiklet yollarının olmaması durumunda (mevcut durum) hizmet düzeylerindeki hacim/kapasite oranları ile bisiklet yolları uygulaması sonucu elde edilen hizmet düzeylerindeki hacim/kapasite oranları karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.19. İki kavşak arasındaki taşıt yolunun mevcut ve öneri yol üstü bisiklet yolu yapılması durumlarındaki hizmet düzeyleri

Mevcut yol genişliğine göre	Öneri yol genişliğine göre
Çalışma Alanında Zirve Saat Trafik Hacmi = 1442 taşıt/saat (YOGT'nin %15 i)	Çalışma Alanında Zirve Saat Trafik Hacmi = 1442 taşıt/saat (YOGT'nin %15 i)
Şerit Genişliği = 3.7 m	**Şerit Genişliği = 3.1 m**
Banket Genişliği = 2.0 m	Banket Genişliği = 2.0 m
Trafiğin Yönlere Dağılımı = 50/50	Trafiğin Yönlere Dağılımı = 50/50
Zirve Saat Faktörü=Proje Saatlik Trafiği/YOGT = 1442/9620 = 0,15	Zirve Saat Faktörü=Proje Saatlik Trafiği/YOGT = 1442/9620 = 0,15
A hizmet düzeyi için Q/C = 0,15 ise A Hizmet Düzeyi İçin Hizmet Akım Oranı = 2800 x 0.15 = **420 taşıt/saat**	A hizmet düzeyi için Q/C = 0,15 ise A Hizmet Düzeyi İçin Hizmet Akım Oranı = 2800 x 0.15 x 0.84 = **353 taşıt/saat**
B hizmet düzeyi için Q/C = 0.27 ise A Hizmet Düzeyi İçin Hizmet Akım Oranı = 2800 x 0.27 = **756 taşıt/saat**	B hizmet düzeyi için Q/C = 0.27 ise A Hizmet Düzeyi İçin Hizmet Akım Oranı = 2800 x 0.27 x 0.84 = **635 taşıt/saat**
C hizmet düzeyi için Q/C = 0,43 ise A Hizmet Düzeyi İçin Hizmet Akım Oranı = 2800 x 0.43= **1204 taşıt/saat**	C hizmet düzeyi için Q/C = 0,43 ise A Hizmet Düzeyi İçin Hizmet Akım Oranı = 2800 x 0.43 x 0.84 = **1011 taşıt/saat**
D hizmet düzeyi için Q/C = 0,64 ise A Hizmet Düzeyi İçin Hizmet Akım Oranı = 2800 x 0.64= **1792 taşıt/saat**	D hizmet düzeyi için Q/C = 0,64 ise A Hizmet Düzeyi İçin Hizmet Akım Oranı = 2800 x 0.64 x 0.84 = **1505 taşıt/saat**
E hizmet düzeyi için Q/C = 1.00 ise A Hizmet Düzeyi İçin Hizmet Akım Oranı = 2800 x 1.00 = **2800 taşıt/saat**	E hizmet düzeyi için Q/C = 1.00 ise A Hizmet Düzeyi İçin Hizmet Akım Oranı = 2800 x 1.00 x 0.87 = **2436 taşıt/saat**
Fd = 1.00	Fd = 1.00
Fw = 1.00	Fw = (A-D = 0.84, E= 0.87)
Yoldan zirve saatte geçebilecek ve hizmet hacmi olarak tanımlanabilecek en yüksek trafik: Hizmet Hacmi (Zirve Saat Trafik Hacmi/Zirve Saat Faktörü) = 1442/0,15= 9620 taşıt/saat'tir. Bu değer D ve E hizmet düzeyleri arasında kalmaktadır. Bu da yolun E hizmet düzeyinde çalışacağı anlamını taşımaktadır.	Yoldan zirve saatte geçebilecek ve hizmet hacmi olarak tanımlanabilecek en yüksek trafik: Hizmet Hacmi (Zirve Saat Trafik Hacmi/Zirve Saat Faktörü) = 1442/0,15 = 9620 taşıt/saat'tir. Bu değer D ve E hizmet düzeyleri arasında kalmaktadır. Bu da yolun E hizmet düzeyinde çalışacağı anlamını taşımaktadır.

Yolun mevcut kullanımı ile yol üstü bisiklet yolu yapılması durumunda olası yolun kullanımındaki hizmet düzeylerinin trafik akım oranlarının karşılaştırılması gerekmektedir. Örneklem çalışmada hizmet düzeylerindeki trafik akım oranları aynı hizmet düzeyinde kalmıştır (Şekil 4.13), (Çizelge 4.20).



Şekil 4.13. Mevcut ve öneri bisiklet yolu durumunda yolların trafik akım oranları

Çizelge 4.20. Mevcut ve öneri yolun hizmet akım oranları

Hizmet Düzeyi	Bisikletsiz Hizmet Akım Oranları (taşıt/saat)	Bisikletli Hizmet Akım Oranları (taşıt/saat)
A	420	353
B	756	635
C	1204	1011
D	1792	1505
E	2800	2436

4.2.4. Hizmet düzeyine bağlı olarak karar verilmesi (4. Aşama)

Bir taşıt yolunun kapasitesi; belirli koşullar altında, birim zamanda yol platformu üzerinde bulunabilecek maksimum araç sayısıdır. Örneklem alanda, mevcut taşıt yolunda, hizmet düzeyi işletme koşullarında maksimum saatlik taşıt sayısı ile önerilen yol üstü bisiklet yolu yapılması durunda mevcut yolun hizmet düzeyi maksimum saatlik taşıt sayısı ile aynı kalmaktadır. Bu nedenle mevcut yolda hizmet düzeyinde herhangi bir azalma olmayacağından (A, B, C, D veya E olması durumunda), sürdürülebir ulaşım türlerinden birisi olan bisiklet yolunun yapılmasına karar verilmektedir. Mevcut yolun hizmet düzeyinin sınırları aşmasında (F olması durumunda) ise öneri yol üstü bisiklet yolunun yapılamayacağına karar verilmektedir.

4.3. Bölüm Değerlendirmesi

Özellikle küçük ve orta ölçekli kentlerin sürdürülebilir ulaşımlarının sağlanabilmesi için var olan kaynaklarının etkin olarak kullanılması ve iyileştirilmesi oldukça önemlidir. Bu kentlerin, kentsel ulaşım planlamasının oluşturulmasına ilişkin önerilen model dört aşamada kurgulanmaktadır (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21. Modelin aşamaları

No	Aşamada adı	Aşamada yapılanlar
a	Arazi kullanımı analizi	Kentsel alanların nasıl kullanıldığının ve bu alanların nasıl planlandığının belirlenmesi aşasıdır. Bu analizde, konutlar, ofisler, alışveriş merkezleri, parklar ve diğer kamusal alanlar gibi farklı arazi kullanımları dikkate alınmaktadır.
b	Erişilebilirlik analizi	İnsanların istedikleri yere ne kadar kolaylıkla ulaşabileceği belirlenmektedir. Herhangi bir kentsel fonksiyon alanı üzerinden Hansen Modeli ile erişebilirlik endekslerinin hesaplanması ile Trafik Ananliz Bölgeleri (TAB) arasındaki erişebilirlik katsayıları belirlenmektedir
c	Trafik analizi	Trafik hacmi, trafik akım oranı ve kapasite gibi faktörleri dikkate alarak, mevcut trafik durumunun belirlemesi gerçekleştirilmektedir
d	Bütüncül planlama	Trafik, erişilebilirlik ve arazi kullanımı analizlerinden elde edilen veriler bir araya getirilerek, sürdürülebilir bir kentsel ulaşım planı oluşturulmaktadır. Bu plan, çevre dostu toplu taşıma sistemleri, bisiklet yolları, yaya yolları ve araç yolları gibi farklı ulaşım türlerini içermelidir

Kentsel ulaşım planlaması çalışmalarına erişebilirliğin dahil edilmesiyle, bisiklet kullanımı gibi alternatif ulaşım türleri üzerinden sosyal, çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlik parametrelerin test edilmesi amacıyla önerilen model örneklem alanda, orta ölçekli bir kent olan Edirne Merkez İlçesi'nde uygulanmıştır. Uygulamanın ilk aşamasında, DAKUP'a göre yolculuk oluşturulması ve anlamlı değişkenin bulunması işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada kentin mevcut verilerine bağlı olarak ileriye

yönelik kentsel ulaşım planlaması için yolculuk oluşumlarında etken olan nüfus verileri en anlamlı parametre olarak hesaplanmıştır. İkinci aşamada Hansen Modeli kullanılarak sürdürülebilirliğin ölçümlenmesi amacıyla erişebilirlik parametreleri hesaplanmıştır. Yeniden yapılan hesaplamaya bağlı olarak yolculuklar oluşturulmuş ve TAB bölgeleri ile ilişkisi kurulmuştur. Üçüncü aşamda mevcut ve olası trafik hacimlerine bağlı olarak hizmet düzeyleri belirlenmiştir. Dördüncü aşama olan son aşama ise hizmet düzeylerine bağlı olarak karar aşaması olarak seçilmiştir. Bu aşamada kentin önemli bir taşıt yolu olan Talatpaşa Caddesi'ndeki iki kavşak arasında mevcut yolda yol üstü bisiklet yolu yapılması durumunda yolun kapasite değişikliği hesaplanmıştır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda mevcut durumda ana arter üzerinde hizmet düzeylerine göre trafik akım oranları ile önerilen yol üstü bisiklet yollarının yapılması durumunda oluşacak hizmet düzeylerine göre trafik akım oranları karşılaştırılmıştır.

Mevcut ve ileriye yönelik yolculukların oluşturulmasında sürdürülebilir ulaşım türlerinden biri olan yol üstü bisiklet yollarının kullanımı ile hizmet akım oranlarına ek bir yük gelmediği belirlenmiştir. Bu sonuç, kentin sürdürülebilir ulaşımına da katkı sağlamasına olanak vermek anlamına geldiği şeklinde yorumlanmıştır.

BÖLÜM 5. SONUÇ

Kentsel ulaşım planlaması, kentlerin ulaşım sistemlerini organize etmek ve yönetmek için stratejik bir yaklaşımdır. Sürdürülebilir ulaşım ise konuyu çevresel, sosyal ve ekonomik açılardan uzun vadeli sürdürülebilirlik ilkesine dayanarak ele almaktadır. Sürdürülebilir ulaşım planlaması, araç trafiğinin azaltılması, toplu taşıma, bisiklet yolları, yaya dostu alanlar ve elektrikli araç kullanımı gibi çözümleri teşvik ederek, çevresel etkileri en aza indirmeyi hedeflemektedir. Geleneksel ulaşım sistemleri ise fosil yakıtların kullanımına dayanmakta ve önemli miktarda enerji tüketimine neden olmaktadır. Sürdürülebilir ulaşım planlaması, kentsel altyapıda kullanılan kaynakları optimize ederek, kaynakların daha sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasının sağlanmasını ve ulaşım hizmetlerine erişimi artırarak toplumun tüm kesimlerine daha eşit bir şekilde hizmet verilmesini amaçlamaktadır. Yaya ve bisiklet yolları, engelli erişilebilirliği, toplu taşıma ağı ve ulaşım maliyetlerinin uygunluğu gibi faktörler, toplumun ulaşım ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik sürdürülebilir çözümleri içermektedir.

Sürdürülebilir ulaşım parametrelerinden ölçülebilir olanlar, ulaşımın sürdürülebilirlik performansını değerlendirmek ve geliştirmek için kullanılan önemli göstergelerdir. Bu parametreler, mod paylaşımı, enerji verimliliği, emisyonlar, yolculuk süresi, ulaşım erişimi, güvenlik gibi faktörleri içermektedir. Bunlar, bir kentteki ulaşım sisteminin sürdürülebilirlik performansını değerlendirmek ve iyileştirmek için kullanılabilecek önemli göstergelerdir. Bu parametrelerin, ulaşım planlamasındaki etkinliğini ölçmek, sorunları tanımlamak ve çözümleri geliştirmek için kullanılmaları gerekmektedir. Bu parametrelerin kullanılması, mevcut ulaşım sistemlerinin zayıf yönlerinin belirlenmesinde ve daha sürdürülebilir ulaşım çözümlerinin geliştirilmesinde önemli yararlar sağlayacaktır. Böylece daha sürdürülebilir kentsel ulaşım planlamalarının yapılabilmesi mümkün olabilecektir.

Kentlerde nüfusun artması, yeni konut ve iş merkezlerinin inşa edilmesi, ticaretin ve ekonomik faaliyetlerin genişlemesi gibi durumlar, daha fazla ulaşım talebini beraberinde getirmektedir. Bu da kentteki ulaşım sistemlerinin ve planlamasının dikkate alınması gerektiği anlamına gelmektedir. Yoğunlaşan bölgelerde ulaşım ihtiyaçları artmakta ve mevcut ulaşım altyapısı bu talepleri karşılamakta yetersiz kalabilmektedir. Kentsel gelişmeyle birlikte sürdürülebilir kentsel ulaşım planlamasının yapılması ve yeni altyapı projelerinin hayata geçirilmesi önem arz etmektedir. Bu nedenle, kentsel gelişmeye bağlı olarak arazi kullanımının artması veya fonksiyon alanlarının değişmesi nedeni ile kentsel ulaşımın ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Ulaşım kaynaklı çevresel, sosyal ve ekonomik etkilerin olumlu ve olumsuz etkilerinin sadece ulaşım altyapısının performans koşullarının iyileştirilmesi ve bu iyileştirmelerin çıktıları ile mümkün olamamaktadır. Sürdürülebilir kentsel ulaşım planlaması yaklaşımlarının geliştirilebilmesi amacıyla trafik performans özelliklerinin yanı sıra arazi kullanımlarının şekillendirdiği aktivite olanaklarının da değerlendirilmesi gerekmektedir.

Kentsel gelişmede, insanların konut, iş ve hizmetlere vb. kullanımlara erişebilmesi gerektiğinden, yerleşim alanlarının, iş merkezlerinin ve ticaret bölgelerinin erişebilirliği oldukça önemlidir. Kentsel ulaşım ağı, toplu taşıma sistemleri, yol ağı ve bisiklet yolları gibi unsurların, kentteki farklı bölgelerin birbiri ile bağlantısını sağlayacak biçimde planlanması gerekmektedir. Kentsel gelişme ile birlikte artacak olan araç sayısı, trafik akışında artışa neden olabileceğinden, kentlerdeki arazi kullanımı, trafik sıkışıklığını önlemek ve trafik akışını iyileştirmek için etkili bir kentsel ulaşım planlaması parametresi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Trafik hacimleri zaman içerisinde değişmekte ve nüfus artışına bağlı olarak artmaktadır. İleriye yönelik yapılan yolculuların oluşturulmasında, trafik hacimlerinin önceden öngörülmesi, kentsel ulaşım planlaması ve altyapı geliştirme süreçlerinde kritik bir rol oynamaktadır. Trafik hacimlerinin önceden öngörülmesi için nüfusun gelecekteki artış veya azalışının tahmin edilmesi; mevcut trafik verileri ve gelecekteki ulaşım talepleri dikkate alınarak trafik hacimlerinin tahmin edilmesi; ileriye yönelik yapılacak yolculuk oluşumlarında, farklı kullanım senaryolarının oluşturulması gerekmektedir. Trafik hacimlerinin önceden öngörülmesi, sürdürülebilir kentsel ulaşım planlaması sürecinde doğru kararların alınmasını sağlayacaktır. Bu, etkin ve sürdürülebilir bir ulaşım

altyapısının oluşturulmasına katkıda bulunacak ve trafik sıkışıklığının azaltılmasına, yolculuk sürelerinin optimize edilmesine yardımcı olacaktır.

Kentsel ulaşım planlamasının sürdürülebilir ulaşımdaki yeri ve önemi; kentsel alanlarda hareketliliği sağlamak, ulaşılabilirliği artırmak, çevresel etkileri azaltmak ve toplumun ihtiyaçlarını karşılamaktır. Sürdürülebilir ulaşım ise çevresel, sosyal ve ekonomik açılardan sürdürülebilirlik ilkelerine uygun olan ulaşım türlerini teşvik etmektedir. Bisiklet kullanımı, sürdürülebilir ulaşımın önemli bir bileşenidir. Çevre dostu bir ulaşım türü olduğu için CO_2 emisyonlarını azaltmakta, trafik sıkışıklığını hafifletmekte ve insan sağlığını teşvik etmektedir. Mevcut kent içi yollarda bisiklet yollarının ve bisiklet paylaşım sistemlerinin geliştirilmesi, bisiklet kullanımını teşvik etmek için önemli bir adım olacaktır. Kentteki mevcut ulaşım altyapısının iyileştirilerek kullanılması, yeni altyapı projelerinden daha kolay ve masrafsız olabileceği bir gerçektir. Mevcut olan yolların, toplu taşıma sistemlerinin ve bisiklet altyapısının geliştirilmesi, ulaşım verimliliğini artıracağı gibi maliyetleri de azaltabilecektir. Bu nedenle, var olan kaynakların etkin kullanımı ve iyileştirilmesi, sürdürülebilir kentsel ulaşım planlaması için önemli bir adım olacaktır.

Sürdürülebilir kentsel ulaşım planlamasının; trafik, erişilebilirlik ve arazi kullanımı parametreleri ile birlikte ele alınması gerekmektedir. Özellikle küçük ve orta ölçekli kentlerde trafiğin olumsuz etkilerini henüz başlamadan azaltabilmek için kentsel ulaşımın sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bunların belirlenmesi, bütüncül bir bakış açısı, sistematik bir planlama anlayışı ve disiplinler arası çalışmaların yapılması ile mümkün olabilecektir. Bu nedenle kentsel ulaşım planlamasında kullanılan türlere kentin arazi kullanımı ile sürdürülebilirlik parametrelerini de dahil ederek trafik öngörüsü çalışmalarının yapılması, alternatif ulaşım türlerinin etkilerinin incelenmesinin sağlanması gerekmektedir.

Çalışmada önerilen model, ileriki yıllarda yapılacak çalışmalara ve kent içi ulaşım türlerinin bütünleştirilmesine katkı sağlayacaktır. Model ile sürdürülebilir ulaşım parametrelerinin çevresel etkilerinden; yolcu başına tüketilen enerjinin azaltılması, çevre dostu ulaşım türlerine olan ilginin arttırılması amaçları ile motorsuz ulaşım türleri kriterleri araştırılarak, çevre dostu ulaşım türlerinin toplam yolculuklardaki oranlarının artırılmasına ve yolcu başına kilometrede düşen enerjinin azaltılmasına yönelik

çalışmalar geliştirilebilecektir. Sosyal etkiler açısından; ulaşım servislerindeki yeterli hızların sağlanması amacıyla, özel araçların kullanımının sınırlandırılması, ulaşabilriliğin arttırılması, trafik sıkışıklıklarının giderilmesi ve yolculuk zamanlarının düşürülmesine yönelik zirve saatlerde geçen zamanın hesaplanmasına dair çalışmalar gerçekleştirilebilecektir. Ekonomik etkiler açısından ise; işletme ve zaman kaybı maliyetlerini azaltmayı amaçlayan işletme bakım onarım ve yakıt masrafları, ulaşım türlerine göre kullanıcı sayıları, TL/dk olarak kamu harcamaları ve yatırım maaliyetleri toplamı, ulaşım türlerinin istenilen zamanda kullanılabilirliğinin hesaplanmasına yönelik araştırmalar yapılabilecektir. Modelin, başarılı olabilmesi için toplumun ve yerel yönetimlerin desteğinin sağlanması ayrıca önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

Abdel-Aal, M. M. M. (2017). Value of time determination for the city of Alexandria based on a disaggregate binary mode choice model. *Alexandria Engineering Journal*, *56*(4), 567-578. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.04.016

Ahmed, B. (2012). The traditional four steps transportation modeling using a simplified transport network: A case study of Dhaka City, Bangladesh. *International Journal of Advanced Scientific Engineering and Technological Research*, *1*(1), 19-40.

Arefian, F. F., & Moeini, S. I. (2016). *Urban change in Iran*. Springer.

Barboza, M. H., Carneiro, M. S., Falavigna, C., Luz, G., & Orrico, R. (2021). Balancing time: Using a new accessibility measure in Rio de Janeiro. *Journal of Transport Geography*, *90*, 102924.

Başkanlığı, T. C. C. S. v. B. G. (2019). *Sürdürülebilir kalkınma amaçları değerlendirme raporu* (Ankara: TC Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı Yönetim Hizmetleri Genel Müdürlüğü Bilgi ve Belge Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Issue.

Beatley, T. (1995). The Many Meanings of Sustainability: Introduction to a Special Issue of JPL. *Journal of Planning Literature*, *9*(4), 339-342.

Beckx, C., Panis, L. I., Vankerkom, J., Janssens, D., Wets, G., & Arentze, T. (2009). An Integrated Activity-Based Modelling Framework to Assess Vehicle Emissions: Approach and Application. *Environment and Planning B: Planning and Design*, *36*(6), 1086-1102.

Black, A. (1990). The Chicago Area Transportation Study: A Case Study of Rational Planning. *Journal of Planning Education and Research*, *10*(1), 27-37.

Black, C. S., & Schreffler, E. N. (2010). Understanding Transport Demand Management and Its Role in Delivery of Sustainable Urban Transport. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, *2163*(1), 81-88. https://doi.org/10.3141/2163-09

Bollini Prasad, & Molugaram, K. (2018). Mjulti Regression anaysis To Develop Traip Generation and Attraction Models For Hyderabad Metropolitan Development Authority Area. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET) 9*(3), 240-247.

Bruegmann, R. (2006). *Sprawl: A compact history*. University of Chicago press.

Burchell, R. W., Downs, A., McCann, B., & Mukherji, S. (2005). *Sprawl costs: Economic impacts of unchecked development*.

Burgess, R., & Jenks, M. (2002). *Compact cities: Sustainable urban forms for developing countries*. Routledge.

Calthorpe, P. (1993). *The next American metropolis: Ecology, community, and the American dream*. Princeton architectural press.

Calthorpe, P., & Fulton, W. (2001). Planning for the End of Sprawl: The Regional City. In: Washington: Island Press.

Cascetta, E., & Cartenì, A. (2014). A quality-based approach to public transportation planning: theory and a case study. *International Journal of Sustainable Transportation*, *8*(1), 84-106.

Cervero, R. B. (2013). Linking urban transport and land use in developing countries. *Journal of Transport and Land Use*, *6*(1), 7-24. https://doi.org/10.5198/jtlu.v6i1.425

Clifton, K. J., Currans, K. M., & Muhs, C. D. (2013). Evolving ITE Trip Generation Handbook:Proposal for Collecting Multimodal, Multicontext, establishment-level data. *Transportation Research Record*, *2344*(1), 107-117. https://doi.org/10.3141/2344-12

Colonna, P., Berloco, N., & Circella, G. (2012). The Interaction between Land Use and Transport Planning: A Methodological Issue. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *53*, 84-95. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.862

De la Barra, T. (1989). *Integrated land use and transport modelling. Decision chains and hierarchies*.

Duany, A., Plater-Zyberk, E., & Speck, J. (2000). *Suburban nation: The rise of sprawl and the decline of the American dream*. Macmillan.

Eke, F., & Sat, N. A. (2013). *Kent Planlama: Temel Kavramlar, Yaklaşımlar ve Deneyimler*. Ankara Üniversitesi Basımevi.

Erdil, E. (2019). Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) İçin Küresel İnovasyon Sistemi Önerisi. STS Turkey 2019 Toplum İçin Bilim ve Teknoloji Çalışmaları Konferansı, İstanbul.

Ewing, R., Tian, G., Lyons, T., & Terzano, K. (2017). Trip and parking generation at transit-oriented developments: Five US case studies. *Landscape and Urban Planning*, *160*, 69-78.

Fotheringham, A. S., Brunsdon, C., & Charlton, M. (2000). *Quantitative geography: perspectives on spatial data analysis*. Sage.

Frumkin, H., Frank, L., Frank, L. D., & Jackson, R. J. (2004). *Urban sprawl and public health: Designing, planning, and building for healthy communities*. Island Press.

Geurs, K. T., & van Wee, G. (2000). *Environmentally sustainable transport: implementation and impacts for the Netherlands for 2030; phase 3 report of the OECD project" Environmentally Sustainable Transport"*. RIVM.

Golledge, R. G. (1997). *Spatial behavior: A geographic perspective*. Guilford Press.

Gudmundsson, H. (2001). Indicators and performance measures for transportation, environment and sustainability in north America: Report from a German Marshall

Fund Fellowship 2000 individual study tour October 2000. *Research Notes from Neri*.

Hansen, W. G. (1959). How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of The American Institute of Planners*, *25*(2), 73-76.

Hardy, M., & Wunderlich, K. (2008). Traffic Analysis Toolbox Volume VIII, Work Zone Modeling and Simulation: A Guide for Decision-Makers [Tech Report]. https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/41600

Hu, X., Chang, S., Li, J., & Qin, Y. (2010). Energy for sustainable road transportation in China: Challenges, initiatives and policy implications. *Energy*, *35*(11), 4289-4301. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.05.024

Institute of Transportation, E. (2017). *Trip generation manual* (10th edition ed.). Institute of Transportation Engineers.

Jacobs, J. (1961). Jane jacobs. *The Death and Life of Great American Cities*, *21*(1), 13-25.

Jeon, C. M., & Amekudzi, A. (2005). Addressing Sustainability in Transportation Systems: Definitions, Indicators, and Metrics. *Journal of infrastructure systems*, *11*(1), 31-50. https://doi.org/doi:10.1061/(ASCE)1076-0342(2005)11:1(31)

Johnston, R. A. (2004). The urban transportation planning process. *The geography of urban transportation*, *3*, 115-140.

Johnston, R. A., Shabazian, D. R., & Gao, S. (2003). UPlan: A Versatile Urban Growth Model for Transportation Planning. *Transportation Research Record*, *1831*(1), 202-209.

Kapur, J. (1982). Entropy maximization models in regional and urban planning. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *13*(6), 693-714.

Karner, A., Levine, K., Alcorn, L., Situ, M., Rowangould, D., Kim, K., & Kocatepe, A. (2022). *Accessibility Measures in Practice: A Guide for Transportation Agencies*.

Kayhanian, M., Singh, A., Suverkropp, C., & Borroum, S. (2003). Impact of Annual Average Daily Traffic on Highway Runoff Pollutant Concentrations. *Journal of Environmental Engineering*, *129*(11), 975-990. https://doi.org/doi:10.1061/(ASCE)0733-9372(2003)129:11(975)

Kobayashi, K., Aoki, Y., & Tani, A. (1975). A method for evaluating urban transportation planning in terms of user benefit. *Transportation Research*, *9*(1), 67-79. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0041-1647(75)90021-0

Kumar, C. P., Basu, D., & Maitra, B. (2004). Modeling generalized cost of travel for rural bus users: a case study. *Journal of Public Transportation*, *7*(2), 59-72.

Kunstler, J. (1993). Geography Of Nowhere, The Rise And Declineof America's Man-Made Landscape. In: Touchstone Press.

Landis, J. D. (1994). The California urban futures model: A new generation of metropolitan simulation models. *Environment and Planning B: Planning and Design*, *21*(4), 399-420.

Lawson, J. (2015). Transportation Policy and Planning in Canada. *Transport Institute*.

Lemp, J. D., Zhou, B., Kockelman, K. M., & Parmenter, B. M. (2008). Visioning versus modeling: Analyzing the land-use-transportation futures of urban regions. *Journal of Urban Planning and Development*, *134*(3), 97-109.

Litman, T. (2008a). Evaluating accessibility for transportation planning. *Victoria Transport Policy Institute, Victoria, Canada*.

Litman, T. (2008b). Sustainable Transportation Indicators. *Transportation, November*.

Litman, T., & Burwell, D. (2006). Issues in Sustainable Transportation. *International Journal of Global Environmental Issues*, *6*(4), 331-347.

Loo, B. P., & Chow, S. (2006). Sustainable urban transportation: Concepts, policies, and methodologies. *Journal of Urban Planning and Development*, *132*(2), 76-79.

M. Moeinaddini, Z. A.-S., M. Zaly Shah, A. Hamzah. (2015). Regression Analysis of Travel Indicators and Public Transport Usage in Urban Areas *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Humanities and Social Sciences*, *9*(8).

Mayo, E. J., Jarvis, L. P., & Xander, J. A. (1988). Beyond the gravity model. *Journal of the Academy of Marketing Science*, *16*, 23-29.

Mccarthy, G. (1982). Multiple Regression analysis of Household Trip Generation *Rhode Island Statewide Comprehensive Transportation and Land Use Planning Program* 31-43.

McNally, M. G. (2007). The Four Step Model. In D. A. Hensher & K. J. Button (Eds.), *Handbook of Transport Modelling* (pp. 35–53).

Mihyeon Jeon, C., & Amekudzi, A. (2005). Addressing sustainability in transportation systems: definitions, indicators, and metrics. *Journal of infrastructure systems*, *11*(1), 31-50.

Modi, K. B., Zala, L., Umrigar, F., & Desai, T. (2011). Transportation planning models: a review. National Conference on Recent Trends in Engineering and Technology, Gujarat India,

Morris, D. (2005). It's a sprawl world after all. *(No Title)*.

Mura, M., Longo, M., Micheli, P., & Bolzani, D. (2018). The evolution of sustainability measurement research. *International Journal of Management Reviews*, *20*(3), 661-695.

Naess, P. (2001). Urban planning and sustainable development. *European Planning Studies*, *9*(4), 503-524.

Panackel, L. S., & PadminiA., K. (2013). Developing A Trip Production Prediction Model Based On Residential Land Use Characteristics. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, *2*, 277-285.

Parizi, S. M., & Kazeminiya, A. (2015). Evaluation of Human-Oriented Transport in City Hall Transportation Projects Approach to Sustainable Case Study of the Kerman City Hall. *Journal of Building Construction and Planning Research*, *03*(03), 149-161. https://doi.org/10.4236/jbcpr.2015.33015

Polzin, S. E. (1999). Transportation/Land-Use Relationship: Public Transit's Impact on Land Use. *Journal of Urban Planning and Development*, *125*(4), 135-151. https://doi.org/doi:10.1061/(ASCE)0733-9488(1999)125:4(135)

Robinson, D. (2011). *Computer Modelling for Sustainable Urban Design_ Physical Principles, Methods and Applications*. Earthscan Publications. https://doi.org/https://doi.org/10.4324/9781849775403

Sanchez, T. W. (1999). The Connection Between Public Transit and Employment. *Journal of the American Planning Association*, *65*(3), 284-296. https://doi.org/10.1080/01944369908976058

Sangaiah, A. K., Javadpour, A., Ja'fari, F., Zhang, W., & Khaniabadi, S. M. (2022). Hierarchical Clustering Based on Dendrogram in Sustainable Transportation Systems. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*.

Sarkar, P. K., Maitri, V., & Joshi, G. (2017). *Transportation planning: Principles, practices and policies*. PHI Learning Pvt. Ltd.

Schofer, R. E., & Levin, B. M. (1967). The urban transportation planning process. *Socio-Economic Planning Sciences*, *1*(2), 185-197. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0038-0121(67)90005-5

Semenov, I., & Jacyna, M. (2022). The synthesis model as a planning tool for effective supply chains resistant to adverse events. *Eksploatacja i Niezawodność*, *24*(1).

Shiftan, Y. (2000). The Advantage of Activity-based Modelling for Air-quality Purposes: Theory vs Practice and Future Needs. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, *13*(1), 95-110. https://doi.org/10.1080/135116100111685

Shoorcheh, M., Varesi, H., Mohammadi, J., & Litman, T. (2016). Urban Growth Structure and Travel Behavior in Tehran City. *Modern Applied Science*, *10*(8), 32.

Smargiassi, A., Plante, C., Morency, P., Hatzopoulou, M., Morency, C., Eluru, N., Tetreault, L. F., Goudreau, S., Bourbonnais, P. L., Bhowmik, T., Shekarrizfard, M., Chandra Iraganaboina, N., & Requia, W. (2020). Environmental and health impacts of transportation and land use scenarios in 2061. *Environ Res*, *187*, 109622. https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109622

Solmaz, O. (2021). *Tarihi kent merkezinde imar planlarının değşiminin fiziki mekana yansıması, Edirne tarihi kent merkezi örneği* Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].

Steg, L., & Gifford, R. (2005). Sustainable transportation and quality of life. *Journal of Transport Geography*, *13*(1), 59-69. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2004.11.003

Straatemeier, T. (2008). How to plan for regional accessibility? *Transport Policy*, *15*(2), 127-137. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.002

Thill, J.-C., & Kim, M. (2005). Trip making, induced travel demand, and accessibility. *Journal of Geographical Systems*, *7*(2), 229-248.

Thomas, R. W., & Huggett, R. J. (1980). *Modelling in geography: a mathematical approach*. Rowman & Littlefield.

Thondoo, M., Marquet, O., Márquez, S., & Nieuwenhuijsen, M. J. (2020). Small cities, big needs: Urban transport planning in cities of developing countries. *Journal of Transport & Health*, *19*, 2-14. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jth.2020.100944

Thornbush, M., Golubchikov, O., & Bouzarovski, S. (2013). Sustainable cities targeted by combined mitigation–adaptation efforts for future-proofing. *Sustainable Cities and Society*, *9*, 1-9.

TRB. (2000). Highway Capacity Manual. In (Vol. 2). Washington, DC: The National Academic Press.

Umadevi, G., & Suresh, V. (2014). Empirical methods of capacity estimation of urban roads. *Global Journals of Research in Engineering*, *14*(J3), 9-23.

Vrtic, M., Fröhlich, P., Schüssler, N., Axhausen, K. W., Lohse, D., Schiller, C., & Teichert, H. (2007). Two-dimensionally constrained disaggregate trip generation, distribution and mode choice model: Theory and application for a Swiss national model. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *41*(9), 857-873.

Waldrip, S. H., Niven, R. K., Abel, M., & Schlegel, M. (2017). Maximum entropy analysis of transport networks. AIP Conference Proceedings,

Wegener, M., & Fürst, F. (2004). Land-use transport interaction: State of the art. *Available at SSRN 1434678*.

Wilson, A. G. (1969). The use of entropy maximising models, in the theory of trip distribution, mode split and route split. *Journal of transport economics and policy*, 108-126.

Yang, H., Bell, M. G., & Meng, Q. (2000). Modeling the capacity and level of service of urban transportation networks. *Transportation Research Part B: Methodological*, *34*(4), 255-275.

Yayla, N. (2004). *Karayolu Mühendisliği*. Birsen Yayınevi.

Yue, H., Guan, Q., Pan, Y., Chen, L., Lv, J., & Yao, Y. (2019). Detecting clusters over intercity transportation networks using K-shortest paths and hierarchical clustering: a case study of mainland China. *International Journal of Geographical Information Science*, *33*(5), 1082-1105.

Zenina, N., & Borisov, A. (2013). Regression analysis for transport trip generation evaluation. *Information Technology and Management Science*, *16*(1), 89-94.

Zuidgeest, M., & Van Maarseveen, M. (2000). Transportation planning for sustainable development. *SATC 2000*.

ÖZGEÇMİŞ

Murat Seçkin PUYAN 1971 Ankara'da doğmuştur. Lisans eğitimini KKTC Doğu Akdeniz Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde tamamlamıştır. Yüksek Lisans derecesini Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda "Beton Yolarda Çatlak Denetimi" üzerine tamamladıktan sonra Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda doktora çalışmalarına başlamıştır.

Evli ve bir çocuk babası olan PUYAN halen Trakya Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde çalışmalarına devam etmektedir.