

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL M1A METRO HATTININ TOPLU TAŞIMA ODAKLI
GELİŞİM KRİTERLERİNE UYGUNLUĞUNUN İNCELENMESİ**

ŞEYMA KARABAK
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ŞEHİR VE BÖLGE PLANLAMA ANABİLİM DALI

GEBZE
2023

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL M1A METRO HATTININ
TOPLU TAŞIMA ODAKLI GELİŞİM
KRİTERLERİNE UYGUNLUĞUNUN
İNCELENMESİ

ŞEYMA KARABAK
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ŞEHİR VE BÖLGE PLANLAMA ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
DOÇ. DR. MUHAMMED ZİYA PAKÖZ

GEBZE
2023

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**AN EXAMINATION OF THE SUITABILITY
OF ISTANBUL M1A METRO LINE WITH
TRANSIT ORIENTED DEVELOPMENT
CRITERIA**

ŞEYMA KARABAK

**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF CITY AND REGIONAL PLANNING**

**THESIS SUPERVISOR
ASSIST. PROF. DR. MUHAMMED ZİYA PAKÖZ**

**GEBZE
2023**



YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 19/07/2023 tarih ve 2023/40 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 21/08/2023 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Şeyma KARABAK'ın tez çalışması Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. Muhammed Ziya PAKÖZ

ÜYE

: Dr. Öğr. Üyesi Yaşasın ERYILMAZ

ÜYE

: Dr. Öğr. Üyesi Numan KILINÇ

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
.../.../2023 tarih ve 2023/.... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Toplu Taşıma Odaklı Gelişme (Transit Oriented Development-TOD) kavramı 1980'lerden sonra ortaya çıkmıştır. Bir kentsel gelişme modeli olarak kabul edilen TOD, ulaşım sistemi ile arazi kullanımını birleştirerek yaya ve bisiklet dostu, yaşanabilir, çevre dostu kentler oluşturmayı hedeflemektedir. TOD alanları toplu taşıma istasyonunun etrafında yürünebilir, kompakt, karma arazi kullanımına sahip, yaşanabilir bir alan oluşturmakta, aynı zamanda bisiklet veya toplu taşımayı teşvik ederek, araç trafiğinin oluşturduğu çevresel ve psikolojik sorunları da engellemektedir.

Türkiye'de sıfırdan planlanmış bir TOD alanı bulunmamaktadır. Bu sebeple mevcut toplu taşıma hatlarının bu modele uygunluğunun belirlenmesi ve ne gibi çalışmalara gerek olduğunu belirlemek için örnek bir hat olarak İstanbul M1A Yenikapı-Havaalanı metro hattı seçilmiştir. Çalışmada, İstanbul M1A Yenikapı-Havaalanı metro hattındaki 18 istasyon için bu istasyonlara 800 metre mesafedeki alanların Toplu Taşıma Odaklı Gelişme modeline uygunluğu incelenmiştir. Yerli ve yabancı kaynaklardan yararlanılarak kapsamlı bir literatür araştırması yapılmış ve TOD kriterleri belirlenmiştir. Çalışmada yoğunluk, çeşitlilik, erişebilirlik ve tasarım ve toplu taşıma mesafesi kriterleri ile ilgili incelemeler yapılmıştır. Bu incelemelerin değerlendirilebilmesi için maksimum-minimum ve maksimuma oranlama yöntemleri ile veriler normalize edilmiş, ardından çok kriterli karar verme yöntemlerinden CRITIC, AHP ve Eşit Ağırlıklandırma yöntemi kullanılarak ağırlıklandırma yapılmıştır. Sonuç kısmında, farklı yöntemler kullanılarak elde edilen TOD endekslerine ait karşılaştırmalı bir değerlendirme yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Toplu Taşıma Odaklı Gelişim, TOD, Sürdürülebilir Ulaşım, Kentsel Gelişim.

SUMMARY

The concept of Transit Oriented Development (TOD) emerged after the 1980s. Considered as an urban development model, TOD aims to create livable, environmentally friendly cities by combining the transportation system and land use. It provides a compact, mixed land use area within the walkable area around a public transport station, making the area livable. At the same time, it prevents environmental and psychological problems caused by traffic because it encourages cycling or public transportation.

There is no TOD area planned from scratch in Turkey. For this reason, the Istanbul M1A Yenikapı-Airport metro line has been determined as an example line to determine the suitability of the existing public transportation lines for this model and to determine what kind of studies are needed. In the study, the suitability to the Transit Oriented Development model of the areas around 800 m of 18 stations on the Istanbul M1A Yenikapı-Airport metro line were examined. A comprehensive literature search was carried out using domestic and foreign sources and TOD criteria were determined. In the study, examinations were made about density, diversity, accessibility and design and public transportation distance criteria. Examinations were carried out with various methods within the framework of the determined parameters of each criterion. In order to evaluate these examinations, the data were normalized with the maximum-minimum and proportioning to maximum methods, and then weighted using the multi-criteria decision-making methods CRITIC, AHP and Equal Weighting method. In the conclusion, a comparative evaluation of the TOD indices obtained using different methods is presented.

Keywords: Transit Oriented Development; (TOD), Sustainable Transportation, Urban Development.

TEŞEKKÜR

Öncelikle tez konumun belirlenmesinden bitimine kadar düzenli olarak çalışmamı takip eden, kıymetli bilgileri ile beni yönlendiren, çalışmamı tamamlarken motivasyonumun düşmesine izin vermeyen, mesleğini severek yapan ve öğrencilerine de sevdiren saygıdeğer danışmanım Doç. Dr. Muhammed Ziya PAKÖZ'e; yüksek lisans eğitimim boyunca maddi ve manevi olarak yanımda olan, daima bana inanan ve beni destekleyen canım aileme; tez dönemindeki yoğun çalışmalarım da bana destek olan, moral ve inanç veren Gürkan KOBAK'a bu süreçte desteğini esirgemeyen tüm dostlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Önemi	3
1.2. Çalışmanın Yöntemi	3
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	6
2.1. Sürdürülebilir Ulaşım	10
2.2. Toplu Taşıma Odaklı Gelişme	11
2.3. TOD ile İlgili Çalışmalar	14
2.3.1. TOD Endeksi Hesaplamaya Yönelik Çalışmalar	15
2.3.1.1. Hindistan, Bhopal	15
2.3.1.2. Hollanda, Arnhem ve Nijmegen Bölgesi	21
2.3.1.3. Türkiye, İstanbul	23
2.3.1.4. Mısır – İskenderiye	24
2.3.2. TOD Alanlarının Çevresel ve Ekolojik Etkilerini İnceleyen Çalışmalar	27
2.3.2.1. Katar, Doha	27
2.3.2.2. Singapur	29
2.3.2.3. Endonezya, Bogor	29
2.3.3. TOD ve Kalkınma ile İlgili Çalışmalar	30
2.3.3.1. Amerika Birleşik Devletleri, Boston	30

2.3.3.2. Japonya, Toyama	31
2.3.3.3. Endonezya, Semarang	32
2.4. İstanbul'da Toplu Taşıma	33
2.5. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri	34
3. İSTANBUL M1A YENİKAPI-ATATÜRK HAVALİMANI METRO HATTININ TOD KRİTERLERİ KAPSAMINDA İNCELENMESİ	38
3.1. Çalışma Alanı	38
3.2. Kategoriler ve Kriterlerin Hesaplanması	40
3.2.1. Yoğunluk	40
3.2.1.1. Nüfus Yoğunluğu	40
3.2.1.2. Ticari Alan Yoğunluğu	41
3.2.2. Çeşitlilik	42
3.2.3. Erişilebilirlik ve Tasarım	45
3.2.3.1. Karmalık Oranı	46
3.2.3.2. Yeşil Alan Yoğunluğu	48
3.2.3.3. Otopark Alanı Yoğunluğu	50
3.2.4. Toplu Taşıma Mesafesi	52
3.2.4.1. İETT Durak Yoğunluğu	52
4. İSTASYONLARIN TOD ENDEKSLERİNİN HESAPLANMASI	54
4.1. Kriter Değerlerinin Normalleştirilmesi	55
4.1.1. Maksimum-Minimum Yöntemi Kullanılarak Normalizasyon	56
4.1.2. Değerlerin Maksimuma Oranlama Yöntemi Kullanılarak Normalizasyonu	57
4.2. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi ve TOD Endeks Değerlerinin Bulunması	58
4.2.1. CRITIC Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi ve TOD Endeksinin Bulunması	58

4.2.1.1 Maksimum – Minimum Yöntemi ile Normalize Edilen Verilerin CRITIC Yöntemi Kullanılarak Ağırlıklandırılması ve TOD Endeksinin Bulunması	60
4.2.1.2 Maksimuma Oranlama Yöntemi ile Normalize Edilen Verilerin CRITIC Yöntemi Kullanılarak Ağırlıklandırılması ve TOD Endeksinin Bulunması	64
4.2.1.3. CRITIC Yöntemi ile Ağırlıklandırma Yapılırken Farklı Normalizasyon Yöntemi Kullanımının TOD Endeks Değerine Etkisi	67
4.2.2. AHP Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi ve TOD Endeksinin Bulunması	68
4.2.2.1. Maksimum – Minimum Yöntemi ile Normalize Edilen Verilerin AHP Yöntemi Kullanılarak Ağırlıklandırılması ve TOD Endeksinin Bulunması	73
4.2.2.2. Maksimuma Oranlama Yöntemi ile Normalize Edilen Verilerin AHP Yöntemi Kullanılarak Ağırlıklandırılması ve TOD Endeksinin Bulunması	74
4.2.2.3. AHP Yöntemi ile Ağırlıklandırma Yapılırken Farklı Normalizasyon Yöntemi Kullanımının TOD Endeks Değerine Etkisi	76
4.2.3. Eşit Ağırlıklandırma Yöntemi Kullanılarak Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi ve TOD Endeksinin Bulunması	77
4.2.3.1. Maksimum – Minimum Yöntemi ile Standart Hale Getirilen Verilerin Eşit Ağırlıklandırma Yöntemi Kullanılarak Ağırlıklandırılması ve TOD Endeksinin Bulunması	78
4.2.3.2. Maksimuma Oranlama Yöntemi ile Standart Hale Getirilen Verilerin Eşit Ağırlıklandırma Yöntemi Kullanılarak Ağırlıklandırılması ve TOD Endeksinin Bulunması	79
4.2.3.3. Eşit Ağırlıklandırma Yöntemi ile Ağırlıklandırma Yapılırken Farklı Normalizasyon Yöntemi Kullanımının TOD Endeks Değerine Etkisi	81

4.2.4.Farklı Yöntemlerle Elde Edilen TOD Endeks Değerlerinin Karşılaştırılması	82
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	84
KAYNAKLAR	86
ÖZGEÇMİŞ	91
EKLER	92



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
1.1: Kentin Mekânsal Yapısı ve Ulaşım Ağları Arasındaki İlişki.	2
1.2: Çalışmada Kullanılan Yöntem.	5
2.1: Transit odaklı geliştirmenin (TOD) gösterimi.	12
2.2: Toplu taşıma ile birbirine bağlanan TOD kompakt düğümleri.	13
2.3: Bhopal Şehrindeki metrobüs boyunca çalışma için seçilen performans ölçümlerini gösteren harita.	18
2.4: Seçilen toplu taşıma istasyonlarındaki TOD seviyesi.	20
2.5: Arnhem Nijmegen Şehir Bölgesi.	21
2.6: Arnhem Nijmegen Şehir Bölgesi'ndeki Potansiyel TOD Endeksleri.	23
2.7: Marmaray Hattı Anadolu istasyonlarının belirlenen aralıklara göre TOD endeksleri.	24
2.8: Mısır-İskenderiye Çalışma alanı.	25
2.9: Mısır-İskenderiye Potansiyel TOD alanları.	26
2.10: Doha içindeki Al Sadd bölgesini ve Hamad Hastanesi metro istasyonunu gösteren konum haritaları.	27
2.11: Al Sadd Mevcut arazi kullanım haritası.	28
2.12: Boston Banliyö-Demiryolu Haritası.	30
2.13: Toyama TOD Politikaları.	32
3.1: İstanbul Metro hatlarının 2020,2021 ve 2022 yılı yolcu sayıları.	39
3.2: M1A Metro Hattı İstasyonları.	39
3.3: Arazi Kullanım Haritası.	43
3.4: Ataköy-Şirinevler İstasyonu Karmalık Oranı.	48
3.5: Topkapı-Ulubatlı İstasyonu Yeşil Alan Yoğunluğu.	50
3.6: Otogar İstasyonu Otopark Yoğunluğu.	52
3.7: Yenibosna İstasyonu Çevresine Ait İETT Hat Yoğunluğu Analizi.	53
4.1: Maksimum-Minimum Yöntemine Göre Normalize Edilen Verilerin CRITIC Yöntemi ile Ağırlıklandırılmasıyla Elde Edilen TOD Endeks Değeri.	63

4.2:	Maksimuma Oranlama Yöntemine Göre Normalize Edilen Verilerin CRITIC Yöntemi ile Ağırlıklandırılmasıyla Elde Edilen TOD Endeks Değeri.	66
4.3:	Super Decisions Programında Yer Alan İkili Karşılaştırma Örneği.	72
4.4:	Super Decisions Programına Elde Edilen Kriter Ağırlıkları ve Tutarlılık Oranı.	73
4.5:	Maksimum-Minimum Yöntemine Göre Normalize Edilen Verilerin AHP Yöntemi ile Ağırlıklandırılmasıyla Elde Edilen TOD Endeks Değeri.	74
4.6:	Maksimuma Oranlama Yöntemine Göre Normalize Edilen Verilerin AHP Yöntemi ile Ağırlıklandırılmasıyla Elde Edilen TOD Endeks Değeri.	76
4.7:	Maksimum-Minimum Yöntemine Göre Normalize Edilen Verilerin Eşit Ağırlıklandırma Yöntemi ile Ağırlıklandırılmasıyla Elde Edilen TOD Endeks Değeri.	79
4.8:	Maksimuma Oranlama Yöntemine Göre Normalize Edilen Verilerin Eşit Ağırlıklandırma Yöntemi ile Ağırlıklandırılmasıyla Elde Edilen TOD Endeks Değeri.	80

TABLolar DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: İstasyonlara Göre TOD Endeks Değerleri ve Sıralamaları.	19
2.2: Ağırlıklandırma Yöntemlerinin Sınıflandırılması.	35
3.1: TOD Kriterleri, Parametreleri ve Gerekli Veri.	40
3.2: İstasyon Alanlarına Göre Nüfus Yoğunluğu Değerleri.	41
3.3: İstasyon Alanlarına Göre Ticari Alan Yoğunluğu Değerleri.	42
3.4: İstasyonların Arazi Kullanım Çeşitlilik Değerleri.	44
3.5: Kocatepe İstasyonunun Arazi Kullanım Çeşitliliği.	45
3.6: İstasyonlara Göre Karmalık Oranları.	46
3.7: Ataköy-Şirinevler İstasyonu Karmalık Oranı.	47
3.8: İstasyonların Yeşil Alan Yoğunluğu.	48
3.9: Topkapı- Ulubatlı İstasyonu Yeşil Alan Yoğunluğu.	49
3.10: İstasyonların Otopark Alanı Yoğunluğu.	50
3.11: Otogar İstasyonu Arazi Kullanım Alanları.	51
3.12: İstasyon Alanlarına Ait İETT Durak Yoğunluğu.	53
4.1: Kriter Kodları.	55
4.2: Hesaplanan Kriter Değerleri.	55
4.3: İncelenen Kriterlerin Maksimum Minimum Yöntemine Göre Normalize Edilmiş Değerleri.	57
4.4: İncelenen Kriterlerin Maksimuma Oranlama Yöntemine Göre Standart Hâle Getirilmiş Değerleri.	57
4.5: Maksimum-Minimum Yöntemiyle Standardize Edilen Değerlerin Korelasyonları.	61
4.6: Kriterlerin Standart Sapma Değerleri.	61
4.7: Eşitlik (4.7)'de Bulunan 1 – Pjk Değerinin Hesaplanması.	61
4.8: Eşitlik (4.7)'e Göre Cj Değerinin Bulunması.	62
4.9: Kriterlerin Ağırlık Değerleri.	62
4.10: İstasyonların TOD Endeks Değerleri (CRITIC ve Maksimum-Minimum Yöntemi ile).	62

4.11: Maksimuma Oranlama Yöntemiyle Normalize Edilen Değerlerin Korelasyonları.	65
4.12: Kriterlerin Standart Sapma Değerleri.	64
4.13: Tablo 5.9 Eşitlik (4.7)'de Bulunan 1 – Pjk Değerinin Hesaplanması.	64
4.14: Eşitlik (4.7)'ye Göre Cj Değerinin Bulunması.	65
4.15: Kriterlerin Ağırlık Değerleri.	65
4.16: İstasyonların TOD Endeks Değerleri (CRITIC ve maksimuma oranlama yöntemi ile).	65
4.17: Maksimum-Minimum ve Maksimuma Oranlama Yöntemleriyle Normalize Edilmiş Değerlerle Elde Edilen TOD Endeks Değerlerinin Karşılaştırılması.	67
4.18: Rastgele Endeks Sayıları.	69
4.19: Saaty tarafından geliştirilen 1-9 önem skalası.	69
4.20: TOD Kriterlerinin İkili Karşılaştırma Tablosu.	70
4.21: TOD Kriterleri Önem Matrisi.	72
4.22: İstasyonların TOD Endeks Değerleri (AHP ve maksimum-minimum yöntemi ile).	73
4.23: İstasyonların TOD Endeks Değerleri (AHP ve maksimuma oranlama yöntemi ile).	75
4.24: AHP Yöntemi ile Ağırlıklandırma Yapılırken Farklı Normalizasyon Yöntemi Kullanımının TOD Endeks Değerine Etkisi.	76
4.25: Eşit Ağırlıklandırma Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi.	77
4.26: Eşit Ağırlıklandırma Yöntemi ile Elde Edilen TOD Endeks Değerleri (Maksimum minimum yöntemi ile standardize edilen veri kullanılmıştır).	78
4.27: Eşit Ağırlıklandırma Yöntemi ile Elde Edilen TOD Endeks Değerleri (Maksimuma oranlama yöntemi ile standardize edilen veri kullanılmıştır).	79
4.28: Eşit Ağırlıklandırma Yöntemine Farklı Normalizasyon Yöntemlerinin Kullanılmasının TOD Endeksine Etkisi.	81
4.29: Farklı Yöntemler Kullanılarak Elde Edilen TOD Endeks Değerlerinin Karşılaştırılması.	82

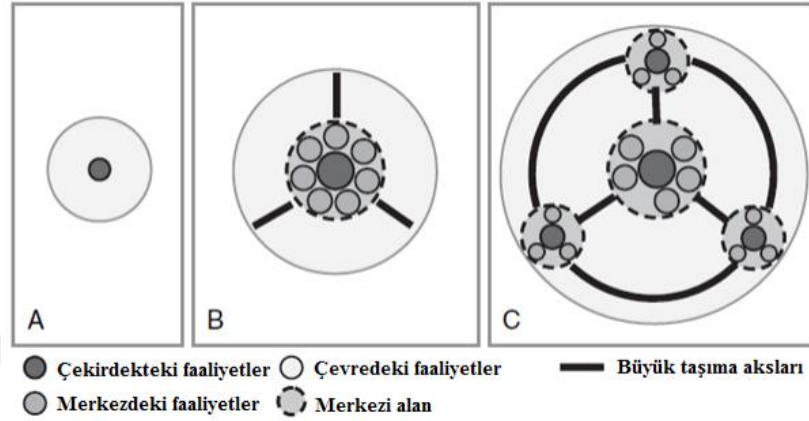
1. GİRİŞ

Tarihsel süreçte kentlerin ortaya çıkışı incelendiğinde, göçebe hayattan yerleşik hayata geçilmesinin kentleşmenin başlaması için ilk adım olduğu görülmüştür. Kent kavramı dinamiklidir. Bu sebeple her ülke için geçerli bir kent tanımı yapabilmek mümkün değildir (Topal, 2004). Bunun yanında yönetsel sınır, nüfus, ekonomik ve sosyolojik kriterlere göre farklı kent tanımları yapılabilmektedir. Yönetsel tanımlama, belediye sınırları içerisinde kalan nüfusu kapsamaktadır. Ekonomik tanım ise, nüfusu tarım dışı alanlarda çalışan, mal ve hizmetlerin üretiminin, dağıtımının ve tüketiminin gerçekleştiği ekonomik bir mekanizma şeklindedir. Sosyologlara göre ise kent, geniş bir alanda bir araya gelmiş, birçok farklı faaliyette uzmanlaşmış insanlar ve binalar topluluğu veya toplumsal açıdan benzer olmayan bireylerin oluşturduğu geniş, yoğun ve sürekliliğe sahip olan yerleşmelerdir. Tanımlamalarda da görüldüğü gibi kent karmaşık ve çok boyutlu bir olgudur (Niray, 2002).

Kentler genellikle fiziksel alanı ve nüfusu ile tanımlanmaktadır. Kentsel büyüklük kentlerin biçimini etkilemektedir. II. Dünya Savaşı'nın ardından başlayan sanayileşme ile yavaş yavaş bugünkü kent formları oluşmuştur. Kentlerin geometrik biçimini oluşturan büyüklük ve biçim doku ile sınırlıdır. Büyüklük, biçim ve doku ayrıca alanın yapılar ve insanlar tarafından kullanım yoğunluğu ile değişir. Yapılar ve insanların yoğunluğu kentin iç ve dış yapısını belirler. Kent formunu etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır (Semiha Sultan Tekkanat, 2018). Kentlerin alansal büyümesini etkileyen faktörleri fiziki coğrafya faktörleri ve beşeri coğrafya faktörleri olmak üzere iki gruba ayırabiliriz. Fiziki coğrafya faktörleri, topoğrafya, topoğrafyanın ulaşım sistemlerine etkisi, hidroğrafya, bitki örtüsü, beşeri coğrafya faktörleri ise; imar ve planlama çalışmaları, ekonomik faktörler, ulaşım, göç ve küreselleşme olarak sıralanabilir (Döker, 2012).

Ulaşım, belirli bir amaç için eşyanın veya insanın mekânda yer değiştirmesi anlamına gelmektedir. Kentsel ulaşım ise, kent sınırları içerisinde gerçekleşen yolcu, yük, araç ve yaya hareketlerini kapsar. Ulaşım imkanları kentlerin ekonomik, fiziksel ve sosyal gelişmelerinde önemli rol oynamaktadır. Kentsel hizmet alanlarına erişilebilirlik yer seçimindeki temel etkenlerden biridir. Kentsel yayılma ve genişleme, ulaşım aksları çevresinde olmaktadır. Özellikle yerleşim alanları ana ulaşım aksları

çevresinde konumlanmıştır. Şekil 1.1’de görüldüğü gibi, alt merkezlerin kentle ve birbirleri arasındaki ulaşım aksları kentin genel işlevleri arasındaki bağlantıyı oluşturmaktadır (Akbulut, 2016).



Şekil 1.1: Kentin Mekânsal Yapısı ve Ulaşım Ağları Arasındaki İlişki.

Kentsel ulaşım bireysel ve toplu ulaşım ile yük taşımacılığı olarak gruplandırılabilir. Kent içi ulaşım sisteminin birçok çeşidi bulunmaktadır. Bunlar hafif raylı sistemler, minibüs, otobüs, taksi ve binek araç olarak sayılabilir. Toplu taşıma sistemlerinde de birçok seçenek bulunmaktadır. İstanbul’da önde gelen toplu taşıma araçları otobüs, minibüs, hafif raylı sistem, tramvay, metrobüs, metro ve deniz otobüsüdür (Akbulut, 2016). Toplu taşımada kullanılacak alternatifin seçilmesinde zaman, maliyet, konfor gibi farklı etmenler rol oynamaktadır.

Hızlı kentleşme ve beraberinde getirdiği nüfus artışı günümüzde çeşitli problemlere sebep olmaktadır. Bunlardan başlıcası trafik yoğunluğudur. Özellikle büyük kentlerde ciddi bir sorun haline gelen trafik yoğunluğu başta hava kirliliği olmak üzere birçok çevresel ve psikolojik problemin nedenidir. Bu problem için sürdürülebilir çözüm önerileri getirilmesi büyük önem taşır. Toplu Taşıma Odaklı Gelişme modeli trafikte bireysel araç kullanımını azaltıp toplu taşımaya teşvik etmesi, sürdürülebilir bir model olması aynı zamanda kompakt bir tasarıma sahip olması nedeniyle bu probleme bir çözüm önerisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Gelişmiş ekonomilerde TOD ile ilgili birçok çalışma yürütülmesine rağmen, gelişmekte olan ekonomilerde araştırma eksikliği vardır (Yap and Goh, 2017). ABD, Avrupa, Asya ve

Hindistan kentlerinde kullanılan bir model olmasına rağmen Türkiye’de kabul edilmiş bir Toplu Taşıma Odaklı Gelişme (TOD) alanı bulunmamaktadır.

1.1. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Önemi

Bu çalışmanın amacı, İstanbul M1A Atatürk Havalimanı-Yenikapı metro hattının TOD kriterlerine uygunluğunu incelemektir. Çalışma alanı M1A metro istasyonlarının etrafındaki 800 metre yarıçaplı bölgeyi kapsamaktadır. Çalışma kapsamında oluşturulan TOD endeksi yardımıyla modele en uygun ve en az uygun istasyonlar belirlenmiştir. İstanbul’da sıfırdan planlanmış bir TOD alanı bulunmamaktadır. Ancak mevcutta bulunan ulaşım ağlarının TOD kriterlerine uygunluk seviyesinin incelenmesi ve uygun düzenlemelerin yapılması mümkündür.

Çalışma TOD endeksinin incelenmesiyle ilgili literatüre katkı sunacak aynı zamanda İstanbul’da bir TOD alanı oluşturmakla ilgili çalışmalarda yol gösterici niteliğe sahip olacaktır. Çalışmanın TOD literatürüne metodolojik katkısı ise farklı normalizasyon ve ağırlıklandırma yöntemlerinin bir arada kullanılması sayesinde sonuçların güvenilirliğinin test edilmesi ve karşılaştırılmasına imkan vermesidir.

1.2. Çalışmanın Yöntemi

Tez çalışması kapsamında, literatürden süzülen bir kriter seti kullanılarak, bir TOD endeksi inşa edilmiş ve M1A metro hattının her bir durağı için endeks skoru hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan kriterler kapsamlı literatür taraması sonucunda belirlenmiştir. Nüfus yoğunluğu; mahalle bazlı verilerin, her istasyon için çalışma alanı ile kesişen mahallelerin nüfus ve toplam alanlarının çalışma alanına oranlanması ile bulunmuştur. Ticaret alanı yoğunluğu; istasyon alanı içerisindeki ticari birim sayısı istasyon çevresinin alanına oranlanarak elde edilmiştir. Arazi kullanım çeşitliliği için literatürde sıklıkla kullanılan entropi formülü ile hesaplama yapılmıştır. Karmalık Oranı istasyon çevresinde belirlenen alandaki konut dışı kullanım alanlarının istasyondaki tüm alana oranlanması ile elde edilmiştir. Yeşil Alan Yoğunluğu ve Otopark Alanı Yoğunluğu benzer şekilde incelenen alanın istasyon çevresinde belirlenen tüm alana oranlanması ile elde edilmiştir. İETT Durak Yoğunluğu kriteri ise her istasyonun çevresinde belirlenen 800 metre yarıçap alanı içindeki İETT durak

sayısının, M1A metro hattı istasyonlarının 800 metrelik yarıçapındaki toplam İETT durak sayısı olan 316'ya bölünmesiyle elde edilmiştir. Kriterlerin farklı yöntemler kullanılarak hesaplanması nedeniyle bir normalizasyon işlemi yapılması gerekmektedir. Normalizasyon işleminde iki farklı yöntem kullanılarak sonuçların normalizasyona göre farklılaşıp farklılaşmadığı incelenmiştir. Maksimum minimum yöntemi ve maksimuma oranlama yöntemi kullanılan normalizasyon modelleridir. Bu işlemlerin ardından yine sonuçları karşılaştırmak amacıyla ağırlıklandırma işlemi CRITIC yöntemi, AHP yöntemi ve Eşit Ağırlıklandırma Yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ağırlıklandırma yöntemlerinin belirlenmesinde subjektif, objektif ve eşit ağırlıklandırma yöntemi seçilmesine dikkat edilmiştir. Ağırlıklandırma işlemlerinin tamamlanmasının ardından TOD endeks değerleri elde edilerek en yüksek ve en düşük TOD potansiyeline sahip istasyon alanları belirlenmiştir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2: Çalışmada Kullanılan Yöntem.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Dünya kaynaklarının hızla tükenmesi her alanda sürdürülebilirlik arayışının başlamasına neden olmuştur. Giderek artan seyahat talebi ve hızlı nüfus artışı beraberinde ciddi trafik sorunlarını getirmiştir. Sürdürülebilir ulaşım modelleri üretilerek bu durumun önüne geçilmek istenmiştir. Toplu Taşıma Odaklı Gelişme modeli de bu sürdürülebilir ulaşım modellerinden biridir.

Çalışma kapsamında gerekli literatür araştırması yapılırken yerli ve yabancı kaynaklar kullanılmıştır. Literatür araştırması bölümünde Toplu Taşıma Odaklı Gelişim (Transit Oriented Development) konusuna ait çalışmalar derlenmiştir. Konunun belirlenmesinin ardından kapsamlı bir literatür taraması yapılmış ve analiz edilmiştir. Araştırmalar Science Direct, Web of Science, Springer Link, Scopus ve YÖK Tez veri tabanlarından yapılmıştır. Veri tabanlarında “Transit Oriented Development”, “TOD”, “urban transportation and TOD”, “ Measurement of Transit Oriented Development” anahtar kelimeleri aratılmıştır. Çıkan sonuçlar içinden önce özetler daha sonra metinler okunarak eleme yapılmıştır.

Erişim sağlanan çalışmaların daha kolay incelenmesi için aynı türde yer alan çalışmalar gruplanarak incelenmiştir. İncelenen çalışmalar “çevre ve tasarım”, “mekânsal planlama” ve “kalkınma” ile ilgili çalışmalar olarak gruplara ayrılmıştır.

Bhatnagar ve diğerleri (2022), Delhi mahallelerinde toplu taşıma odaklı gelişimin hava kalitesine etkilerini incelemişlerdir. Regresyon analizi ve TOD endeks analizi yapılarak TOD politikalarına uygun yapılı çevrenin doğası analiz edilmiştir. Entropi ağırlıklandırma yöntemi ile yapılı çevre değerleri tek bir endekste birleştirilmiş ve bileşik endeks oluşturulmuştur. Çalışmanın sonuçları doğrultusunda geleceğe yönelik planların geliştirilmesi hedeflenmiştir. Xiao ve diğerleri (2021), TOD’un kentsel canlılık üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışma alanı olarak Çin’in Shenzhen kentindeki 166 metro istasyonu alanı belirlenmiştir. İstasyon alanlarından alınan çok kaynaklı veriler kullanılarak gradyan artırıcı karar ağacı modeli oluşturulmuş ve TOD’un kentsel canlılık üzerindeki etkileri incelenmiştir. Niu ve diğerleri (2021), Yeşil TOD yapılı çevresini incelemişlerdir. Singapur’da belirlenen 23 tren istasyonundan veri toplanarak faktör ve küme analizi yapılmıştır. Çalışmada Yeşil TOD yapılı çevresinin özellikleri ve tipolojisi ampirik bir şekilde gösterilmiştir.

Çalışma sonucunda TOD alanlarının performansının istasyon alanın formuyla ilişkili olduğunu ortaya koymuştur.

Cevher ve diğerleri (2020), Ankara’da kent içi raylı sistemlerde durak alanı tasarım parametreleri ile toplu taşıma kullanımı arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Seçilen 8 istasyon tasarımı ve toplu taşıma arz değişkenlerinin yolcu sayısına olan etkisi matematiksel olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada toplu taşıma istasyonlarının analizi ve tasarımı, alternatif modlara göre değerlendirilmesi gerektiği ve şehir içindeki farklı sistemler farklı sonuçlar doğurabildiği sonucuna ulaşılmıştır. Susetyarto (2020), Bogor istasyonu için TOD alanı tasarım modeli oluşturmayı hedeflemiştir. Çalışmanın bulguları tasarım modelini ortaya koymaktadır. Mevcut arazi kullanımları ve imar düzenleri incelenmiştir. İkinci aşamada hareket örüntüsü gözlemlenmiş ve kentsel tesisler ile altyapı durumu incelenmiştir. Üçüncü aşamada imar uygulamalarındaki sapmalar tespit edilmiş sonraki aşamada ise insanların hareket analizleri, mal ve hizmetler, kentsel tesis ve altyapı kullanım kalıpları oluşturulmuştur. Sonuç olarak karma kullanımların geliştirilmesi, yeşil alanların oluşturulması, Bogor istasyonundan Paledang istasyonuna alt geçit yapılması gibi önerilerde bulunmuştur. Son olarak ise TOD tabanlı mimari model tasarlanmıştır.

Yıldırım ve Arefi (2020), TOD’ların gürültü etkileri üzerine bir çalışma yapmışlardır. Dallas-Fort Worth metropol bölgesindeki gürültünün planlama, ulaşım ve çevresel etkileri jeostatistiksel analiz ile incelenmiştir. TOD’ların gürültü alanlarının yüksek olduğu görülmüştür ancak bulguların çalışma alanı için geçerli olduğuna da dikkat çekilmiştir. Kütük ve Erçoşkun (2019), Ankara’da bulunan Batıkent ve Kuru metro istasyonlarını TOD ve sürdürülebilir kentsel tasarım ilkeleri çerçevesinde değerlendirmiştir. Çalışmada henüz bir TOD uygulama alanı bulunmayan Türkiye’de, uygulamaların nasıl yapılabileceğine dair bir altlık oluşturmak hedeflenmiştir. Batıkent ve Kuru metro istasyonlarında belirlenen 8 TOD tasarım ilkesi doğrultusunda değerlendirmeler yapılmıştır. Aydemir ve diğerleri (2018), transit odaklı gelişimin kentsel ulaşımına katkıları ve yaya dostu mekanlar oluşturmadaki önemi üzerinde durmuşlardır. Çalışma alanı olarak İstanbul seçilmiştir. İstanbul’da planlı bir TOD alanı olmaması çalışmayı sınırlandırmıştır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Toplu Ulaşım daire başkanlığı ile görüşmeler yapılmış ve megakent örnekleri ile karşılaştırmalı analizler yapılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda İstanbul örneğine altlık oluşturması amacıyla önerilerde

bulunulmuştur. Wey ve Çu (2013), kentiçi yaya alanlarının tasarımını geliştirmeyi hedeflemiştir. Bu amaçla TOD modelini etkili ve öncelikli çözümlerden biri olarak kabul etmişlerdir.

Li ve diğerleri (2022), park et ve devam et ve TOD stratejisini entegre etmeyi planlayan bir çalışma yapmışlardır. Liu ve diğerleri (2022), kentsel yayılmanın TOD ile ilişkisini incelemiştir. Çalışmanın bulguları TOD'un tek başına kentsel yayılmayı engelleyemeyeceğini, uygun politikaların izlenmesi gerektiğini göstermiştir. Berawi ve diğerleri (2020), toplu taşıma kullanan yolcu sayısını en üst düzeye çıkarmak için optimum arazi tahsisine ulaşabilecek TOD modeli geliştirmeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda TOD tasarımının optimize edilmesinin günlük hafif raylı toplu taşıma kullanan yolcu sayısını %55'e kadar arttırabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Zhan ve diğerleri (2019), TOD konseptinde ağ, aktivite, insan modeli kullanarak kentsel yapıyı tanımlamaya çalışmıştır. Kentsel yapının güçlü ve zayıf yönlerini belirlemek için TOD endeksi ve dengesizlik derecesi tanımlanmıştır. Ardından kentsel alanları sınıflandırılmıştır. Pilatin (2019), çalışmasında Marmaray hattının Anadolu Yakası'nda bulunan istasyonlarını incelemiştir. Belirlenen istasyonların arazi kullanım bileşenlerinin hesaplanmasıyla TOD endeksini hesaplamıştır. Böylece istasyonların TOD modeline uygunlukları tespit edilmiştir. Wey ve diğerleri (2016), sürdürülebilir ulaşımı sağlamak amacıyla TOD değerlendirme kriterlerini oluşturmuşlardır. TOD değerlendirme kriterlerini seçmek için Bulanık Delfi metodu (Fuzzy Delphi Method) kullanılmış ve kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için bulanık analitik ağ süreci uygulanmıştır. Sonuçlar seçilen kriterlerin TOD değerlendirmesinde kritik olduğunu göstermiştir. Ogra ve Ndebele (2014), çalışma TOD bileşenlerini ortaya koymaktadır. TOD'un birincil bileşenleri tasarım, çeşitlilik, yoğunluk, mesafe, destinasyon ve talep yönetimi olarak ele alınmıştır. Çavuş (2013), sürdürülebilir gelişme çerçevesinde Toplu Taşıma Odaklı Gelişme'nin gerekliliğini İstanbul özelinde incelemiştir.

İbrahim ve diğerleri (2023), yaptıkları çalışmada Mısır'ın İskenderiye kentinde TOD için potansiyel alanları belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Mekansal Çok Kriterli Analiz ile analizler yapılmıştır. Dokuz gösterge kullanılarak yapılan analizlerde istasyonların TOD uygunluk derecelerini gösteren TOD endeks değerleri belirlenmiştir. Göstergelerin normalize edilmesi için maksimuma oranlama yöntemi kullanılmış sonrasında kriter ağırlıklarının

belirlenmesi için sıra toplamı yöntemi (rank sum method) yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarının doğruluğunun tespiti için ikinci senaryoda Singh ve diğerleri tarafından bir paydaş çalışması sonucunda elde edilen ağırlıklandırma kullanılmış, üçüncü senaryoda ise tüm göstergelerin aynı ağırlığa sahip olduğu kabul edilmiştir. Sonuçta elde edilen TOD endekslerinde küçük farklılıklar olsa da önemli ölçüde değişiklik olmadığı görülmüştür.

Tamakloe ve diğerleri (2021), Seul'deki toplu taşıma istasyonlarında TOD verimliliğini araştırmışlardır. TOD'un transit istasyonlardaki performansı incelendiğinde ticari faaliyetlerin yoğun olduğu, transit istasyonların bağlantılı olduğu ve merkezi iş alanları çevresinde bulunan istasyonların, şehrin çeperindeki istasyonlara göre daha verimli olduğu görülmüştür. Khare ve diğerleri (2021), Hindistan'ın Bhopal kentinde incelemeler yapmıştır. Çalışma temel olarak istasyon düzeyinde TOD'un nicel ölçekte ölçülmesine dayanmaktadır. Yoğunluk, çeşitlilik, arazinin karma kullanımı, yürünebilirlik, seyahat davranışları, sokak deseni ve ekonomik gelişme olmak üzere yedi kriter incelenmiştir. Kriter incelemelerinde çok kriterli değerlendirme yöntemi kullanılmıştır.

Kumar ve diğerleri (2020), TOD olarak belirlenmesi muhtemel mahalle tipolojileri hakkında bir çalışma yapmışlardır. Çalışma alanı olarak Delhi seçilmiş ve mekânsal veriler ile seyahat anketi verileri kullanılmıştır. İstatistikler analizler SPSS yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Fauzi ve Herlily (2020), Kuzey Jakarta'daki Kampung Muka'yı inceleyerek TOD kriterlerinin bu alana uygulanabilirliğini araştırmıştır. Kristianto (2020), Semarang'da potansiyel TOD alanını, ihtiyaçlarını ve gelişme yönünü belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmada nicel yöntemlerin yanı sıra anketler, görüşmeler ve saha gözlemleri verileri de kullanılmıştır. Kidokoro (2019), Japonya, ABD ve Malezya'dan örnekleri inceleyerek Asya şehirlerinde TOD'un başarılı bir uygulamasının yapılması için gerekli faktörleri belirlemiştir. Singh ve diğerleri (2014), Hollanda'nın Arnhem-Nijmegen Şehir Bölgesi için potansiyel TOD endeks değerini hesaplamışlardır.

2.1. Sürdürülebilir Ulaşım

Sürdürülebilirlik kelimesi genel olarak sürdürmek, devam ettirmek, sağlamak, desteklemek anlamlarında kullanılmaktadır. Doğadaki sınırlı kaynaklardan mümkün olduğu kadar uzun bir süre boyunca yararlanmak, bu sürede çevreye zarar vermemek sürdürülebilirliğin temelini oluşturur.

Kent yaşamının temel bileşenlerinden biri ulaşımdır. Kentsel alanın büyük çoğunluğu ulaşım ağlarından meydana gelmektedir. 19. Yüzyıla kadar kentlerin gelişme alanı yaya yürüme mesafesinde olacak şekilde belirlenmiştir. 19. Yüzyıldan sonra ise önce demiryolları sonra metro kullanımı ile yolculuk hızları artmış ve kentler hızlı bir büyüme süreci yaşamıştır (Kütük ve Yalçiner Ercoşkun, 2019). Bu süreç belirli problemleri de beraberinde getirmiştir. Kentlerdeki sorunların da bir bölümü ulaşımdan kaynaklanır. Bunlar erişilebilirlik, trafik sıkışıklığı ve ulaşım ağları arasındaki entegrasyon sorunları olarak sıralanabilir. Bu sorunların önüne geçilmesi için arazi kullanımının ve ulaşım ağlarının planlaması oldukça önemlidir. Sürdürülebilir ulaşım ile ilgili farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Goldman ve Gorham (2006) bu yaklaşımları dört ana başlıkta incelemiştir. Bunlar; şehir lojistiği, yaşanabilirlik, yeni hareketlilik ve akıllı sistem yönetimidir. Şehir lojistiği kavramı merkezleşmiş kentsel lojistik ve dağıtım merkezlerini, çevresel açıdan korunan bölgelerin oluşturulmasını kapsar. Yaşanabilirlik konusunda ise erişilebilirlik, kamusal alanların konumu ve tasarımı ile sosyal ve ekonomik konular incelenmektedir. Yeni hareketlilik kavramı ise anlık olarak trafik verilerinin paylaşılmasını, araç ve bisiklet paylaşım sistemlerini ve tüm ulaşım çeşitlerini içeren yolculuk planlamalarını incelemektedir. Son olarak akıllı sistem yönetiminde ise trafik sıkışıklığı vergisi, otobüs sistemleri yönetimi ve otomatik trafik cezaları ele alınmaktadır. Özetle kentsel ulaşımında enerji, sağlık, ekonomi ve trafik boyutlarının birlikte ele alınarak sürdürülebilir hale getirilmesi sürdürülebilir ulaşımın temel hedefleridir. Sürdürülebilir ulaşımın alt hedefleri ise toplu taşımanın teşvik edilerek bireysel araç kullanımının azaltılması, yaya ve bisiklet ulaşımının desteklenmesi, toplu taşımanın erişilebilir olması olarak sıralanabilir (Altuntaş ve Eyigün, 2021). Sürdürülebilir şehir içi ulaşımı desteklemek için raylı ulaşım sistemlerine yatırım yapmak gereklidir. Kentsel raylı ulaşım sistemleri araç kullanıcılarını toplu taşımaya çekmede daha etkili bir ulaşım türü olduğundan şehir plancıları tarafından da özellikle tercih edilmektedir.

Aynı zamanda yoğunluk, çeşitlik ve erişilebilirlik raylı toplu taşıma istasyonlarının kullanımını arttıran temel etmenlerdendir (Cevher et al., 2020).

Günümüzde özellikle büyük şehirlerde trafik yoğunluğu fazla olduğundan kentsel ulaşım alanları konforlu ortamlara ve güvenliğe yeterince sahip değildir. Bu nedenle TOD akıllı büyüme ve sürdürülebilir kalkınmayı hedef edinen kentler için önemli bir araçtır.

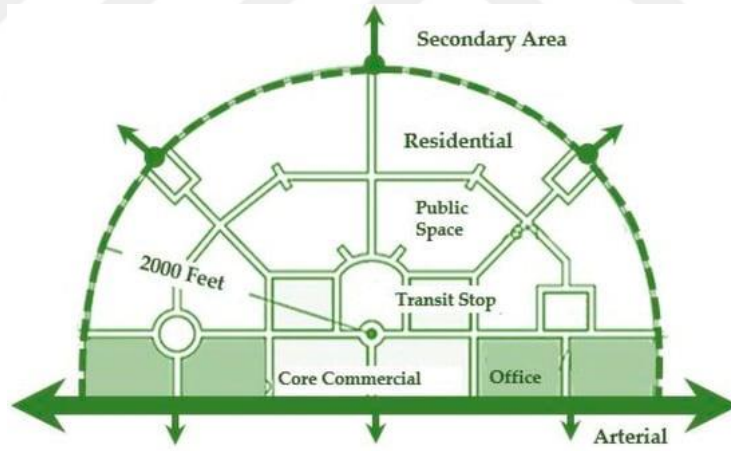
2.2. Toplu Taşıma Odaklı Gelişme

Hızlı kentleşme, nüfus artışı, seyahat talebi ve beraberinde getirdiği trafik sıkışıklığı, kazalar ve hava kirliliği gibi birçok probleme sebep olmuştur. Bu trafik sorunlarını çözmek ve giderek artan yolculuk talebini karşılamak için toplu taşıma kullanımının arttırılması önemli bir çözüm önerisidir. Toplu taşıma hizmetlerindeki kalitenin arttırılması, kullanımın artmasına da yardımcı olacaktır (Zhang and Wu, 2022).

Toplu Taşıma Odaklı Gelişme modeli ilk kez Peter Calthorpe tarafından tanıtılmıştır (Searle et al, 2014). Calthorpe, TOD alanlarını bir toplu taşıma istasyonuna ve ana ticari alana ortalama 2000 adım yürüme mesafesindeki karma kullanımlı bir topluluk olarak tanımlamıştır (Susetyarto, 2020). Diğer pek çok tanım ise TOD’u yerleşim alanları, ticari alanlar, ofisler, oteller ve kamu alanları da dahil olmak üzere işlevselliği yüksek alanlarda uygulanan bir kavram olarak ele almıştır. TOD’un odak noktası sürdürülebilir ulaşımdır, aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma ile de ilişkilidir (Berawi, ve diğerleri, 2020). TOD’un amacı genel olarak otomobil kullanımından kaynaklanan kentsel yayılmanın sebep olduğu çevresel ve sosyal sorunları hafifleterek sürdürülebilir kalkınmayı desteklemektir (Liu et al, 2022). TOD arazi kullanımı ve ulaşım sistemini bir arada inceler. Temelde üç ilkesi vardır bunlar; yoğunluk, çeşitlilik ve tasarımıdır (Liu et al, 2022). Yoğunluk, kentsel alanların yüksek yoğunluklu gelişmeyi destekleyecek şekilde planlanması gerektiğini kapsar. Çeşitlilik TOD bağlamına farklı kullanımların bir karışımını ve bunların dengesini tanımlamak için kullanılır. Tasarım ise toplu taşıma istasyonlarına sorunsuz ve güvenli erişim, yaya ve bisikletli erişimi düşünülerek tasarlanan alanlar ve kentsel hareketlilik ile toplu taşımayı teşvik eden araçları arttırmak için kullanılmaktadır (Ogra and Ndebele, 2014). Yoğunluğa, çeşitliliğe ve yaya odaklı bir tasarıma sahip bir alanı geliştirmek

otomobil kullanımını azaltarak yaya ve bisikletli ulaşımını teşvik eder (Berawi et al., 2020). İyi planlanmış TOD alanları sokak tasarımları sayesinde hareketliliği geliştirir (Yildirim and Arefi, 2021).

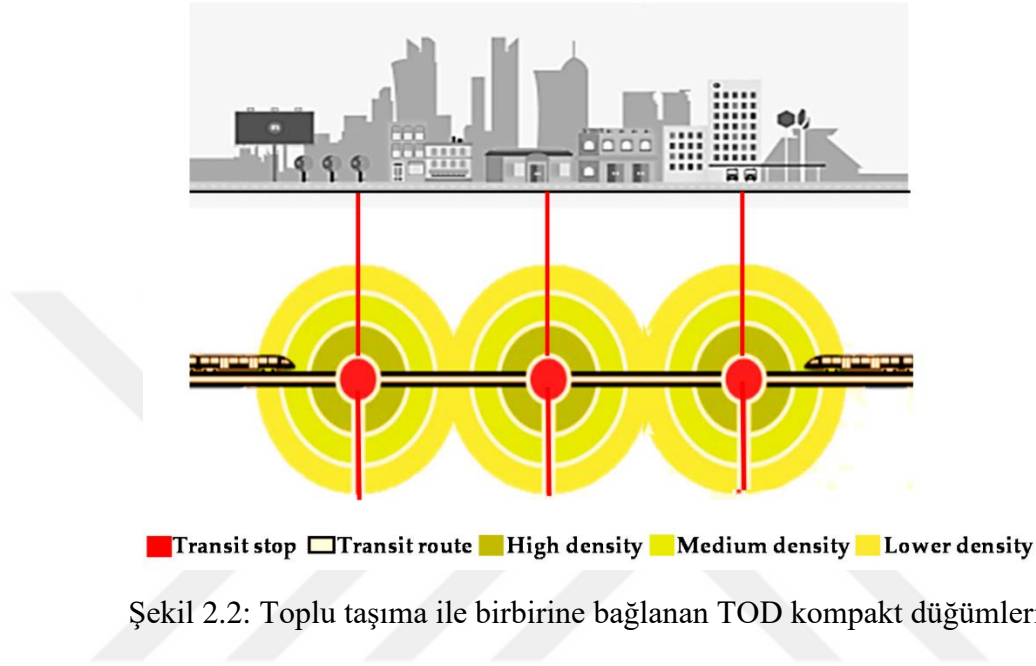
TOD, toplu taşıma istasyonuna yürüme mesafesinde, yüksek yoğunluğa sahip, karma kullanımlı gelişme sağlayan ve toplu ulaşımı teşvik eden sürdürülebilir bir kentsel gelişim modelidir (Liu and Arribas-Bel, 2020). TOD alanları toplu taşıma kullanımını en üst düzeye çıkarır ve yaya erişimini artırır (Khare et al., 2021). Ana hedeflerinden biri ise otomobil kullanımının bölgesel ve küresel ölçekteki etkisini azaltmaktır (Chatman, 2013). TOD'ların ortak özellikleri kompaktlık, bisiklet ve yaya dostu olma, istasyon çevresine yüksek arazi çeşitliliği ve kamusal alan fazlalığı olarak ön plana çıkar (Thomas et al., 2018). TOD'ların tasarımı ve planlaması için istasyonun etrafında 500-1000 m'lik yaya yarıçapı oluşturulması gerekir. 4 dakikalık bir yürüyüş 400m'ye eşdeğerdir. Bu alana karma kullanımlar, yaya yolları ve trafiği düzenleyici tasarım yer almalıdır (Şekil 2.1) (Pongprasert and Kubota, 2019).



Şekil 2.1: Transit odaklı geliştiriminin (TOD) gösterimi.

TOD alanları genellikle hafif raylı sistem istasyonları etrafında konumlanır. İstasyon çevresindeki kentsel biçimlenmeyi kontrol altına alarak sosyal, çevresel ve ekonomik fayda sağlar (Yildirim and Arefi, 2021). TOD, otomobil kullanımını yok saymadan yaya odaklı bir yaklaşım ile planlanan konut, ticaret, eğlence ve istihdam olanaklarının karma arazi kullanımı ile yüksek kaliteli kentsel gelişimi teşvik etmektedir. Kompakt bir şehir tasarımı ile toplu taşıma istasyonlarına yakınlık sağlanmaktadır (Şekil 2.2). Bu sayede toplu taşıma erişilebilir olduğundan dolayı

kullanımını artırır (Nafi et al., 2021). TOD alanları uzun vadede kentsel ulaşım sistemlerini iyileştirme ve sürdürülebilirliği sağlama konusunda olumlu etkiye sahiptir (Li et al., 2022). Kent planlamaları yapılırken sürdürülebilir stratejiler kullanılması, toplumun refahını artırır (Fauzi and Herlily, 2020).



Şekil 2.2: Toplu taşıma ile birbirine bağlanan TOD kompakt düğümleri.

TOD'un kalitesini ölçmeye odaklanan çalışmalar genellikle istasyon düzeyinde merkezlenir. Arazi kullanımı ve ekonomik göstergeler değişken olarak ele alınır ve çoklu kriter analizi kullanılarak TOD kalitesi ölçülür. TOD alanları istihdam fırsatları sunarak eğitim ve sağlık hizmetlerine erişimi kolaylaştırır. Demiryolu taşımacılığı ile özel araç bağımlılığını azaltarak enerji verimliliği sağlamada katkı sağlar. Toplu taşıma ağlarına yapılan yatırımlar ile TOD alanlarının gelişmesi sağlanarak kentlerin kalkınmasında önemli rol oynamış ve kentsel kirliliğin ve sıkışıklığın azalmasına katkı sağlanmış olur (Tamakloe et al., 2021).

Yapılı çevrede yüksek yoğunluğun olması toplu taşıma kullanımını da arttırmaktadır. Arazi kullanım çeşitliliği de seyahatleri önemli ölçüde etkilemektedir. Karma kullanım yayaları çekmektedir. Yaya yolu ve bisiklet yollarının varlığı TOD'un başarısında önemli role sahip olduğundan yaya dostu çevre tasarımında buna dikkat edilmelidir (Khare et al., 2021).

Toplu Taşıma Odaklı Gelişim'in sağladığı faydalar son dönemde ön plana çıkmaktadır. Akıllı büyümenin görünür biçimlerinden biri olan TOD, kentlerdeki trafik sorununa, erişebilirlik problemlerine ve uygun fiyatlı konut kıtlığına bir çözüm olarak görülmektedir. TOD gelişmemiş mahallelerin kalkınması için bir araç olabilir. Daha az araç kullanıp daha fazla yürüyen, daha az otomobil kullanıp bisikleti tercih eden, stresi azaltan, komşularla ve aileyle daha fazla zaman geçirme imkanı bulunan, fiziksel aktiviteleri arttıran bir ortamda yaşamak yaşam kalitesini artırır. Tüm bunlara imkan sağlayan TOD alanları daha yaşanabilir alanlar olarak kabul edilmektedir. TOD'un birincil faydaları arazinin değerinin artması, gelişme fırsatının yakalanması, ekonomik kalkınmanın sağlanması ve daha az trafik sıkışıklığı ve kirliliktir. İkincil faydalar ise yakıt tüketimi maliyetlerinin azaltılması, emlak ve satış vergilerinin artması, yayılmanın azaltılarak açık alanların korunması, yol harcamalarının ve diğer altyapı harcamalarının azaltılması, suçun azaltılması ve artan sosyal sermayeye halkın katılımı olarak sıralanabilir (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2004).

Kentsel canlılıklar ilgili çalışmalar TOD alanlarının doğal olarak kentsel canlılığı oluşturduğunu ortaya koymuştur. Yapılan çalışmalar TOD alanlarında yaşayan insanların sosyallik düzeylerinin diğerlerine göre daha fazla olduğunu söylemektedir. Ampirik kanıtlar ise TOD alanlarından uzaklaştıkça kentsel hareketliliğin azalığını kanıtlamaktadır (Xiao et al., 2021).

2.3. TOD ile İlgili Çalışmalar

TOD'un kriterleri karşılaştırılabilir görünmesine rağmen literatürde farklı örnekler arasında çeşitlilikler olduğu görülmüştür. Kavram daha çok ABD'de ele alınmış ve araştırılmıştır ancak 19. yy. sonrasında sanayileşmiş şehirlerde de yaygınlaşmıştır (Liu et al., 2022). ABD şehirlerinde toplu taşıma duraklarının etrafındaki yoğunluğa ve yayılmayı merkezileştirmeye odaklanılırken, Avrupa kentlerindeki TOD'lar mevcut mahallelerin yeniden geliştirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Hint şehirlerinde ise sürdürülebilir bir strateji olarak benimsenmiştir (Kumar et al., 2020).

Kentsel yayılmanın kontrol edilmesi için TOD iyi bir araçtır. Asya'da, Japonya'nın TOD politikalarının uygulanmasında öncülük ettiği görülmüştür. Örneğin

Tokyo’da kompakt kentsel gelişim, demiryolu hattında bulunan ana aktarma istasyonları etrafında yoğunlaşmış ve TOD bu istasyonların çevresindeki yerleşimi arttırmaya odaklanmıştır. Singapur, Güney Kore ve Hong Kong’da da benzer şekilde politikalar uygulamaya konulmuştur. Çin’de ise TOD özel araç kullanımını azaltmak amacıyla 2000 yılından beri aktif olarak desteklenmiştir. ABD, Kanada ve Avustralya gibi ülkeler TOD özelliklerini birçok projeye dahil etmişlerdir. Avrupa’da kentsel gelişmeyi ve ulaşım sistemlerini entegre etme isteği TOD’u en iyi uygulama haline getirmiştir (Tamakloe et al., 2021).

TOD alanlarını istasyon ölçeğinde veya yerel ölçekte incelemek mümkündür. Geliştirilen çeşitli projeler ise istasyon düzeyi, yerel düzey, koridor düzeyi, şehir düzeyi, bölgesel düzey ve ulusal düzey gibi farklı ölçeklerde olabilmektedir. Literatürde yapılan çalışmalarda istasyon ölçeğinde ve yerel ölçekte, ulaşım ve arazi kullanımı arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar bulunmaktadır (Zhang et al., 2019).

2.3.1. TOD Endeksi Hesaplamaya Yönelik Çalışmalar

2.3.1.1. Hindistan, Bhopal

Hindistan’ın Bhopal kentinde istasyon düzeyinde TOD’u nicel bir ölçekte incelenmiştir. Çalışmada temel olarak yedi kriter ele alınmıştır; yoğunluk, çeşitlilik, arazinin karma kullanımı, yürünebilirlik, TOD sakinlerinin seyahat davranışları, sokak deseni ve ekonomik gelişme. Seçilen kriterlere göre TOD seviyesini belirlemek için çok kriterli değerlendirme kullanılmıştır. Bu değerlendirmenin sonuçları farklı istasyonları karşılaştırmak ve sıralamak için kullanılan performans ölçümlerinin nicel değerini göstermektedir. Çalışma TOD’un Hindistan kentlerindeki seviyesinin değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalardaki boşlukları doldurması açısından önemlidir (Khare et al., 2021).

Bhopal, Hindistan’ın en yeşil kentlerinden biridir ve başkent ile idari merkez arasında kalan bir bölgedir. Çalışma alanı olarak metrobüs istasyonu belirlenmiştir. Kentsel gelişme bölgeye göre değişir, bu yüzden TOD düzeyini ölçmek için çalışma alanına göre kriterler seçilmiştir. Çalışmada arazi kullanım analizi için Google Earth uydu görüntüleri kullanılmıştır. Araç ve nüfus verisi, yol ağı, arazi kullanım tipi, konut sayısı, imar durumu gibi bilgiler ise Ulaştırma Müdürlüğü’nden alınmıştır. Birincil

veriler saha ziyareti ve hanehalkı anketinden elde edilmiştir. İstasyonun 800m çevresindeki alanda çalışmalar yapılmıştır (Khare et al., 2021).

Nüfus yoğunluğu TOD başarısını ölçmede temel kriterlerden biridir. Hektar başına düşen kişi sayısı olarak hesaplanmıştır. İstihdam yoğunluğu, nüfus yoğunluğuna benzer olarak hektar başına düşen iş sayısı olarak hesaplanmıştır. Arazi kullanım çeşitliliği ise belirlenen alandaki farklı arazi kullanımlarını ve bölgede bulunma derecelerini ifade etmektedir (Khare et al., 2021).

$$L_{ud}(i) = \sum_i QL_{ui} \times \ln(QL_{ui}) / \ln(n) \quad (2.1)$$

$$QL_{ui} = SL_{ui} / S_i \quad (2.2)$$

S_i , i 'nin toplam çalışma alanı;

SL_{ui} , TOD istasyonu i içindeki belirli arazi kullanım alanı;

QL_{ui} , TOD istasyonu i 'deki belirli arazi kullanımının payı;

n , i 'deki farklı arazi kullanımı sınıflarıdır.

Arazi kullanımı incelenirken entropi formülü kullanılmıştır. Burada 0 ile 1 arasında bir değer elde edilir. 1 değeri arazi kullanımının çok fazla olduğunu göstermektedir. 0'a yakın olması ise tek tip arazi kullanımının mevcut olduğu anlamına gelir. TOD endeksini hesaplamak için istasyon çevresinde 800m'lik yarıçapta arazi kullanımı konut, ticari, endüstriyel, kamu, gecekondü yerleşimi, eğlence ve kurumsal olmak üzere gruplara ayrılarak incelenmiştir. Karma kullanım konut kullanımı dışındaki arazi kullanımlarının, konut alanı ve diğer arazi kullanım toplamına bölünmesiyle elde edilmiştir (Khare et al., 2021).

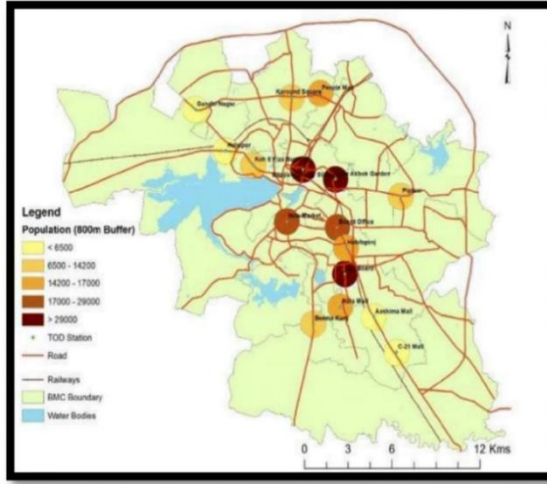
$$N_f / N_f + N_r \quad (2.3)$$

N_r , analiz alanındaki mesken kullanım sayısı

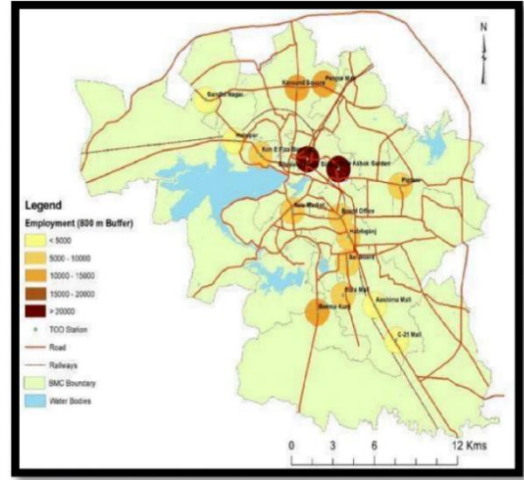
N_f , analiz alanı içindeki mesken kullanımı dışındaki diğer arazi kullanım sayısı

Karma arazi kullanım aralığı 0 ila 1 aralığıdır. 0,5 konut arazi kullanımın diğer arazi kullanımlarıyla eşit oluğunu gösteren ideal değerdir. Yürünebilir alan ise istasyona 5 dakika uzaklıktaki yürüme mesafesini gösteren alanlardır. Bhopal Şehrindeki metrobüs boyunca çalışma için seçilen performans ölümlerini gösteren harita Şekil 2.3’de yer almaktadır (Khare, Villuri, Chaurasia, & Kumari, 2021).

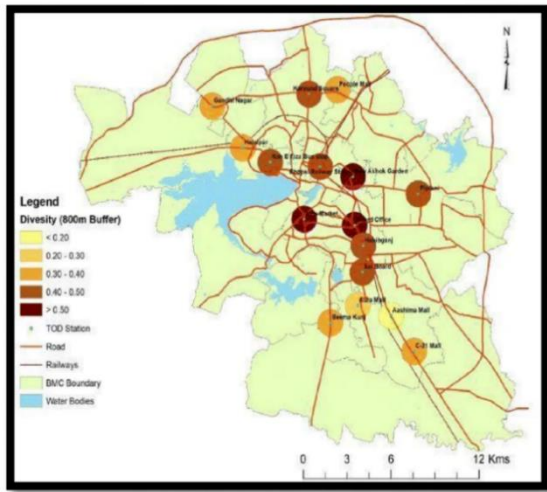




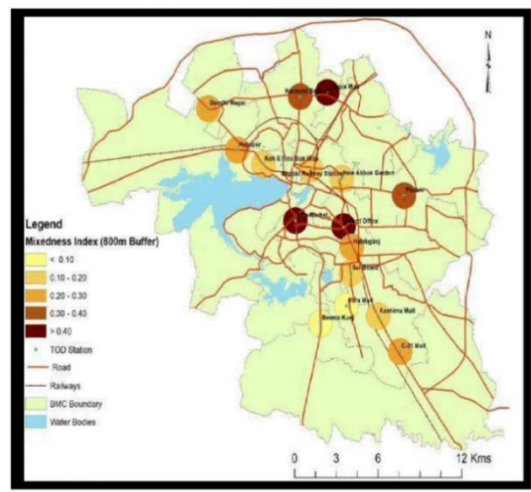
Nüfus yoğunluğu



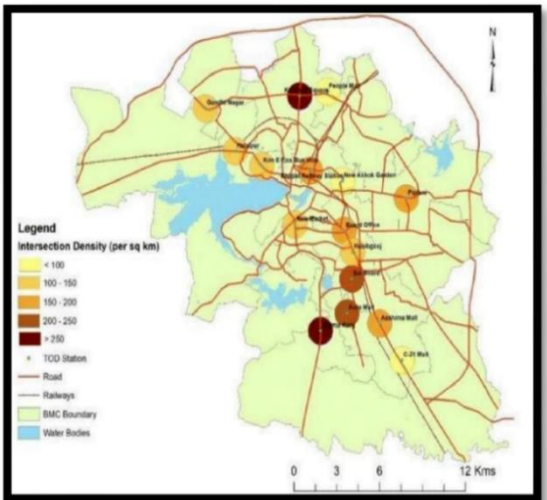
İstihdam yoğunluğu



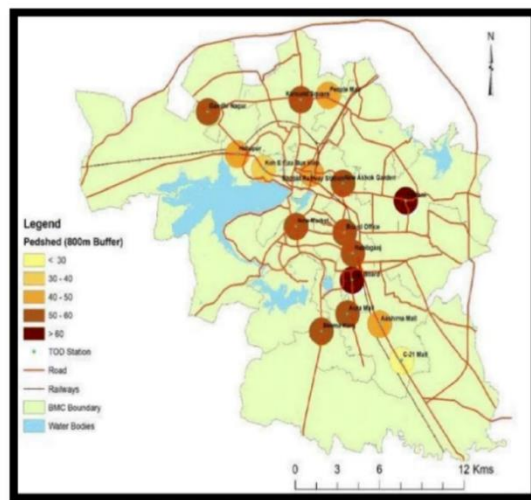
Arazi kullanım çeşitliliği



Arazinin karma kullanımı



Yürünebilir toplama alanı



Kavşak yoğunluğu

Şekil 2.3: Bhopal Şehrindeki metrobüs boyunca çalışma için seçilen performans ölçümlerini gösteren harita.

İnsanların ulaşımı nasıl kullandıklarını anlamak amacıyla seyahat davranışı çalışması yapılmıştır. Seyahat davranışlarının ölçülmesi için her istasyondan seçilen yüz kişi ile anket yapılmıştır. Anketler sonucunda seyahat davranışı ve toplu taşıma kullanım sıklığı ortaya konulmuştur. Çalışmada yayaların erişilebileceği yol uzunluğunu hesaplamak amacıyla yürünebilir yol analizi yapılmıştır. Otoyollarda yürümeye ve bisiklet kullanılmasına izin verilmediğinden dolayı analize bu alanlar dahil edilmemiştir. Kavşak yoğunluğu yürünebilirliği ve bisiklet kullanımını destekler bu sebeple kavşak yoğunluğu analizi yapılmıştır. TOD alanlarında, çevredeki insanların farklı ekonomik faaliyetlerde bulunabilmesi için ekonomik kalkınmanın iyi olması gerekmektedir bu sebeple ekonomik aktivitenin incelenmesine de yer verilmiştir (Khare et al., 2021).

İncelenen tüm kriterler çok kriterli değerlendirme yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Çok kriterli değerlendirme yönteminde kriterlerin seçiminden sonraki iki önemli adım normalizasyon ve her bir kriterin ağırlığının belirlenmesidir. Her bir kriter ölçütünün birbirinden farklı olması sebebiyle normalizasyon yapılması gereklidir. Bu çalışmada normalizasyon için maksimum minimum yöntemi kullanılmıştır. Ardından her bir kriterin ağırlığının belirlenmesi için sıra toplamı yöntemi (rank sum method) kullanılmıştır. Tüm kriterler aynı öneme sahip olmadığı için, uzmanların görüşlerine bağlı olarak TOD hesaplamalarındaki önemlerine göre sıralanmıştır. Tablo 2.1’de istasyonlara göre TOD endeks değerleri ve sıralamaları yer almaktadır (Khare et al., 2021).

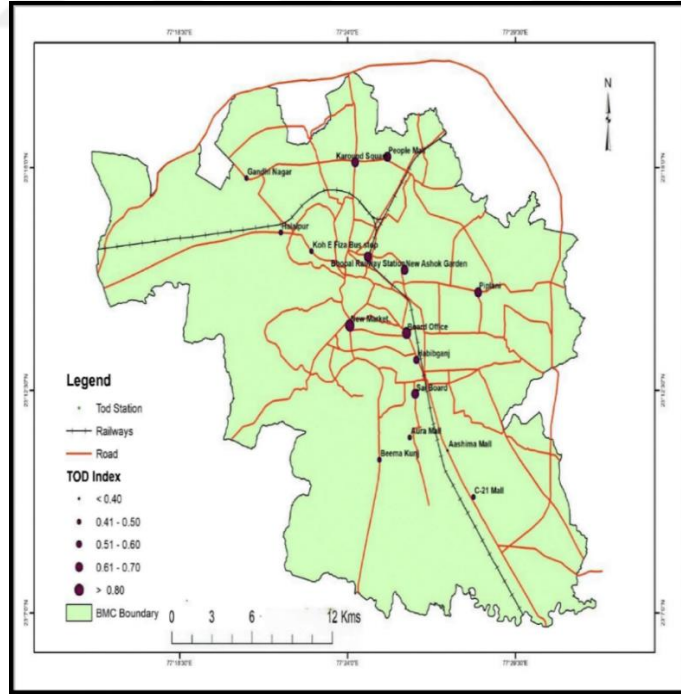
Tablo 2.1: İstasyonlara göre TOD endeks değerleri ve sıralamaları.

İstasyon Adı	TOD Endeksi	Sıralama
New Market	0.74	1
Board Office	0.71	2
New Ashok Garden	0.70	3
Piplani	0.65	4
Bhopal Railway station	0.63	5
People Mall	0.62	6
Karound Square	0.62	7
Sai Board	0.60	8

Tablo 2.1: Devam.

Habibganj	0.56	9
Gandhi Nagar	0.48	10
Koh-E-Fiza	0.48	11
Beema Kunj	0.46	12
Halalpur	0.45	13
Aura Mall	0.44	14
C-21 Mall	0.40	15
Ashima Mall	0.39	16

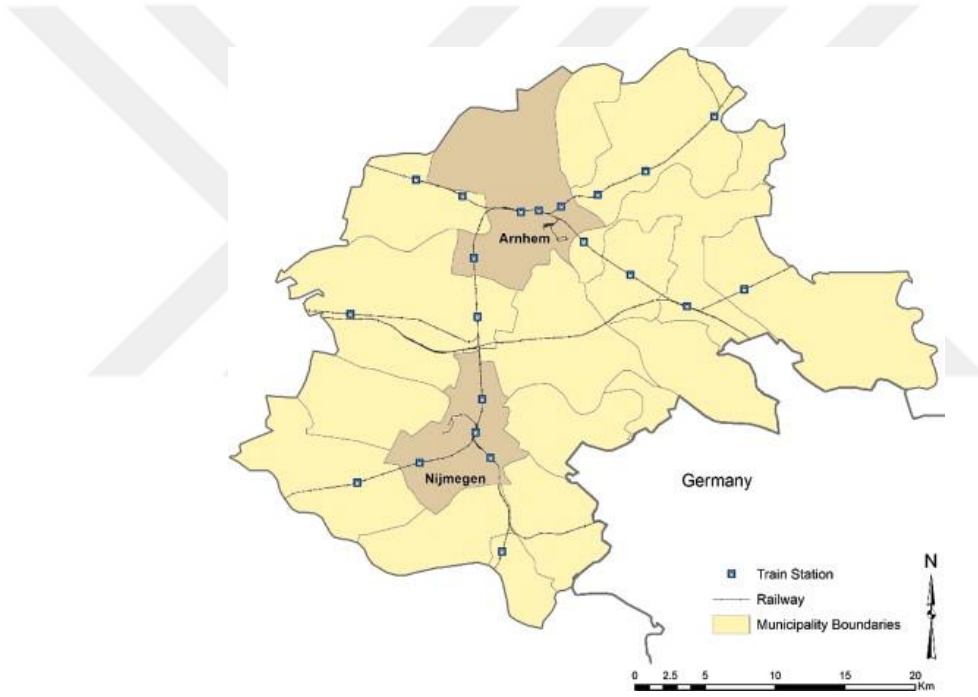
Bhopal çalışma alanı içinde seçilen 16 metrobüs istasyonu için TOD seviyesinin analizi yapılmıştır. Çok kriterli değerlendirme analizi sonucunda 16 istasyondan 8 istasyon 0,60 üzerinde değer almıştır. Sonucun 1'e yakın olması TOD puanının yüksek olduğunu göstermektedir. Şekil 2.4'te seçilen toplu taşıma istasyonlarındaki TOD seviyeleri yer almaktadır (Khare et al., 2021).



Şekil 2.4: Seçilen toplu taşıma istasyonlarındaki TOD seviyesi.

2.3.1.2. Hollanda, Arnhem ve Nijmegen Bölgesi

TOD'un Hollanda'da uzun süre önce benimsendiğini söylemek mümkündür. Hollanda kentleri genellikle yoğun toplu taşıma ve bisiklet ağları ile kompakttır. TOD bir ulaşım politikası kavramı olarak Hollanda'da popüler olmasına rağmen uygulama aşamasında çeşitli zorluklar vardır. Geliştirilen projelerden çok azı son yıllarda uygulanmıştır. Projelerin uygulandığı alanlarda ise yaşanabilirlik ve piyasa uygulanabilirliği açısından sınırlı başarılar elde etmiştir. Problemler en çok yeni yerleşim alanlarında ortaya çıkmıştır. Bölünmüş arazi mülkiyetleri, istasyon alanlarının yeniden geliştirilmesini engellemektedir (Thomas et al., 2018).



Şekil 2.5: Arnhem Nijmegen Şehir Bölgesi.

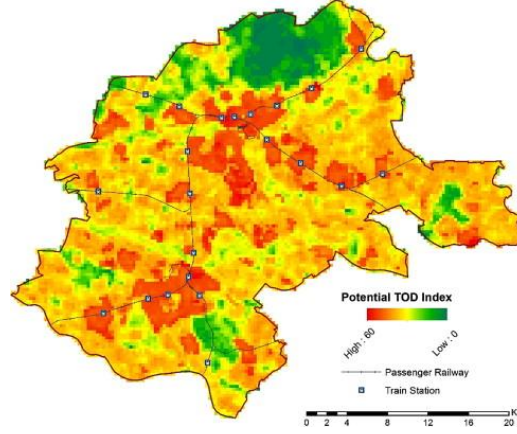
Arnhem Nijmegen Şehir Bölgesi'nin (Şekil 2.5) politik vizyonu daha fazla konut ve istihdam alanı oluşturmaya ve yüksek kentsel hareketlilik sağlamaya odaklanmıştır. Mevcutta demiryolu ulaşımı bulunmaktadır. Yolculukların otomobillerden toplu taşımaya geçişinin sağlanması oldukça zordur. Ancak TOD istenen değişikliği sağlayabilecek etkili bir araçtır. Bu nedenle TOD Planlaması için TOD endeksini hesaplama gerekliliği oluşmuştur. TOD endeksini oluşturabilecek göstergeler belirlenmiş ve kategorize edilmiştir (Singh et al., 2014).

Metodolojiye göre önce TOD kriterlerini oluşturan göstergeler belirlenmiştir. Ardından bu bireysel göstergeler ArcGIS'te mekansal olarak değerlendirilmiştir. Daha sonra Mekansal Çoklu Değerlendirme platformu kullanılarak TOD endeksine ulaşmak için yeniden değerlendirilir. Mekansal çoklu değerlendirmenin avantajları birden fazla göstergelyi değerlendirme ve karar vericiler ile paydaşların kriterler ağırlıklarını belirlemesine izin verme imkanı sağlamasıdır. Bu çalışmada TOD endeksi bir toplu taşıma sistemi olan tren sistemi ölçeğinde incelenmiştir (Singh et al., 2014).

Potansiyel TOD endeksini ölçmek için yoğunluk, arazi kullanım çeşitliliği, kentsel alan tasarımı ve ekonomik gelişmişlik seviyesi kriterleri kullanılmıştır. TOD'un temel amacı olan ulaşımın etkin kullanımı için arazi kullanım çeşitliliği ve kentsel yoğunluklar önemlidir. Aynı zamanda kentsel tasarım da yürünebilir ve bisiklete binilebilir alanların oluşturulması için büyük önem taşımaktadır. Seyahat talebi oluşturmak için ise ekonomik kalkınma gereklidir (Singh et al., 2014).

Arazi kullanım çeşitliliğinin fazla olması günün her saatinde yolcu akışının canlı olmasını sağlar. Farklı arazi kullanımlarının olduğu alanların daha canlı, güvenli ve insanlar arası etkileşimi teşvik edici alanlar olduğu varsayılabilir. Arazi kullanım çeşitliliği entropi formülü kullanılarak ölçülür. Formül yalnızca birden fazla arazi kullanımının mevcut olduğu alanlarda kullanılabilir. Karmalık oranını belirlemek için karmalık oranı formülü kullanılmıştır. Ekonomik aktiviteler ise daha fazla seyahat talebi bunun sonucunda da daha yüksek TOD seviyesini göstermektedir. İşyeri sayısı CBS verileri kullanılarak haritalanmıştır. Beklendiği gibi kentsel alanlarda işyeri sayısı daha fazla olduğu görülmüştür (Singh et al., 2014).

İncelenen göstergeler öncelikle standardize edilmiş ve TOD kavramındaki önemlerine göre ağırlıklandırılmıştır. Ağırlıklar, göstergeler ile TOD arasındaki ilişkinin ortaya konulmasını sağladıkları için önemlidir. Normalizasyon yapılırken fayda maliyet yöntemi kullanılmıştır. Ağırlıkların belirlenmesinde ise sıra toplamı yöntemi kullanılmıştır. TOD endeks değerini bulmak için standartlaştırılmış gösterge değeri ağırlık ile çarpılarak sonuç elde edilmiştir (Şekil 2.6) (Singh et al., 2014).



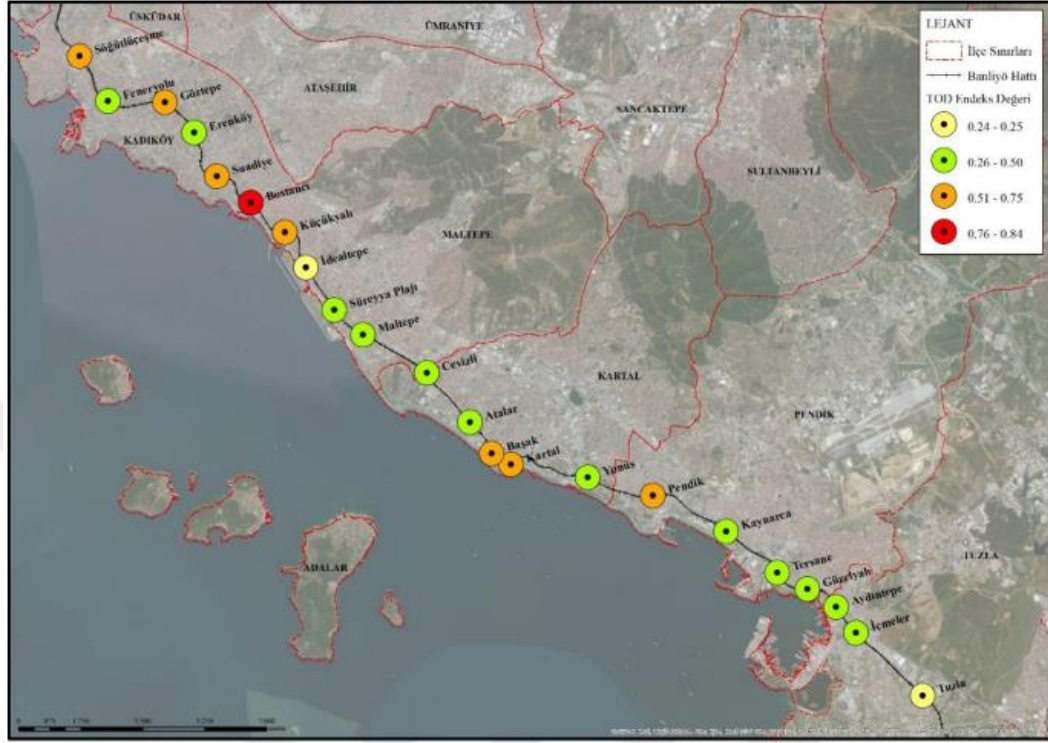
Şekil 2.6: Arnhem Nijmegen Şehir Bölgesi'ndeki Potansiyel TOD Endeksleri.

Yüksek TOD endeksin sahip olan alanların kentsel alanlarda ve toplu taşıma istasyonu yakınında olduğu görülmektedir (Singh, Fard, Zuidgeest, Brussel, & Maarseveen, 2014).

2.3.1.3. Türkiye, İstanbul

Çalışma kapsamında İstanbul'da bulunan Marmaray hattının Anadolu Yakası'nda bulunan istasyonlar incelenmiştir. İstasyonların etrafındaki 1000 metre yarıçaplı alanda incelemeler yapılmıştır. İncelenen parametreler yoğunluk, çeşitlilik, erişilebilirlik ve tasarım ve toplu ulaşım sistemlerine mesafe kategorileri altında gruplandırılarak incelenmiştir. Parametrelerin incelenmesi çeşitli yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örneğin arazi kullanım çeşitliliği entropi formülü ile hesaplanırken, nüfus verisi mahalle bazlı olarak alınıp her istasyon için çalışma alanı ile kesişen mahallelerin toplam alana ve nüfuslarının çalışma için belirlenen alana oranlanmasıyla nüfus yoğunluğu hesaplanmıştır. Hesaplanan bu parametreler AHP yöntemi ile bütünleştirilerek tek bir TOD endeks değeri elde edilmiştir. AHP ile ağırlıkların belirlenmesi uzman kişilerle yapılan görüşmeler sonucunda elde edilir ancak bu çalışmada uzman görüşmeleri gerçekleştirilmemiş, literatürde yer alan örneklerde verilmiş olan ağırlıkların ortalama değerleri işleme alınmıştır. Bu sayede her kriterin ağırlık değerleri bulunmuştur. İncelenen parametrelerin AHP yöntemiyle işleme alınabilmesi için standartlaştırmaları yapılmıştır. Standartlaştırma maksimum-minimum yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Son olarak TOD endeksinin hesaplanmıştır. Yapılan işlemler sonucunda en yüksek TOD değerine sahip istasyon

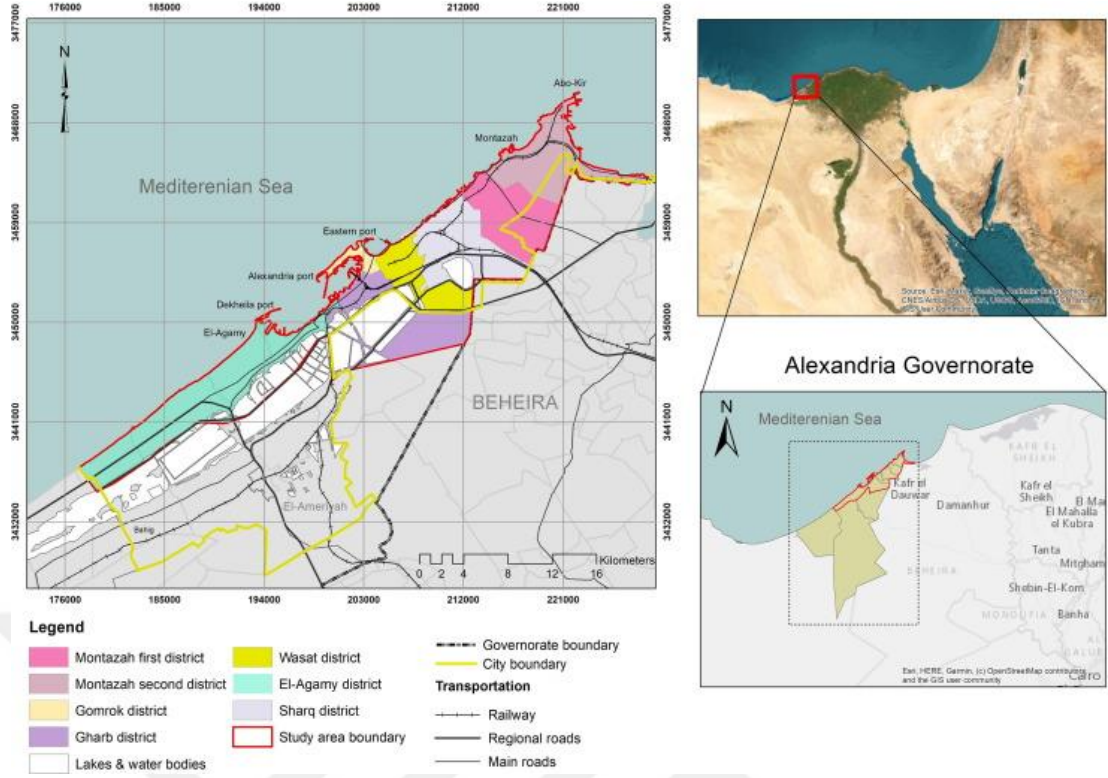
Bostancı olurken en düşük değere sahip istasyon ise Tuzla olarak belirlenmiştir (Şekil 2.7) (Pilatin, 2019).



Şekil 2.7: Marmaray Hattı Anadolu istasyonlarının belirlenen aralıklara göre TOD endeksleri.

2.3.1.4. Mısır – İskenderiye

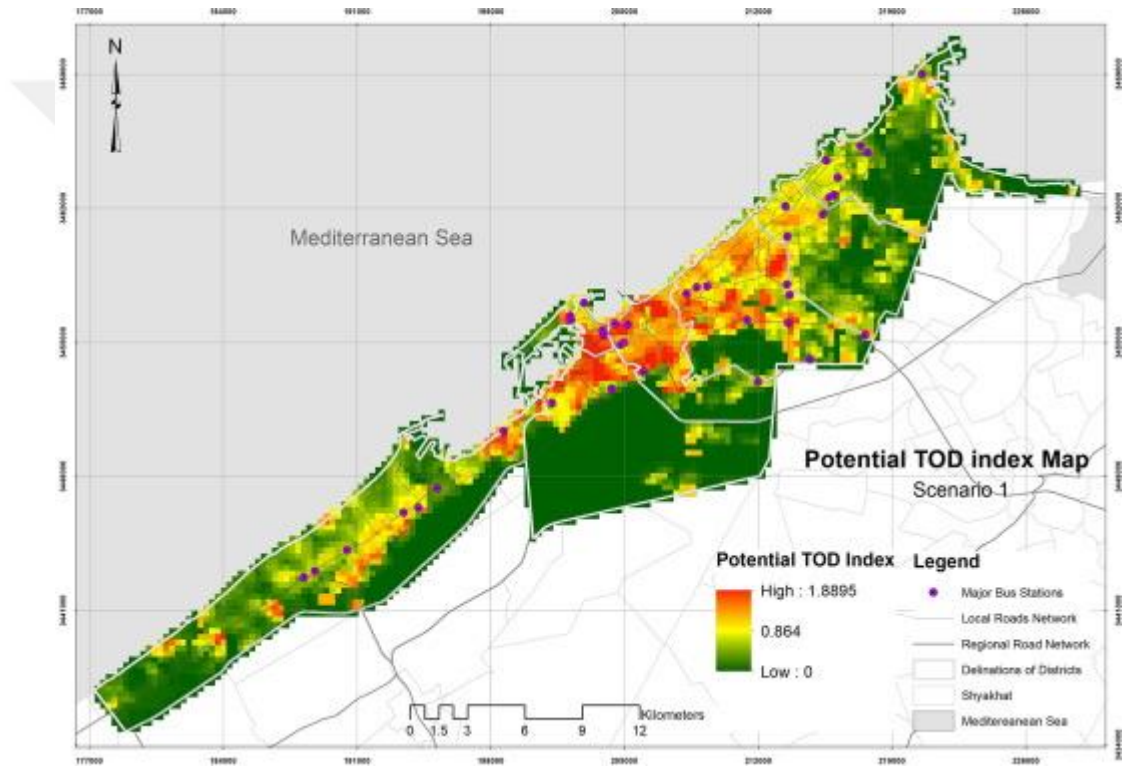
Çalışma kapsamında Mısır'ın en büyük üçüncü şehri olan İskenderiye'de TOD için potansiyel alanların belirlenmesi ve önceliklendirilmesi amaçlanmıştır (Şekil 2.8) (İbrahim et al., 2023).



Şekil 2.8: Mısır-İskenderiye Çalışma alanı.

İncelemeler ArcGIS programında 300x300m²'lik hücre boyutu seçilerek yapılmıştır. TOD endeksinin hesaplanması için kullanılan kriterler yoğunluk, çeşitlilik, tasarım ve ekonomik gelişme olarak belirlenmiştir. Tüm kriter hesaplamalarından sonra ArcGIS programında her ızgara hücresi TOD endeksinin değerini hesaplamak için toplu olarak incelenmiştir. Mekansal çok kriterli analizin yapılabilmesi için göstergeler maksimuma oranlama yöntemi ile standardize edilmiştir. Bu yöntemde gösterge değerlerini 1 en yüksek değeri temsil edecek şekilde 0 ile 1 arasında değişen standartlaştırılmış değerlere çevirmek için kullanılmaktadır. Bu çalışmada her piksel maksimum değere bölünerek standartlaştırılmıştır. Sonraki aşamada standart hale getirilen değerler göreceli önem değerlerine göre ağırlıklandırılmıştır. Göreceli önem derecelerinin belirlenmesi için uzmanlara kriterleri belirlemek ve 1'den 10'a kadar bir ölçekte sıralamak için anket yapılmıştır. Kriter ağırlıklarını belirlerken sıra toplamı yöntemi (rank sum method) kullanılmıştır. Ağırlıkların belirlenmesinin ardından göstergenin standardize edilmiş değerinin her bir değişkene ait ağırlık ile çarpımları toplanarak her ızgara hücresi için tek bir TOD endeks değeri hesaplanmıştır. Mekânsal çok kriterli analiz kullanıldığında potansiyel TOD endeksi sonuçlarının göstergelerin ağırlıklarına ve kullanılan standardizasyon

yöntemine bağlı olduğu görülmüştür. Bundan dolayı sonuçların doğruluğunu değerlendirmek ve ağırlık değişikliklerinin TOD endeksini anlamlı bir şekilde etkileyip etkilemediğini belirlemek amacıyla duyarlılık analizi yapılmıştır. Duyarlılık analizi üç senaryoda gerçekleştirilmiştir. İlk senaryo çalışmada kullanılan çok kriterli karar verme yöntemi sonuçlarını, ikinci senaryo Sing ve diğerleri tarafından bir paydaş çalışması sonucunda elde edilen ağırlıklandırma değerlerini, üçüncü senaryo ise tüm göstergelerin aynı ağırlığa sahip olduğu durumdaki sonuçları göstermektedir (İbrahim et al., 2023).



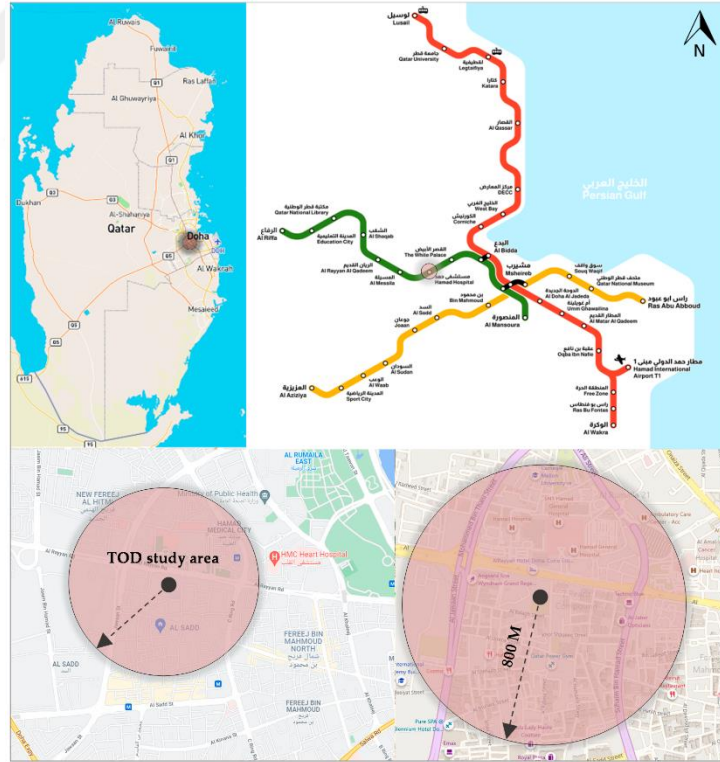
Şekil 2.9: Mısır-İskenderiye Potansiyel TOD alanları.

Çalışma sonucu, aynı normalizasyon yöntemine, farklı ağırlıklar ve çok kriterli karar verme yöntemine göre üretilmiş ve potansiyel TOD alanları belirlenmiştir (Şekil 2.9). TOD endeks değerleri incelendiğinde yöntemlere göre küçük değişiklikler olsa da önemli ölçüde gözlenecek bir farklılık olmadığı görülmüştür (İbrahim et al., 2023).

2.3.2. TOD Alanlarının Çevresel ve Ekolojik Etkilerini İnceleyen Çalışmalar

2.3.2.1. Katar, Doha

Katar son yıllarda hızlı bir ekonomik ve kentsel gelişim yaşamıştır. Küreselleşmeyle birlikte altyapısı gelişmiş, geleneksel şehir yapısı yerini modern yapılarla bırakmıştır. Bu sürecin bir parçası olarak Doha'nın Merkezi İş Bölgesi kurulmuş ve ticari binalar şehrin tamamına yayılmıştır. Doha metro ağı, "Metrobüs" (BRT) ve "Hafif Raylı Sistem" (LRT) sistemleriyle desteklenerek, şehrin ana merkezlerinde geçiş alanları oluşturacak şekilde tasarlanmıştır. Al Sadd çalışma alanı Hamad Hastanesi metro istasyonunun çevresindeki 800m'lik yarıçap içinde yer alan bölgeyi kapsamaktadır (Şekil 2.10) (Nafi et al., 2021).



Şekil 2.10: Doha içindeki Al Sadd bölgesini ve Hamad Hastanesi metro istasyonunu gösteren konum haritaları.

2.3.2.2. Singapur

Sürdürülebilir kalkınma ve yeşil şehircilikten etkilenen yeşil geçiş odaklı geliştirme TOD modelinin bir evrimidir. Çalışma kapsamında Yeşil TOD yapılı çevresi için bir değerlendirme modeli yapılı çevre çerçevesinde geliştirilerek yeşil şehircilik teorileriyle birleştirilmiştir. Singapur’da bulunan 23 tren istasyonundan veri toplanarak faktör ve küme analizi kullanılarak analiz edilmiştir (Niu et al., 2021).

Çalışmada Yeşil TOD yapılı çevre için değişken bir sistem geliştirilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişki Singapur’daki 23 istasyonun 500 m yarıçapındaki alanda anket verilerinin faktör ve küme analizi ortaya konmuştur. Beş faktör (mahalle mekânsal biçim faktörü, tesis eksiksizliği faktörü, açık alan faktörü, yüksek yoğunluklu karma arazi kullanım faktörü ve yürüme kolaylığı faktörü) ve 13 değişken elde edilmiştir. Bu beş faktör Yeşil TOD’un ana boyutlarını oluşturmuştur. Her istasyon alanı bu faktörlere göre performansı yansıtan bir puana göre sıralanmıştır. Çalışma sonuçları yeşil TOD yapılı çevresinin çok faktörlü bağlantı ve entegrasyona sahip olduğunu göstermiştir (Niu et al., 2021).

2.3.2.3. Endonezya, Bogor

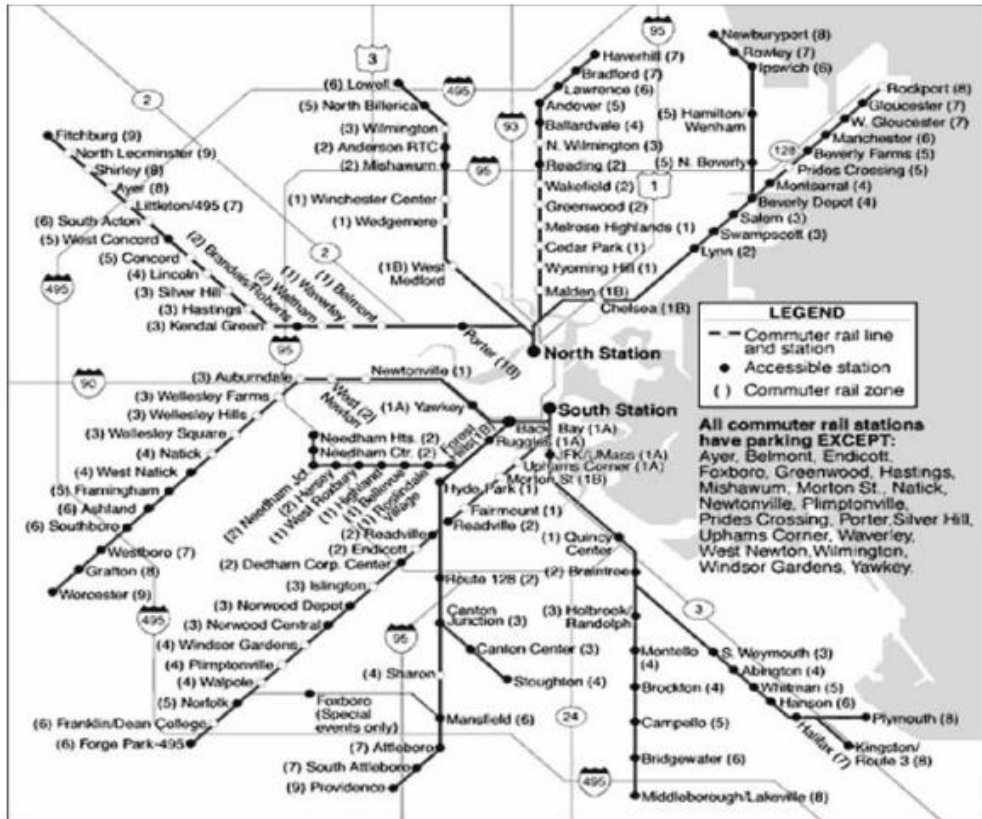
Susetyarto (2020) çalışmada, Endonezya’nın Bogor kentini incelemiştir. Bogor İstasyonu alanı yüksek yolcu yoğunluğuna ve yoğun ticari faaliyetlere sahiptir. Ancak çevresindeki arazi kullanım düzenlemesi yayalar ve toplu taşıma kullanan yolcular güvenli ve konforlu değildir. Bu nedenle çalışmada Bogor İstasyonu’ndan hareket edecek yolcuların konforlu ve güvenli bir yolculuk yapmalarını sağlamak amacıyla TOD alanı geliştirilmek istenmiştir. Senteze dayalı bir mimari model ile kentsel gelişim uzmanları tarafından bir simülasyon ve değerlendirme yapılmış ve sonuçlar bir sonraki modellemeye temel oluşturmuştur. Kullanılan deneysel araştırma yöntemleri Bogor İstasyon alanında TOD alanı geliştirmek için gerekli olduğu düşünülen tasarım modellerini elde etmek amacıyla kullanılmıştır. Değerlendirme kriterleri yaya hareketliliğinin kolaylığı, kentsel alanın tüm toplum seviyeleri için karşılanabilirliği, kentsel altyapıya eşit erişim hakkı, otomobile bağımlılığı azaltmak ve kirliliğin azaltılması olarak belirlenmiştir. Çalışmada yöntem olarak davranış

haritalama ve analizi ve deneysel tasarım süreci kullanılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda tasarım kriterleri belirlenerek model oluşturulmuştur (Susetyarto, 2020).

2.3.3. TOD ve Kalkınma ile İlgili Çalışmalar

2.3.3.1. Amerika Birleşik Devletleri, Boston

Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nin en eski şehirlerinden biri olan Boston'un, TOD ilkeleri doğrultusunda geliştirilmiş geleneksel bir yerleşim planı vardır. Ancak 1960'lardan sonra burada da tüm ABD şehirleri gibi otoyollar önem kazanmıştır. TOD'un yeniden canlanması ise kamu görevlilerinin Boston'un geleneksel mahalle havasını korumasını istemeleriyle başlamıştır. TOD'un canlanmasındaki ikinci önemli karar ise banliyö demir hatlarının yeniden açılarak, mevcut hatların yenilenmesi ve yeni demiryolu araçları alınması olmuştur (Şekil 2.12). Son olarak park yeri inşa edilmesini engelleyen kararların alınması ile yaya erişebilirliği otomobil kullanımının önüne geçilmiş ve TOD desteklenmiştir (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2004).

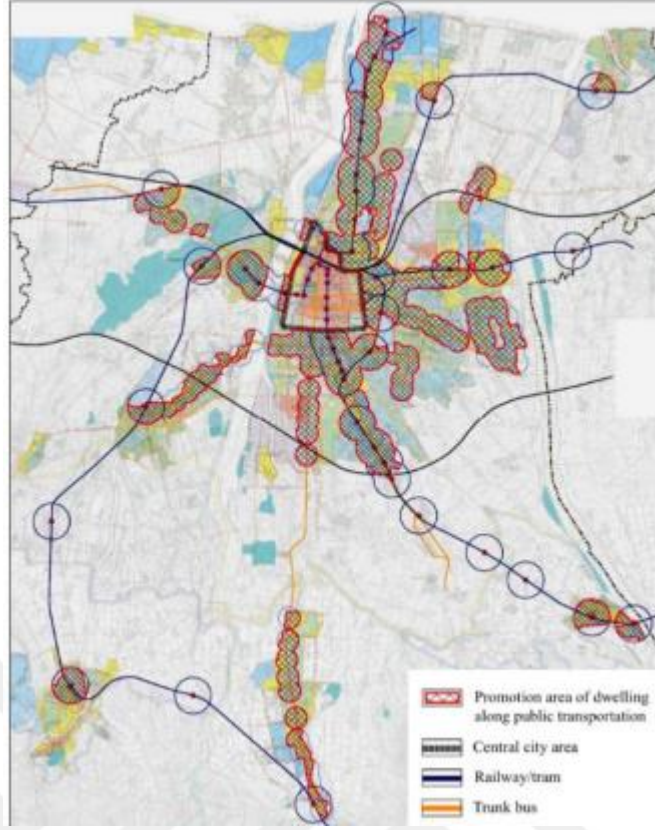


Şekil 2.12: Boston Banliyö-Demiryolu Haritası.

Boston toplu taşıma odaklı olarak gelişen ve yoğunlukla tramvay hatları etrafında yayılan kentsel dokusunu korumanın yollarını bulduğu için TOD hakkında özel planlar yapmasına gerek olmamıştır. Bu nedenle Boston şehir plancıları, geliştirilen TOD planlarını takip etmek yerine mevcuttaki sistemin toplu taşıma odaklı bir şekilde işlemeye devam etmesini sağlamak için çalışmaktadır (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2004).

2.3.3.2. Japonya, Toyama

Japonya'nın Toyama kenti Toyama Eyaleti'nin başkentidir. 2005 yılında, kapladığı alan açısından Japonya'nın en büyük 15. kenti olmuştur. Kentsel gelişim planı son dönemlerde değiştirilerek kompakt gelişim olarak benimsenmiştir. Düşük yoğunluklu kentsel gelişimin, otomobillere bağımlılığın, idari maliyetlerdeki artışın ve hava kirliliğinin artması nedeniyle kompakt şehir politikaları izlenmeye başlanmıştır. Kompakt şehir politikalarının başında TOD gelmektedir (Şekil 2.13). Toyama şehrinde TOD'un üç temel amacı vardır; toplu taşımanın güçlendirilmesi, gelişimin düzenlenmesi ve şehir merkezinin canlandırılması. Bu üç temel amaca yönelik planlamalar yapılarak Toyama kentinde TOD alanları geliştirmek için çalışmalar yapılmıştır. TOD alanı geliştirmek küresel düşük karbonlu ve kompakt bir şehir olarak gelişmesini sağladığı için Toyama'ya faydalı olmuştur (Kidokoro, 2019).



Şekil 2.13: Toyama TOD Politikaları.

2.3.3.3. Endonezya, Semarang

Kristianto (2020) çalışmasında Semarang'daki TOD potansiyel alanını belirleyerek TOD alanı geliştirmek ve gelişim yönünü formüle etmeyi amaçlamıştır. Analitik yöntem olarak harita yerleşimi tarafından desteklenen nicel tanımlayıcı bir yöntem kullanılmıştır. Birincil veriler görüşmeler, anketler ve saha gözlemleri yoluyla, ikincil veriler ise kurumlardan ve ilgili literatürden edinilen bilgiler olarak belirlenmiştir. TOD analizi yapılarak bölgesel potansiyel sınıflandırılmış, TOD geliştirme ihtiyaçları analiz edilmiş ve TOD alanının somutlaştırılması analizi yapılmıştır. Semarang Şehrinde TOD'nin uygulanmasına yönelik potansiyel alanlar, çeşitli kriterler kullanılarak belirlenmiştir. Daha sonra kriterlerden ağırlıklandırma ve puanlama analizi yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda kentteki potansiyel TOD alanı Simpanglima Bölgesi olmuştur. Simpanglima Bölgesi Semarang'daki merkezi iş alanıdır. Yüksek nüfus yoğunluğuna ve karma arazi kullanımına sahiptir. Simpanglima Bölgesi'nde TOD alanı geliştirilmesine yönelik yönergeler toplu taşımanın kullanımının artmasıyla sürdürülebilir hareketliliğin teşvik edilmesi ve bölgesel kalkınmanın sağlanması, transit noktalara ulaşımın geliştirilmesi, yeşil alan

sağlanması, yaya ve bisikletliler için konfor ve güvenlik önlemlerinin alınması gibi önerilerle belirlenmiştir (Kristianto, 2020).

2.4. İstanbul'da Toplu Taşıma

İstanbul avantajlı bir coğrafi bölgede konumlanan, nüfusu, ekonomik üretimi, tarihi ve doğal güzellikleri, denizle iç içe olması ve turistik potansiyeli sayesinde dünyanın sayılı metropolleridir.

19. yüzyılda kent nüfusunda ciddi artış yaşanmış, yeni konut ve işyeri bölgelerinin ortaya çıkışıyla kentler fiziksel olarak büyümüştür. Kentlerin fiziksel olarak büyümesinin sonucu olarak kent içi ulaşım araçları kent hayatında önemli bir rol üstlenmiştir. Bu açıdan ele alındığında İstanbul'un büyümesinde toplu ulaşım sistemlerinin temel etmenlerden biri olduğu görülmektedir (Bozkurt, 2010).

İstanbul'un coğrafi konumunun avantajı sayesinde 19 yüzyılın başlarından beri aktif bir şekilde kent içi ulaşımında deniz ulaşımını kullanılmaktadır (Bozkurt, 2010). İstanbul'da kentsel yayılmanın kontrol altına alınması için kara ulaşımının planlanması gerekmektedir. Sokakların dar olması, bu sebeple araç geçişini zorlaştırması kara ulaşımında başlıca problemlerden biri olmuştur. 1871 yılında Azapkapı ile Beşiktaş arasında işletmeye açılmış olan atlı tramvay hattı İstanbul'da karadaki ilk toplu taşıma aracı olma özelliğine sahiptir (Bozkurt, 2010). Aynı dönemde tünel ve banliyö trenlerinin kullanılmaya başlanması kentin biçimi şekillendirmeye başlamıştır. 1874 yılında Tünel ile Karaköy arasında tünel içinde açılan hat dünyanın ilk raylı sistemlerinden biri olmuştur. 1914 yılında elektrikli tramvay sisteminin yayılması da İstanbul'un gelişiminde belirleyici bir etmen olmuştur. 1942'de otobüs taşımacılığında önemli gelişmeler kaydedilmiştir. 1973 yılında Boğaziçi Köprüsü'nün açılmasıyla İstanbul ulaşımına yeni bir dönem başlamıştır. İstanbul'un modern özelliklere sahip ilk kentsel raylı sistemi Aksaray-Ferhatpaşa arasında hızlı tramvay adıyla işletilmiştir. Hatta daha sonra geliştirmeler yapılmıştır. Hızlı tramvaya uzatması olarak Otogar, Davutpaşa, Merter, Belpa, Bakırköy, Bahçelievler, Şirinevler ve Yenibosna durakları işletmeye açılmıştır (Evren, 2001). Hat 2002 itibarıyla Atatürk Havaalanı'na kadar uzatılmıştır. Hafif metro hattı olarak güncellenen ve M1A hat numarasıyla adlandırılan bu hat günümüzde İstanbul'da önemli bir toplu taşıma hattı olarak işlevini sürdürmektedir (Karakoç, 2015).

2000’li yıllarda İstanbul toplu taşımadaki önemli gelişmelerden biri metrobüs hattının kullanıma açılması olmuştur. D100 Karayolu üzerinde konumlanan metrobüs hattıyla, İstanbul’un artan trafik sorununa bir çözüm aranmıştır. 2012’de metrobüs hattının uzunluğu 52 km’ye ulaşmıştır. Şehir içi toplu taşımada önemli olan bir diğer proje ise Marmaray Projesi’dir. Proje sayesinde Halkalı’dan Gebze’ye ulaşan modern ve yüksek kapasiteli banliyö hattı kullanıma açılmıştır. Marmaray’ın önemli bir özelliği ise İstanbul Boğazı’nın altından bir tünelle geçiyor olmasıdır. Hat Kazlıçeşme istasyonunda yer altına inmekte, Yenikapı ve Sirkeci istasyonlarını geçerek Asya kıtasında Üsküdar istasyonuna ulaşmakta sonrasına ise Söğütlüçeşme’de tekrar yüzeye çıkmaktadır (Karakoç, 2015).

Günümüzde İstanbul’da ulaşım ağı karayolu ağırlıklı olarak gelişmektedir. İstanbul metro, tramvay, metrobüs, otobüs, minibüs ve Marmaray başta olmak üzere geniş bir toplu taşıma ağına sahiptir. Bu ağların birbirleriyle entegre şekilde geliştirilmesi toplu taşımayı desteklemektedir. Mevcut ulaşım ağları incelendiğinde toplu taşıma odaklı gelişim belirli güzergahlar boyunca merkezi iş alanları çevresinde geliştiği söylenebilir (Kırkık Aydemir, 2018). Planlı olarak TOD ilkeleri kapsamında bir toplu taşıma güzergahı bulunmamasına rağmen mevcut hatlar bu kriterlere göre incelenerek gerekli düzenlemeler yapılabilir. Yeni ulaşım sistemleri kurulurken TOD kriterlerine yönelik planlamalar yapılması İstanbul’un trafik problemini azaltmaya yardımcı olabilir.

2.5. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Kişiler tarafından farklı alternatifler sonucu yapılan seçim karar olarak tanımlanmaktadır. Çok kriterli karar verme problemleri, birden fazla kriterin normalize edildiği, çözüm setleri içerisinde en uygun alternatifin seçildiği problemler olarak tanımlanabilir. Karar verici, problem çözümünde en uygun yöntemi seçmelidir (Dalbudak and Rençber, 2022).

Çok kriterli bir karar verme probleminde kriter ağırlıklarını belirlemek için birçok farklı yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler arasında en eski ve en yaygın olarak bilinen yöntem ağırlıklı toplam (WSM) yöntemidir. Başka bir yöntem olan Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process, AHP) 1977’de Thomas L. Saaty

tarafından geliştirildikten sonra çoğu çok kriterli karar verme tekniğinde popüler yöntemlerden biri haline gelmiştir (Odu, 2019).

Ağırlıkların sınıflandırması; öznel, nesnel ve entegre veya kombine ağırlıklandırma yaklaşımı olmak üzere üç kategoriye ayrılmaktadır (Tablo 2.2). Öznel ağırlık belirleme, uzman görüşüne dayanır. Öznel yargıları belirlemek amacıyla karar vericilere sorular sorar. Genellikle zaman alıcı bir süreçtir. Objektif ağırlıklandırma yönteminde ise kriterlere ait aralıklar, karar vericinin müdahalesi dikkate alınmadan, matematiksel modeller ile her bir kritere ait bilgilerden elde edilir. Entegre ağırlıklandırma yöntemi ise nesnel ağırlıklandırma ve öznel ağırlıklandırma yöntemlerinin birleşimine dayanan bir yöntemdir (Odu, 2019).

Tablo 2.2: Ağırlıklandırma yöntemlerinin sınıflandırılması.

Sübjektif Ağırlıklandırma Yöntemleri	Objektif Ağırlıklandırma Yöntemleri	Entegre Ağırlıklandırma Yöntemleri
Puan tahsisi	Entropi yöntemi	Çarpma sentezi
Doğrudan derecelendirme	Kriterler Arası Önemi Korelasyon (CRITIC)	Katkı sentezi
İkili karşılaştırma (AHS)	Ortalama ağırlık	Kareler toplamına dayalı optimum ağırlıklandırma
Sıralama yöntemi	Standart sapma	İlişkisel derecelendirme katsayısına dayalı optimal ağırlıklandırma
Oran yöntemi	İstatistiksel varyans prosedürü	
Swing yöntemi		
Delphi yöntemi		
Nominal grup tekniği		
Basit Çok Özellik Sıralaması		
Tekniği (SMART)		

Tablo 2.2’de en sık kullanılan sübjektif ağırlıklandırma yöntemleri yer almaktadır. Puan tahsisi yöntemi, kriterlerin önceliğine göre kriter ağırlıklarını belirlemek için kullanılan en basit yöntemlerden biridir. Her bir kriter için belirli sayıda puan tahsis edilir. Bir kriter ne kadar çok puan alırsa önemi o kadar fazladır. Karar verici incelenen kriterlerin ağırlıkları toplamı 100 olacak şekilde puanlandırma yapar. Bu yöntemin kullanılmasından elde edilen ağırlıklar kesin değildir. Kriter sayısının altı veya altıdan fazla olduğu durumlarda yöntemin kullanılması zorlaşmaktadır. Doğrudan derecelendirme yöntemi, karar verici tarafından tüm kriterlerin önemlerine göre sıralandığı bir yöntemdir. Sabit puanlı olmadığından dolayı karar vericiyi kısıtlamaz. Herhangi bir kriterin önemini, diğer kriterlerini ağırlıklarını ayarlamadan değiştirmek mümkündür (Odu, 2019).

İkili karşılaştırmalar yöntemi, kriterlerin büyük ölçüde farklı olup olmadığını belirlemek için çoklu popülasyonları çiftler halinde incelemek için kullanılır. Bir kriterin diğerine göre tercih değerinin belirlenmesine yardımcı olmak için sıralı ölçek (1-9) kullanılmaktadır. İkili karşılaştırmalara dayalı en yaygın kullanılan yöntem Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemidir (Odu, 2019).

Sıralama yöntemi, kriter ağırlıklarını belirlemek için kullanılan en basit yöntemlerden biridir. Kriterler, en iyiden en kötüye doğru sıralanır. Oran ağırlıklandırma yönteminde ise en az önemli kriterle on değeri, diğer kriterlere ise onun katları verilir. Daha sonra ağırlıklar bire eşit olacak şekilde normalleştirilir (Odu, 2019). Swing yöntemi kriter ağırlıklarını belirlemede yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem alternatiflerin kıyaslanmasına dayanmaktadır. Belirlenen her kriter için o kriterin en iyi, diğer kriterlerinde en kötü seviyede olduğu bir alternatif oluşturulur (Tuncer Şakar & Yet, 2018). Nominal grup tekniği, konuyla ilgili fikir üretmek için grup üyelerinin eşit katılımına ihtiyaç uyulan bir yöntemdir. SMART yöntemi, alternatiflerin derecelendirilmesi ve kriterlerin ağırlıklandırılması olarak tanımlanmıştır (Odu, 2019).

Nesnel ağırlıklandırma yöntemlerinde, karar vericinin etkisi olmadan ağırlıkları belirlemek için matematiksel fonksiyon kullanılarak her bir kriterden toplanan bilgiler türetilir. Entropi yöntemi belirli bir problemdeki ağırlığı değerlendirmek için kullanılır. Önceden tanımlanmış bir karar matrisine dayanarak çalışır. Standart sapma yönteminde kriter ağırlıkları standart sapma açısından belirlenir (Odu, 2019). CRITIC

yöntemi ise değişkenlerin değerlendirildiği kriterlerde bulunan bilgilerin belirlenmesi için karar matrisinin analitik testine dayanır. Ağırlıkların belirlenmesinde, kriterlerin standart sapmaları ve kriterler arası korelasyon dikkate alınmaktadır (Erikli & Türkoğlu, 2020). Entegre ağırlıklandırma yöntemlerinde ise kriter ağırlıkları hem öznел hem de nesnel verilerden oluşur.



3. İSTANBUL M1A YENİKAPI-ATATÜRK HAVALİMANI METRO HATTININ TOD KRİTERLERİ KAPSAMINDA İNCELENMESİ

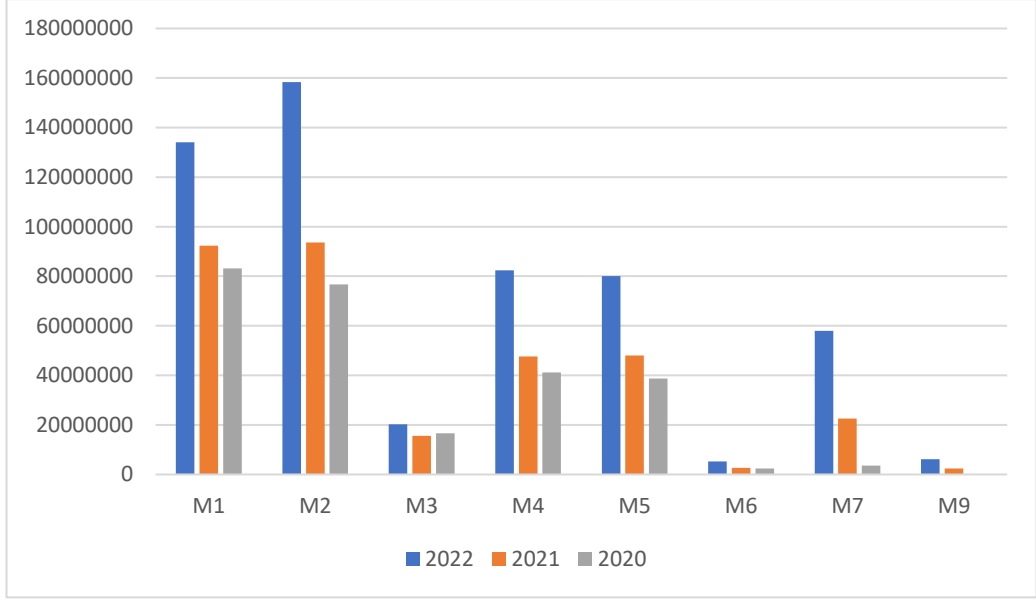
3.1. Çalışma Alanı

İstanbul'da sıfırdan planlanmış bir TOD alanı bulunmamaktadır. Mevcut durum incelendiğinde, Türkiye'de toplu taşıma odaklı gelişimin belirli hatlar boyunca, merkezi çalışma alanlarını merkez alacak şekilde geliştiği görülmektedir (Aydemir vd., 2018).

M1 Yenikapı-Atatürk Havalimanı-Kirazlı işletmesinin ilk aşaması Emniyet ve Kartaltepe-Kocatepe istasyonları arasında 11.03.1989 tarihinde hizmete açılmıştır. 03.09.1989 tarihinde Aksaray istasyonunun hizmete açılmasıyla hat Aksaray-Kartaltepe-Kocatepe halini almıştır. 2002 yılına Atatürk Havalimanı uzatması açılarak hat Aksaray-Atatürk Havalimanı arasında işletilmeye başlanmıştır. 2013 yılında Otogar-Kirazlı etabı hizmete açıldıktan sonra, M1A Yenikapı-Atatürk Havalimanı ve M1B Yenikapı-Kirazlı şeklinde iki işletmeye ayrılmıştır. 2014 yılında Yenikapı istasyonu işletmeye açılmıştır (Metro İstanbul, 2023).

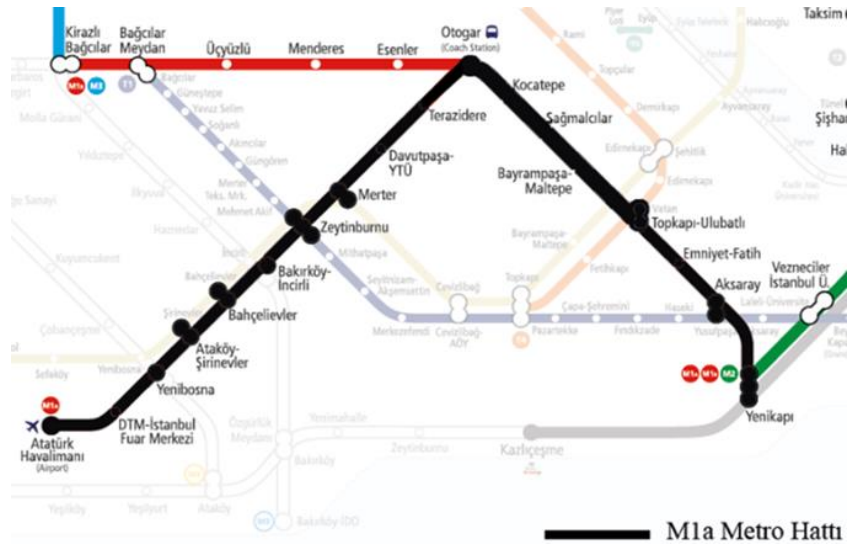
M1A Yenikapı-Atatürk Havalimanı metrosu, İstanbul'un ilk raylı sistem işletmesi olma özelliğine sahiptir. Yenikapı ile Otogar istasyonları arasında M1B hattı ile ortak olarak işletilmektedir. M1A hattı boyunca toplam 18 istasyon bulunmaktadır. Yenikapı istasyonunda M2 Yenikapı-Hacıosman ve Marmaray hattına; Merter, Zeytinburnu, Bahçelievler ve Ataköy-Şirinevler istasyonlarında metrobüse; Aksaray ve Zeytinburnu istasyonlarında ise T1 Bağcılar-Kabataş tramvay hattına aktarma yapılabilmektedir (Metro İstanbul, 2023).

M1 metro hattı 2020,2021 ve 2022 yılı verileri incelendiğinde en fazla kullanılan metro hattı olmuştur. Yolcu kapasitesi günlük ortalama 400.000 kişi ile İstanbul'un sık kullanılan ikinci metrosudur (Şekil 3.1) (Metro İstanbul, 2023).



Şekil 3.1: İstanbul Metro hatlarının 2020,2021 ve 2022 yılı yolcu sayıları.

M1A hattı uzun zamandır kullanılan bir raylı sistem olması, yapıldığı dönemde trafiğin en yoğun olduğu kısımda konumlanmış olması ve günlük kullanım olarak İstanbul'un en fazla kullanılan ikinci metro hattı olması sebebiyle çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Metro hattı boyunca toplam 18 istasyon yer almaktadır (Şekil 3.2) (Metro İstanbul, 2023).



Şekil 3.2: M1A Metro Hattı İstasyonları.

3.2. Kategoriler ve Kriterlerin Hesaplanması

Çalışma kapsamında TOD kriterlerini yoğunluk, çeşitlilik, erişebilirlik ve tasarım ve toplu taşıma mesafesi kategorileri altında incelenmiştir. Kriterlerin belirlenmesinde literatürde TOD çalışmalarında sıklıkla kullanılan kriterler ve gerekli veriye ulaşılabilirlik etkili olmuştur. Belirlenen kriterler kendi içinde alt gruplara ayrılarak incelenmiştir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1: TOD Kriterleri, Parametreleri ve Gerekli Veri.

KRİTER	PARAMETRE	KULLANILAN VERİ	VERİ KAYNAĞI
YOĞUNLUK	Nüfus yoğunluğu	Nüfus	TÜİK
	Ticari alan yoğunluğu	Ticaret birimi	İBB
ÇEŞİTLİLİK	Arazi kullanım çeşitliliği	Arazi kullanımı	İBB
ERİŞİLEBİLİRLİK ve TASARIM	Karmalık Oranı	Arazi Kullanımı	İBB
	Yeşil Alan Yoğunluğu		
	Otopark Alanı Yoğunluğu		
TOPLU TAŞIMA MESAFESİ	İETT Durak yoğunluğu	İETT Durak sayısı	İBB

3.2.1. Yoğunluk

TOD'un başarısını ölçmede kullanılan temel faktörlerden biri yoğunluktur (Khare, Villuri, Chaurasia, & Kumari, 2021). Bu başlık altında nüfus yoğunluğu ve ticari alan yoğunluğu olmak üzere iki kriter incelenmiştir. Yoğunluğun fazla olmasının toplu taşıma kullanımını artırıcı etkisi bulunmaktadır.

3.2.1.1. Nüfus Yoğunluğu

Nüfus yoğunluğu TOD planlamasının önemli bir parçasıdır. İstasyonlara yürüme mesafesinde bulunan alanlarda nüfus yoğunluğunun fazla olması toplu taşıma kullanımını artırmaktadır. Bu çalışmada nüfus verisi mahalle bazlı olarak ele alınmıştır. Her istasyon alanı için istasyonun bulunduğu mahallenin toplam alanı ve nüfusu çalışma alanına oranlanarak nüfus yoğunluğu hesaplanmıştır. Tablo 3.2'de istasyonlara göre nüfus yoğunlukları yer almaktadır.

Tablo 3.2: İstasyon Alanlarına Göre Nüfus Yoğunluğu Değerleri.

	İSTASYON VE ÇEVRESİ ALAN (ha)	İSTASYONUN BULUNDUĞU MAHALLE	MAHALLE NÜFUSLARI (Kişi)	NÜFUS YOĞUNLUĞU (kişi/ha)
HAVALİMANI	201	Yeşilköy	24669	122
DTM İST. FUAR MERKEZİ	201	Yeşilköy	24669	122
YENİBOSNA	201	Yenibosna Merkez	35737	177
ATAKÖY- ŞİRİNEVLER	201	Şirinevler	64189	319
BAHÇELİEVLER	201	Bahçelievler	61726	307
BAKIRKÖY- İNCİRLİ	201	Osmaniye	24485	121
ZEYTİNBURNU	201	Osmaniye	24485	121
MERTER	201	Abdurrahman Nafiz Gürman	2259	11
DAVUTPAŞA- YTÜ	201	Tozkoparan	18798	93
TERAZİDERE	201	Namık Kemal	16243	80
OTOGAR	201	Altıntepsi	28674	142
KOCATEPE	201	Kocatepe	21549	107
SAĞMALCILAR	201	İsmet Paşa	14527	72
BAYRAMPAŞA- MALTEPE	201	Topçular	5068	25
TOPKAPI- ULUBATLI	201	Topkapı	12197	60
EMNİYET- FATİH	201	Ali Kuşçu	11261	56
AKSARAY	201	İskenderpaşa	18289	90
YENİKAPI	201	Aksaray	1249	6

Nüfus yoğunlukları incelendiğinde en yüksek yoğunluğa sahip istasyon alanı Ataköy-Şirinevler olurken en düşük yoğunluğa sahip istasyon alanı ise Yenikapı olmuştur. İstasyon çevresindeki arazi kullanım yapısı nüfus yoğunluğunu etkilemektedir.

3.2.1.2. Ticari Alan Yoğunluğu

Ticari alan yoğunluğunun fazla olması birim alan başına o kadar fazla istihdam ve ticaret alanı düşüğü anlamına gelmektedir. Bu durumda toplu taşıma kullanımını artar. Ticari alan yoğunluğunun hesaplanması, nüfus yoğunluğu hesabıyla benzer şekilde yapılmıştır. Belirlenen istasyon alanı içerisindeki ticari birim sayısı istasyon

çevresinin alanına oranlanarak ticaret alanı yoğunluğu verisi elde edilmiştir. Tablo 3.3'te istasyonlara göre ticari alan yoğunluklarını yer almaktadır.

Tablo 3.3: İstasyon Alanlarına Göre Ticari Alan Yoğunluğu Değerleri.

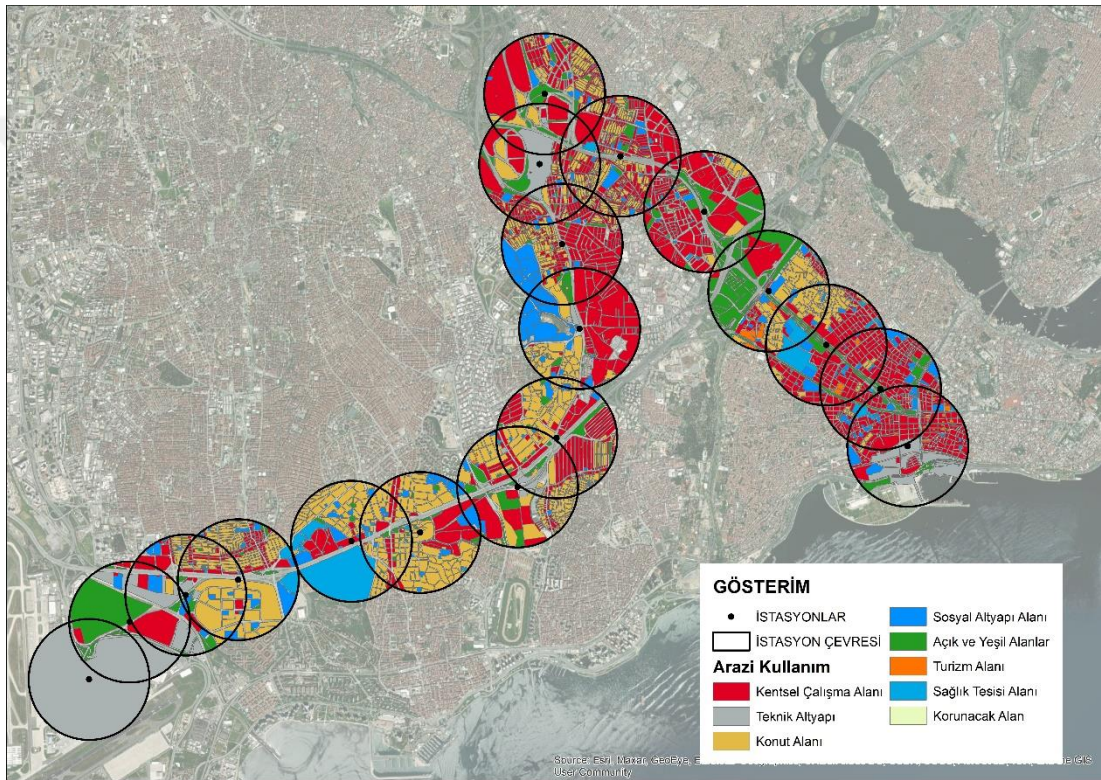
	İSTASYON VE ÇEVRESİ ALAN (ha)	TİCARET ALANI (ha)	TİCARET ALANI YOĞUNLUĞU
HAVALİMANI	201	0	0,00
DTM İST. FUAR MERKEZİ	201	2.672	0,01
YENİBOSNA	201	7.295	0,04
ATAKÖY-ŞİRİNEVLER	201	2.839	0,01
BAHÇELİEVLER	201	2.879	0,01
BAKIRKÖY-İNCİRLİ	201	0.982	0,00
ZEYTİNBURNU	201	14.686	0,07
MERTER	201	1.591	0,01
DAVUTPAŞA-YTÜ	201	1.547	0,01
TERAZİDERE	201	7.456	0,04
OTOGAR	201	24.026	0,12
KOCATEPE	201	30.616	0,15
SAĞMALCILAR	201	3.793	0,02
BAYRAMPAŞA- MALTEPE	201	18.161	0,09
TOPKAPI-ULUBATLI	201	1.648	0,01
EMNİYET-FATİH	201	9.192	0,05
AKSARAY	201	19.273	0,10
YENİKAPI	201	18.470	0,09

Yapılan hesaplamalar sonucunda ticaret alanı yoğunluğu en yüksek istasyon alanı Kocatepe olurken, ticaret alanı yoğunluğu en düşük istasyon ise Havalimanı istasyonu olmuştur. Nüfus yoğunluğu analizinde olduğu gibi ticari alan yoğunluğu analizinde de istasyon çevresindeki arazi kullanım verisinin analiz sonucunda etkisi vardır.

3.2.2. Çeşitlilik

Çeşitlilik kriteri altında incelenen parametre arazi kullanım çeşitliliğidir. Bu kriterin ölçütü belirli bir alan içine yer alan farklı arazi kullanımlarını ve bölgede bulunma derecelerini ifade etmektedir. Arazi kullanım çeşitliliğinin yüksek olması, uzun süreli yolculukları azaltmada önemli rol oynar (Khare, Villuri, Chaurasia, & Kumari, 2021). Veriler ArcGIS programı ile düzenlenmiştir. Arazi kullanım verisi açık

ve yeşil alanlar olarak pasif yeşil alan, parklar ve dinlenme alanı, spor alanı, mezarlık ve fuar alanı; kentsel çalışma alanı olarak ticaret alanı, ticaret+hizmet alanı, sanayi alanı, pazar alanı, küçük sanayi, konut+ticaret alanı, idari tesisi, hizmet, belediye hizmet alanı ve akaryakıt istasyonu alanı; konut alanları olarak konut ve inşaat alanı; korunacak alanlar olarak tescilli eser; sosyal altyapı alanları olarak eğitim ve dini tesis alanı ve sosyal kültürel tesis alanı; turizm alanı olarak otel; teknik altyapı alanları olarak otopark, havaalanı, arıtma tesisi alanları ve sağlık tesisleri alanı olmak üzere gruplandırılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Arazi Kullanım Haritası.

Arazi kullanım çeşitliliği incelenen literatür taramalarında da sıklıkla kullanılmış olan entropi formülü ile hesaplanmıştır.

$$Q_{lui} = \frac{S_{lui}}{S_i} \quad (3.1)$$

$$\sum_i Q_{lui} \times \ln(Q_{lui}) = Q_{ai} \times \ln(Q_{ai}) + Q_{bi} \times \ln(Q_{bi}) + \dots + Q_{ni} \times \ln(Q_{ni}) \quad (3.2)$$

$$LU_d(i) = \frac{-\sum_i Q_{lui} \times \ln(Q_{lui})}{\ln(n)} \quad (3.3)$$

$LU_d(i)$ = istasyonundaki arazi kullanımı çeşitlilik değeri

Q_{lui} = i istasyon alanındaki belirli arazi kullanımının payı

$Q_{ai} \cdot Q_{bi} \dots Q_{ni}$ = a.b...n arazi kullanım sınıfları için bulunan belirli arazi kullanım payı

n = istasyondaki toplam arazi kullanım sınıfı sayısı

S_{lui} = i istasyonundaki incelenen arazi kullanımının toplam alanı

S_i = i istasyonunun toplam çalışma alanı i

Eşitlik (3.1, 3.2 ve 3.3) kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu bulunan arazi kullanım çeşitliliği değerleri Tablo 3.4'te yer almaktadır. Arazi kullanım çeşitliliği en yüksek istasyon Kocatepe istasyonu olurken, en düşük istasyon ise Havaalanı istasyonu olmuştur.

Tablo 3.4: İstasyonların Arazi Kullanım Çeşitlilik Değerleri.

İSTASYON ADI	ARAZİ KULLANIM ÇEŞİTLİLİĞİ DEĞERİ
HAVALİMANI	0,25
DTM İST. FUAR MERKEZİ	0,68
YENİBOSNA	0,77
ATAKÖY-ŞİRİNEVLER	0,53
BAHÇELİEVLER	0,57
BAKIRKÖY-İNCİRLİ	0,59
ZEYTİNBURNU	0,75
MERTER	0,66
DAVUTPAŞA-YTÜ	0,57
TERAZİDERE	0,68
OTOGAR	0,74
KOCATEPE	0,79
SAĞMALCILAR	0,63
BAYRAMPAŞA-MALTEPE	0,77
TOPKAPI-ULUBATLI	0,76
EMNİYET-FATİH	0,71
AKSARAY	0,68
YENİKAPI	0,73

Örnek olarak Kocatepe istasyonunun arazi kullanım çeşitlilik değeri hesaplaması incelenecektir. Çalışmanın başında belirlenmiş olan 28 arazi kullanım sınıfından (n), Kocatepe istasyonu çevresindeki 800 m yarıçapta 16 arazi kullanım sınıfı yer almaktadır. Bunlar pasif yeşil alan, idari tesis, akaryakıt istasyonu, otopark, spor alanı, konut+ticaret alanı, sanayi alan, eğitim alanı, konut alanı, ticaret alanı, boş alan, dini tesis alanı, parklar ve dinlenme alanı, belediye hizmet alanı, inşaat alanı ve hizmet alanıdır. Kocatepe istasyonu için belirlenen çalışma alanı toplam 1.485.346m²'dir (Tablo 3.5).

Tablo 3.5: Kocatepe İstasyonunun Arazi Kullanım Çeşitliliği.

İSTASYONLAR (n)	ALAN (m ²)	Q _{lui} =S _{lui} /S _i	ln(Q _{lui})
PASİF YEŞİL ALAN	51.714	0,03	-3,36
İDARİ TESİS	87.455	0,06	-2,83
AKARYAKIT İSTASYONU	903	0,00	-7,41
OTOPARK	110.375	0,07	-2,60
SPOR ALANI	23.688	0,02	-4,14
KONUT+TİCARET	235.167	0,16	-1,84
SANAYİ ALANI	246.283	0,17	-1,80
EGİTİM	21.041	0,01	-4,26
KONUT ALANI	241.198	0,16	-1,82
TİCARET ALANI	306.162	0,21	-1,58
BOŞ ALAN	35.910	0,02	-3,72
DİNİ TESİS ALANI	8.434	0,01	-5,17
PARKLAR VE DİNLENME ALANI	90.159	0,06	-2,80
BELEDİYE HİZMET ALANI	7.169	0,00	-5,33
İNŞAAT ALANI	19.515	0,01	-4,33
HİZMET	173	0,00	-9,06

Tablo 3.5'teki hesaplamaların ardından $\sum_i Q_{lui} \times \ln(Q_{lui})$ formülü uygulanmış ve sonuç -2,19 olarak hesaplanmıştır. Son aşama olarak entropi formülünün uygulanmasının ardından Kocatepe istasyonu için arazi kullanım çeşitlilik değeri 0,79 olarak bulunmuştur.

3.2.3. Erişilebilirlik ve Tasarım

Erişilebilirlik ve tasarım başlığı altında incelenen kriterler karmalık oranı, yeşil alan yoğunluğu ve otopark alanı yoğunluğudur.

3.2.3.1. Karmalık Oranı

Karmalık Oranı parametresinde Arazi Kullanım Çeşitliliği'nden farklı olarak konut kullanımı ile diğer arazi kullanımlarının karmalığını ölçülmektedir. Literatür incelendiğinde konut arazi alanlarının diğer arazi kullanımıyla yeterince bir arada olmamasının insanları yürümeye ve bisiklet kullanmaya teşvik ettiği görülmüştür. Bu sebeple karmalık oranının incelenmesi önemlidir.

$$MI (i) = \frac{\sum ni S_c}{\sum ni (S_c + S_r)} \quad (3.4)$$

Burada; MI i istasyonu için karmalık oranı, S_c istasyonundaki konut dışı kentsel arazi kullanımlarının toplam alanı, S_r i istasyonu içindeki toplam konut alanı anlamına gelmektedir.

Karmalık oranı 0 ila 1 arasında değişkenlik gösterebilir. 0,5 konut arazi kullanımının diğer arazi kullanımlarıyla eşit olduğunu belirten ideal karmalık oranı değeridir. Değer 1'e yaklaştıkça alanda motorlu araç kullanımının fazla olduğu, 0'a yaklaştıkça ise yaya ve bisikletli ulaşımının yoğunlukta olduğu sonucuna ulaşılabiliriz (İbrahim et al., 2023). TOD açısından karmalık oranının incelenmesi için öncelikle karmalık formülü kullanılmıştır, ardından ideal değer 0,5 olduğundan dolayı elde edilen sonuç mutlak değer içinde 0,5'ten çıkarılmıştır. Bulunan değer son aşamada 1'den çıkarılarak her istasyona ait karmalık oranı elde edilmiştir. Tablo 3.6'da istasyonlara göre belirlenen karmalık oranları görülmektedir.

Tablo 3.6: İstasyonlara göre karmalık oranları.

İSTASYONLAR	KARMALIK ORANI (MI)
HAVALİMANI	0,50
DTM İST. FUAR MERKEZİ	0,51
YENİBOSNA	0,83
ATAKÖY-ŞİRİNEVLER	0,87
BAHÇELİEVLER	0,90
BAKIRKÖY-İNCİRLİ	0,93
ZEYTİNBURNU	0,83
MERTER	0,89
DAVUTPAŞA-YTÜ	0,66
TERAZİDERE	0,72

Tablo 3.6: Devamı.

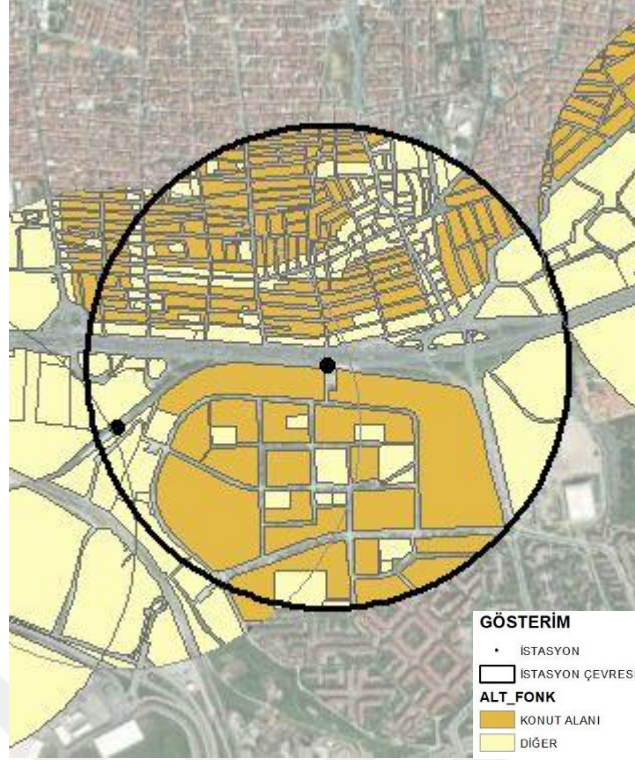
OTOGAR	0,68
KOCATEPE	0,67
SAĞMALCILAR	0,79
BAYRAMPAŞA-MALTEPE	0,55
TOPKAPI-ULUBATLI	0,78
EMNİYET-FATİH	0,71
AKSARAY	0,53
YENİKAPI	0,52

TOD kriterleri kapsamında incelendiğinde Bakırköy-İncirli metro istasyonunu karmalık oranı en yüksek olan istasyondur. Karmalık oranı en düşük istasyon ise Atatürk Havalimanı istasyonu olmuştur. Örnek uygulama olarak Ataköy-Şirinevler metro istasyonu detaylı olarak incelenecektir.

Tablo 3.7: Ataköy-Şirinevler İstasyonu Karmalık Oranı.

FONKSİYON	ALAN (m²)
PASİF YEŞİL ALAN	21344
İDARİ TESİS	17347
AKARYAKIT İSTASYONU	6267
OTOPARK	29745
SPOR ALANI	70327
KONUT+TİCARET	129656
SANAYİ ALANI	16102
EGİTİM	46265
TİCARET ALANI	28391
BOŞ ALAN	54
DİNİ TESİS ALANI	13366
TEKNİK ALTYAPI	7734
PARKLAR VE DİNLENME ALANI	24961
SAĞLIK TESİSİ ALANI	72749
SOSYO-KÜLTÜREL TESİS ALANI	40960
MEZARLIK	3905
BELEDİYE HİZMET ALANI	2967
KONUT ALANI	883021
Toplam Alan	1415161
Tüm Alan - Konut Alanı	532140

TOD kriterleri kapsamında karmalık oranı 0,5 olması gereken ideal değerdir. Bu yüzden karmalık formülüne göre işlem yapıldıktan sonra 0,5'ten çıkarılan sonuç mutlak değer içine alınarak 1'den çıkarılmış ve her istasyonun karmalık oranı elde edilmiştir. Şekil 3.4'te Ataköy-Şirinevler istasyonuna ait konut alanı ve diğer kullanım alanları görünmektedir.



Şekil 3.4: Ataköy-Şirinevler İstasyonu Karmalık Oranı.

3.2.3.2. Yeşil Alan Yoğunluğu

Bu kriter altında incelenen alanlar pasif yeşil alan, spor alanı, parklar ve dinlenme alanlarıdır. Yeşil alan yoğunluğu, yeşil alan büyüklüğü istasyon için belirlenen alana bölünerek elde edilmiştir. En fazla yeşil alana sahip istasyon Topkapı-Ulubatlı istasyonu olurken, en düşük istasyon Atatürk Havalimanı istasyonu olmuştur.

Tablo 3.8: İstasyonların Yeşil Alan Yoğunluğu.

İSTASYONLAR	YEŞİL ALAN YOĞUNLUĞU
HAVALİMANI	0,02
DTM İST. FUAR MERKEZİ	0,07
YENİBOSNA	0,08
ATAKÖY-ŞİRİNEVLER	0,09
BAHÇELİEVLER	0,03
BAKIRKÖY-İNCİRLİ	0,08
ZEYTİNBURNU	0,15
MERTER	0,08
DAVUTPAŞA-YTÜ	0,04
TERAZİDERE	0,05

Tablo 3.8: Devam.

OTOGAR	0,09
KOCATEPE	0,11
SAĞMALCILAR	0,07
BAYRAMPAŞA-MALTEPE	0,24
TOPKAPI-ULUBATLI	0,39
EMNİYET-FATİH	0,07
AKSARAY	0,09
YENİKAPI	0,09

En fazla yeşil alana sahip istasyon olan Topkapı-Ulubatlı istasyonuna ait yeşil alan yoğunluğu hesaplama adımları Tablo 3.9’da detaylı olarak incelenecektir.

Tablo 3.9: Topkapı- Ulubatlı İstasyonu Yeşil Alan Yoğunluğu.

FONKSİYON	ALAN
PASİF YEŞİL ALAN	103253
İDARİ TESİS	192361
AKARYAKIT İSTASYONU	5186
OTOPARK	1001
SPOR ALANI	36728
KONUT+TİCARET	80584
EĞİTİM	29215
TİCARET ALANI	16484
BOŞ ALAN	2618
DİNİ TESİS ALANI	22201
PARKLAR VE DİNLENME ALANI	123033
SAĞLIK TESİSİ ALANI	69190
SOSYO-KÜLTÜREL TESİS ALANI	12854
MEZARLIK	311728
OTEL	48983
TESCİLLİ ESER	8551
KONUT ALANI	403616
TOPLAM ALAN	1467586

Yeşil alan analizinde kullanılan pasif yeşil alan, spor alanı, mezarlık, parklar ve dinlenme tesisleri alanlarının toplamı, toplam istasyon alanına bölündüğünde Topkapı-Ulubatlı istasyonu için yeşil alan yoğunluğu 0,39 olarak bulunmuştur (Şekil 3.5).

Tablo 3.10: Devam.

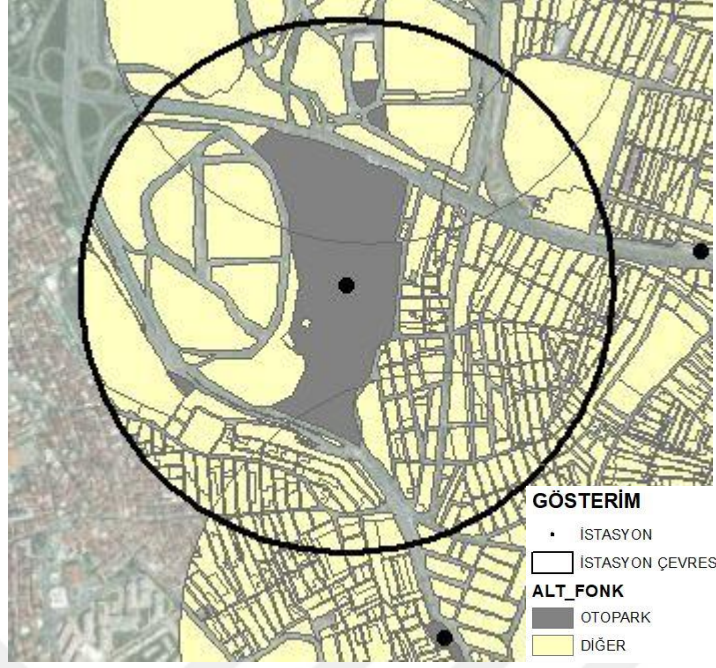
SAĞMALCILAR	0,00
BAYRAMPAŞA-MALTEPE	0,00
TOPKAPI-ULUBATLI	0,00
EMNİYET-FATİH	0,00
AKSARAY	0,00
YENİKAPI	0,01

En fazla yeşil alana sahip istasyon olan Otogar istasyonuna otopark yoğunluğu hesaplama adımları Tablo 3.11’de detaylı olarak incelenecektir.

Tablo 3.11: Otogar İstasyonu Arazi Kullanım Alanları.

FONKSİYON	ALAN
PASİF YEŞİL ALAN	119175
İDARİ TESİS	129734
AKARYAKIT İSTASYONU	4402
OTOPARK	261001
SPOR ALANI	6292
KONUT+TİCARET	287106
SANAYİ ALANI	19322
EĞİTİM	27168
TİCARET ALANI	240264
BOŞ ALAN	38765
DİNİ TESİS ALANI	6567
TEKNİK ALTYAPI	173
PARKLAR VE DİNLENME ALANI	13661
SAĞLIK TESİSİ ALANI	17959
BELEDİYE HİZMET ALANI	12584
İNŞAAT ALANI	27504
HİZMET	533
KONUT ALANI	260092
TOPLAM ALAN	1472302

Otogar istasyonu arazi kullanım verisinde yer alan otopark alanı, toplam alana bölüldüğünde elde edilen 0,18 değeri istasyonun otopark yoğunluğunu göstermektedir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Otogar İstasyonu Otopark Yoğunluğu.

3.2.4. Toplu Taşıma Mesafesi

Toplu taşıma mesafesi başlığı altına incelenen kriter İETT durak yoğunluğudur. Alternatif ulaşım seçeneklerinin bulunması toplu taşıma kullanımını teşvik etmektedir.

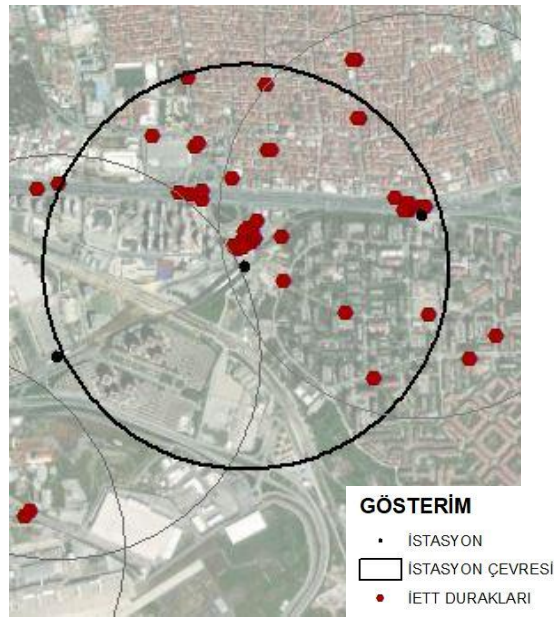
3.2.4.1. İETT Durak Yoğunluğu

İETT (İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri Genel Müdürlüğü) duraklarının yoğunluğunu bulmak için her bir istasyonun 800 metrelik yarıçap alanı içindeki İETT durak sayısı, M1A metro hattı istasyonlarının 800 metrelik yarıçapındaki toplam İETT durak sayısı olan 316'ya bölünmüştür. Tablo 3.12'de her bir istasyon alanına ait İETT durak yoğunluğu yer almaktadır.

Tablo 3.12: İstasyon Alanlarına Ait İETT Durak Yoğunluğu.

DURAK ADI	İETT DURAK SAYISI	İETT DURAK YOĞUNLUĞU
HAVALİMANI	4	0,01
DTM İST. FUAR MERKEZİ	4	0,01
YENİBOSNA	48	0,15
ATAKÖY-ŞİRİNEVLER	44	0,14
BAHÇELİEVLER	24	0,08
BAKIRKÖY-İNCİRLİ	25	0,08
ZEYTİNBURNU	17	0,05
MERTER	23	0,07
DAVUTPAŞA-YTÜ	19	0,06
TERAZİDERE	8	0,03
OTOGAR	17	0,05
KOCATEPE	6	0,02
SAĞMALCILAR	19	0,06
BAYRAMPAŞA-MALTEPE	26	0,08
TOPKAPI-ULUBATLI	32	0,10
EMNİYET-FATİH	29	0,09
AKSARAY	46	0,15
YENİKAPI	36	0,11

İETT Durak yoğunluğu analizinin sonucunda en fazla İETT durak yoğunluğuna sahip istasyon 0.15 ile Yenibosna istasyonu olurken (Şekil 3.7) en az istasyonlar ise 0.01 ile Havalimanı ve DTM İstanbul Fuar Merkezi istasyonu olmuştur.



Şekil 3.7: Yenibosna İstasyonu Çevresine Ait İETT Hat Yoğunluğu Analizi.

4. İSTASYONLARIN TOD ENDEKSLERİNİN HESAPLANMASI

İstanbul M1A metro hattında bulunan 18 istasyon için belirlenen kriterlere göre incelenmiştir. Bu kriterlerin analizi çok kriterle karar verme yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. Kriterlerin tamamı aynı yöntem kullanılarak hesaplanmadığı için öncelikle bir normalizasyon yapılması gerekmiştir. Normalizasyon işleminde maksimum doğruluğa ulaşılması için iki farklı yöntem kullanılmıştır. Bunlardan ilki maksimum minimum yöntemi ikincisi ise maksimuma oranlama yöntemidir. Normalizasyon işleminden sonra ağırlıklandırma yöntemi belirlenirken bir objektif, bir subjektif bir de eşit ağırlıklandırma yöntemi seçilmiştir. Kullanılan ağırlıklandırma yöntemleri CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation), Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Eşit Ağırlıklandırma yöntemidir.

Kriter ağırlıklarının belirlenmesinden sonraki adım TOD endeks değerinin belirlenmesidir. TOD endeksi aşağıdaki formül kullanılarak elde edilmiştir.

$$R_i = \sum W_k r_{ik} \quad (4.1)$$

R_i = i istasyonu için TOD indeksi

W_k = ağırlık değeri

r_{ik} = k parametresi için hesaplanan normalize değer

TOD endeks değerinin 1'e yakın olması alanın yüksek TOD potansiyeline sahip olduğu anlamına gelmektedir. 0,75 ve daha fazla puan almış istasyonlar TOD kriterleri açısından iyi alanlar olarak belirlenir.

Kriterlerin incelemeleri aşağıda verilen kodlar kullanılarak yapılmıştır.

Tablo 4.1 Kriter Kodları.

KRİTER	PARAMETRE	KOD
YOĞUNLUK	Nüfus yoğunluğu	A1
	Ticari alan yoğunluğu	A2
ÇEŞİTLİLİK	Arazi kullanım çeşitliliği	B1
ERİŞİLEBİLİRLİK ve TASARIM	Karmalık Oranı	C1
	Yeşil Alan Yoğunluğu	C2
	Otopark Alanı Yoğunluğu	C3
TOPLU TAŞIMA MESAFESİ	İETT Durak yoğunluğu	D1

4.1. Kriter Değerlerinin Normalleştirilmesi

Seçilen kriterlerin hesaplanması farklı yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Arazi kullanımı için entropi formülü kullanılırken yeşil alan yoğunluğu alansal bir veri olan toplam yeşil alan büyüklüğüne oranlanarak bulunmuştur. Yapılan hesaplama sonuçlarının birlikte incelenerek her istasyon için tek bir TOD endeks değeri bulmak amacıyla kriter değerleri normalize edilmiş hale getirilmiştir. Normalizasyon için iki farklı yöntem kullanılarak sonuçları karşılaştırılmıştır. Kullanılan yöntemler, maksimum-minimum yöntemi ile maksimuma oranlama yöntemidir.

Tablo 4.2: Hesaplanan Kriter Değerleri.

İSTASYON ADI	A1	A2	B1	C1	C2	C3	D1
HAVALİMANI	122	0,00	0,25	0,50	0,02	0,00	0,01
DTM İST. FUAR MERKEZİ	122	0,01	0,68	0,51	0,07	0,11	0,01
YENİBOSNA	177	0,04	0,77	0,83	0,08	0,11	0,15
ATAKÖY-ŞİRİNEVLER	319	0,01	0,53	0,87	0,09	0,02	0,14
BAHÇELİEVLER	307	0,01	0,57	0,90	0,03	0,00	0,08
BAKIRKÖY-İNCİRLİ	121	0,00	0,59	0,93	0,08	0,00	0,08
ZEYTİNBURNU	121	0,07	0,75	0,83	0,15	0,02	0,05
MERTER	11	0,01	0,66	0,89	0,08	0,01	0,07
DAVUTPAŞA-YTÜ	93	0,01	0,57	0,66	0,04	0,02	0,06
TERAZİDERE	80	0,04	0,68	0,72	0,05	0,01	0,03
OTOGAR	142	0,12	0,74	0,68	0,09	0,18	0,05
KOCATEPE	107	0,15	0,79	0,67	0,11	0,07	0,02
SAĞMALCILAR	72	0,02	0,63	0,79	0,07	0,00	0,06

Tablo 4.2: Devam.

BAYRAMPAŞA-MALTEPE	25	0,09	0,77	0,55	0,24	0,00	0,08
TOPKAPI-ULUBATLI	60	0,01	0,76	0,78	0,39	0,00	0,10
EMNİYET-FATİH	56	0,05	0,71	0,71	0,07	0,00	0,09
AKSARAY	90	0,10	0,68	0,53	0,09	0,00	0,15
YENİKAPI	6	0,09	0,73	0,52	0,09	0,01	0,11

Yukarıdaki tabloda her istasyon için hesaplanan kriter değerleri yer almaktadır. Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen bu veriler üzerinden normalizasyon işlemi yapılacaktır.

4.1.1. Maksimum-Minimum Yöntemi Kullanılarak Normalizasyon

Hesaplanan kriter değerlerinin normalize edilmesi için kullanılan ilk yöntem maksimum-minimum yöntemidir. Literatürde de sıklıkla kullanılan bu yöntem gerçek veri değerini doğrusal olarak dönüştürür. Yöntem sonucunda elde edilen değer 0 ile 1 arasında olmaktadır. Maksimum-minimum yönteminde kullanılan formül aşağıda yer almaktadır.

$$r_i = \frac{x_i - \min x_i}{\max x_i - \min x_i} \quad (4.2)$$

r_i = normalize değer

$\min x_i$ = En küçük parametre değeri

$\max x_i$ = En büyük parametre değeri

Maksimum-minimum yöntemine göre normalizasyon işlemi Excel programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sağlamasını yapmak amacı ile SPSS programında tekrar hesaplanarak kontrolü gerçekleştirilmiştir. Normalizasyon yapıldıktan sonra bulunan değerler iste Tablo 4.3'te yer almaktadır.

Tablo 4.3: İncelenen Kriterlerin Maksimum Minimum Yöntemine Göre Normalize Edilmiş Değerleri.

İSTASYON ADI	A1	A2	B1	C1	C2	C3	D1
HAVALİMANI	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DTM İST. FUAR MERKEZİ	0,37	0,09	0,80	0,02	0,13	0,60	0,00
YENİBOSNA	0,55	0,24	0,96	0,77	0,18	0,61	1,00
ATAKÖY-ŞİRİNEVLER	1,00	0,09	0,52	0,86	0,18	0,12	0,91
BAHÇELİEVLER	0,96	0,09	0,59	0,93	0,03	0,00	0,45
BAKIRKÖY-İNCİRLİ	0,37	0,03	0,63	1,00	0,17	0,00	0,48
ZEYTİNBURNU	0,37	0,48	0,93	0,77	0,36	0,11	0,30
MERTER	0,02	0,05	0,76	0,91	0,16	0,04	0,43
DAVUTPAŞA-YTÜ	0,28	0,05	0,59	0,37	0,07	0,10	0,34
TERAZİDERE	0,24	0,24	0,80	0,51	0,09	0,08	0,09
OTOGAR	0,43	0,78	0,91	0,42	0,20	1,00	0,30
KOCATEPE	0,32	1,00	1,00	0,40	0,25	0,42	0,05
SAĞMALCILAR	0,21	0,12	0,70	0,67	0,14	0,00	0,34
BAYRAMPAŞA-MALTEPE	0,06	0,59	0,96	0,12	0,60	0,01	0,50
TOPKAPI-ULUBATLI	0,17	0,05	0,94	0,65	1,00	0,00	0,64
EMNİYET-FATİH	0,16	0,30	0,85	0,49	0,14	0,00	0,57
AKSARAY	0,27	0,63	0,80	0,07	0,19	0,00	0,95
YENİKAPI	0,00	0,60	0,89	0,05	0,19	0,06	0,73

4.1.2. Değerlerin Maksimuma Oranlama Yöntemi Kullanılarak Normalizasyonu

Hesaplanan kriter değerlerinin normalize edilmesi için kullanılan diğer yöntem ise maksimuma oranlama yöntemidir. Bu yöntem kullanılarak veriler aynı parametre başlığındaki en yüksek değere oranlanarak normalize hale getirilmiştir. Bu yönteme göre elde edilen normalizasyon sonuçları Tablo 4.4'te yer almaktadır.

Tablo 4.4: İncelenen Kriterlerin Maksimuma Oranlama Yöntemine Göre Standart Hâle Getirilmiş Değerleri.

İSTASYON ADI	A1	A2	B1	C1	C2	C3	D1
HAVALİMANI	0,38	0,00	0,32	0,54	0,05	0,00	0,09
DTM İST. FUAR MERKEZİ	0,38	0,09	0,86	0,55	0,17	0,60	0,09
YENİBOSNA	0,55	0,24	0,97	0,89	0,21	0,61	1,04
ATAKÖY-ŞİRİNEVLER	1,00	0,09	0,67	0,94	0,22	0,12	0,96

Tablo 4.4: Devam.

BAHÇELİEVLER	0,96	0,09	0,72	0,97	0,07	0,00	0,52
BAKIRKÖY-İNCİRLİ	0,38	0,03	0,75	1,00	0,21	0,00	0,54
ZEYTİNBURNU	0,38	0,48	0,95	0,89	0,38	0,11	0,37
MERTER	0,03	0,05	0,84	0,96	0,20	0,04	0,50
DAVUTPAŞA-YTÜ	0,29	0,05	0,72	0,71	0,11	0,10	0,41
TERAZİDERE	0,25	0,24	0,86	0,77	0,13	0,08	0,17
OTOGAR	0,45	0,78	0,94	0,73	0,24	1,00	0,37
KOCATEPE	0,34	1,00	1,00	0,72	0,28	0,42	0,13
SAĞMALCILAR	0,23	0,12	0,80	0,85	0,18	0,00	0,41
BAYRAMPAŞA-MALTEPE	0,08	0,59	0,97	0,59	0,62	0,01	0,57
TOPKAPI-ULUBATLI	0,19	0,05	0,96	0,84	1,00	0,00	0,70
EMNİYET-FATİH	0,18	0,30	0,90	0,76	0,18	0,00	0,63
AKSARAY	0,28	0,63	0,86	0,57	0,23	0,00	1,00
YENİKAPI	0,02	0,60	0,92	0,56	0,22	0,06	0,78

4.2. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi ve TOD Endeks Değerlerinin Bulunması

4.2.1. CRITIC Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi ve TOD Endeksinin Bulunması

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden biri olan CRITIC yöntemi, Kriterler Arası Korelasyon Yoluyla Kriterlerin Önem Tespiti anlamında gelmektedir. Bu yöntemde birlikte incelenen kriterlerin kendi aralarındaki göreceli önemlerinin objektif ağırlıklandırma yöntemlerinden biridir. Diakoulaki ve arkadaşları tarafından 1995 yılında önerilen bu teknikte korelasyon analizi ile kriterler arasındaki zıtlıklar belirlenmektedir. Karar matrisinde normalize edilmiş olan kriter değerlerinin sütunlara göre standart sapması ile tüm sütun çiftlerinin korelasyon katsayıları kullanılarak işlem yapılmaktadır (Bulğurcu, 2019). CRITIC yöntemi kullanılarak ağırlıklandırma yapmak için kullanılan dört adım bulunmaktadır (Akçakanat, Aksoy, & Teker, 2018)

Adım 1: Karar matrisi oluşturulması ve normalize edilmesi

x_j^{\max} = j Kriterin alternatifleri arasındaki maksimum değeri

x_j^{\min} = j Kriterin alternatifleri arasındaki minimum değeri

i=1,2,3..., m alternatifler

j=1,2,3..., n kriterler ise;

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (4.3)$$

$$r_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (4.4)$$

Eşitlik (4.3) fayda kriterler, Eşitlik (4.4) ise maliyet kriterleri için kullanılmaktadır.

Adım 2: Belirlenen kriterler arası ilişki derecelerinin belirlenmesi

Normalizasyon işlemi sonucunda elde edilen r_{ij} değerlerin Eşitlik (4.5) kullanılarak j kriteri ve k kriteri arasındaki korelasyon değeri P_{jk} bulunur.

$$P_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)(r_{ik} - \bar{r}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)^2 \sum_{i=1}^m (r_{ik} - \bar{r}_k)^2}} \quad (4.5)$$

j,k=1,2,3...n

Adım 3: C_j Değerinin hesaplanması

C_j , j kriterlerindeki bilgi miktarını ifade etmektedir. Normalize edilmiş olan karar matrisinin sütun değerlerinin standart sapması (σ_j) da kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)^2}{m}} \quad (4.6)$$

$$C_j = \sigma_j \sum_{k=1}^n (1 - P_{jk}) \quad (4.7)$$

J=1,2,3...n

Adım 4: Kriter ağırlıklarının belirlenmesi

Son adımda her bir j kriterinin C_j değeri, bütün kriterlerin toplamına oranlanır ve ağırlık değeri elde edilir.

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{k=1}^n C_k} \quad (4.8)$$

j, k= 1,2,3...n

Eşitlik (4.8)'ya göre kriter ağırlıklarının sıralanması gerçekleştirildiğinde elde edilecek sonuç en yüksek ağırlığa sahip değerlerin daha önemli olduğu olacaktır.

Adım (1)'de de görüldüğü üzere ilk adım karar matrisinin oluşturulması ve normalizasyon işleminin yapılmasıdır. Bölüm 4.1.1. ve 4.1.2'de normalizasyon işlemi iki farklı yöntem kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre CRITIC yöntemi ile ağırlıklandırma işlemi yapılmıştır.

4.2.1.1. Maksimum – Minimum Yöntemi ile Normalize Edilen Verilerin CRITIC Yöntemi Kullanılarak Ağırlıklandırılması ve TOD Endeksinin Bulunması

İlk olarak maksimum-minimum normalizasyonu sonucunda elde edilen veriler kullanılarak CRITIC yöntemi adımları uygulanmıştır. Kriterler arası korelasyon Eşitlik (4.5) kullanılarak hesaplanmıştır (Tablo 4.5). Korelasyon değerleri hesaplanırken, pozitif / negatif bakmaksızın mutlak değer olarak kabul edilmiştir.

Tablo 4.5: Maksimum-Minimum Yöntemiyle Standardize Edilen Değerlerin Korelasyonları.

KORELASYON	A1	A2	B1	C1	C2	C3	D1
A1	1,000	0,214	0,333	0,421	0,293	0,191	0,170
A2	0,214	1,000	0,580	0,374	0,135	0,393	0,003
B1	0,333	0,580	1,000	0,063	0,491	0,334	0,235
C1	0,421	0,374	0,063	1,000	0,025	0,121	0,237
C2	0,293	0,135	0,491	0,025	1,000	0,099	0,215
C3	0,191	0,393	0,334	0,121	0,099	1,000	0,156
D1	0,170	0,003	0,235	0,237	0,215	0,156	1,000

Kriter ağırlıklarını belirlememizi sağlayacak formülü kullanabilmemiz için C_j değerini ve standart sapmayı hesaplamamız gerekmektedir. Kriterlerin standart sapmaları Eşitlik (4.6) kullanılarak tespit edilmiştir (Tablo 4.6).

Tablo 4.6: Kriterlerin Standart Sapma Değerleri.

	A1	A2	B1	C1	C2	C3	D1
σ_j	0,27	0,30	0,24	0,34	0,23	0,29	0,31

Tablo 4.6’da kriterlerin standart sapmaları görülmektedir. Standart sapması en yüksek kriter Nüfus Yoğunluğu (A1) iken en düşük kriter Otopark Yoğunluğu (C3) olmuştur. Eşitlik (4.7)’de yer alan $1 - P_{jk}$ değerleri Tablo 4.7’de yer almaktadır.

Tablo 4.7: Eşitlik (4.7)’de bulunan $1 - P_{jk}$ değerinin hesaplanması.

$1 - P_{jk}$	A1	A2	B1	C1	C2	C3	D1
A1	0,00	0,79	0,67	0,58	0,71	0,81	0,83
A2	0,79	0,00	0,42	0,63	0,87	0,61	1,00
B1	0,67	0,42	0,00	0,94	0,51	0,67	0,77
C1	0,58	0,63	0,94	0,00	0,98	0,88	0,76
C2	0,71	0,87	0,51	0,98	0,00	0,90	0,78
C3	0,81	0,61	0,67	0,88	0,90	0,00	0,84
D1	0,83	1,00	0,77	0,76	0,78	0,84	0,00

Bulunan standart sapma ve $1 - P_{jk}$ değerleri kullanılarak j kriterlerindeki bilgi miktarı ifade eden C_j değeri bulunmuştur. Tablo 4.8’de her kritere ait C_j değeri yer almaktadır.

Tablo 4.8: Eşitlik (4.7)'e göre C_j değerinin bulunması.

	A1	A2	B1	C1	C2	C3	D1
C_j	1,20	1,30	0,94	1,62	1,11	1,35	1,56

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda Eşitlik (4.8)’da yer alan formüle göre kriter ağırlıkları belirlenmiştir.

Tablo 4.9: Kriterlerin Ağırlık Değerleri.

	A1	A2	B1	C1	C2	C3	D1
W_j	0,13	0,14	0,10	0,18	0,12	0,15	0,17

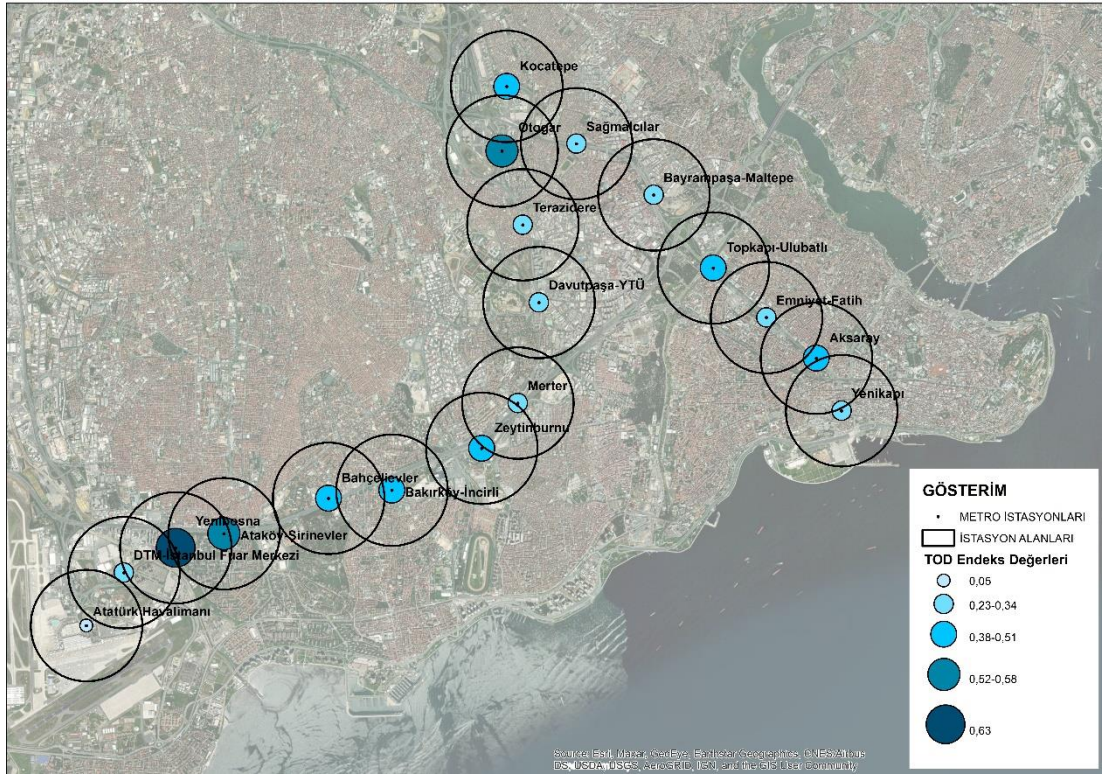
Kriter ağırlıkları toplamının 1 olması gerekmektedir. Tablo 4.9’da incelenen 7 kriterin ağırlıklarının toplamının 1 olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre incelenen kriterler arasında en yüksek öneme sahip olan kriterler 0,18 ile Karmalık Oranı (C1) en düşük öneme sahip olan kriter 0,11 ile Arazi Kullanım (B1) olmuştur. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinden sonra Eşitlik 4.1’de yer alan TOD Endeksi formülü kullanılarak her istasyona ait TOD değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.10 İstasyonların TOD Endeks Değerleri (CRITIC ve maksimum-minimum yöntemi ile).

İSTASYON ADI	A1	A2	B1	C1	C2	C3	D1	TOD ENDEKSİ
HAVALİMANI	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
DTM İST. FUAR MERKEZİ	0,05	0,01	0,08	0,00	0,02	0,09	0,00	0,25
YENİBOSNA	0,07	0,03	0,10	0,14	0,02	0,09	0,17	0,63
ATAKÖY-ŞİRİNEVLER	0,13	0,01	0,05	0,15	0,02	0,02	0,16	0,55
BAHÇELİEVLER	0,13	0,01	0,06	0,17	0,00	0,00	0,08	0,45
BAKIRKÖY-İNCİRLİ	0,05	0,00	0,07	0,18	0,02	0,00	0,08	0,40
ZEYTİNBURNU	0,05	0,07	0,10	0,14	0,04	0,02	0,05	0,46
MERTER	0,00	0,01	0,08	0,16	0,02	0,01	0,07	0,35
DAVUTPAŞA-YTÜ	0,04	0,01	0,06	0,07	0,01	0,02	0,06	0,25
TERAZİDERE	0,03	0,03	0,08	0,09	0,01	0,01	0,02	0,28
OTOGAR	0,06	0,11	0,09	0,07	0,02	0,15	0,05	0,56

KOCATEPE	0,04	0,14	0,10	0,07	0,03	0,06	0,01	0,46
SAĞMALCILAR	0,03	0,02	0,07	0,12	0,02	0,00	0,06	0,31
BAYRAMPAŞA-MALTEPE	0,01	0,09	0,10	0,02	0,07	0,00	0,09	0,37
TOPKAPI-ULUBATLI	0,02	0,01	0,10	0,12	0,12	0,00	0,11	0,48
EMNİYET-FATİH	0,02	0,04	0,09	0,09	0,02	0,00	0,10	0,35
AKSARAY	0,04	0,09	0,08	0,01	0,02	0,00	0,16	0,41
YENİKAPI	0,00	0,09	0,09	0,01	0,02	0,01	0,12	0,34

Maksimum-minimum yöntemi ile standardize edilen veriler CRITIC yöntemi ile ağırlıklandırılmış ve 18 istasyonun belirlenen kriterlerin her birinden aldığı puan ve TOD endeks değeri Eşitlik 4.1’de yer alan formüle göre hesaplanarak Tablo 4.10’da verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde Yenibosna İstasyonu 0,63 puan alarak M1A Yenikapı - Havaalanı metro hattında TOD endeks değeri en yüksek istasyon olmuştur. Ancak bu istasyon bile, literatürde ideal TOD alanı olarak belirlenen 0,75 puana erişememiştir. Atatürk Havalimanı istasyonu ise 0,05 puan ile en düşük TOD endeksine sahip olan istasyon olmuştur.



Şekil 4.1: Maksimum-Minimum Yöntemine Göre Normalize Edilen Verilerin CRITIC Yöntemi ile Ağırlıklandırılmasıyla Elde Edilen TOD Endeks Değeri.

4.2.1.2. Maksimuma Oranlama Yöntemi ile Normalize Edilen Verilerin CRITIC Yöntemi Kullanılarak Ağırlıklandırılması ve TOD Endeksinin Bulunması

Bölüm 4.2.1.1.'de izlenen adımların hepsi bu bölümde maksimuma oranlama yoluyla normalize edilen veri kullanılarak uygulanmıştır. İlk aşamada maksimuma oranlama yöntemi ile normalize edilen verilerin korelasyonları bulunmuştur (Tablo 4.11).

Tablo 4.11: Maksimuma Oranlama Yöntemiyle Normalize Edilen Değerlerin Korelasyonları.

KORELASYON	A1	A2	B1	C1	C2	C3	D1
A1	1,000	0,214	0,333	0,421	0,293	0,191	0,170
A2	0,214	1,000	0,580	0,374	0,135	0,393	0,003
B1	0,333	0,580	1,000	0,063	0,491	0,334	0,235
C1	0,421	0,374	0,063	1,000	0,025	0,121	0,237
C2	0,293	0,135	0,491	0,025	1,000	0,099	0,215
C3	0,191	0,393	0,334	0,121	0,099	1,000	0,156
D1	0,170	0,003	0,235	0,237	0,215	0,156	1,000

Kriterlerin standart sapmaları elde edilmiştir (Tablo 4.12) ve $1 - P_{jk}$ değeri bulunmuştur (Tablo 4.13).

Tablo 4.12: Kriterlerin Standart Sapma Değerleri.

	A1	A2	B1	C1	C2	C3	D1
σ_j	0,27	0,30	0,16	0,16	0,22	0,29	0,30

Tablo 4.13: Eşitlik (4.7)'de bulunan $1 - P_{jk}$ değerinin hesaplanması.

$1 - P_{jk}$	A1	A2	B1	C1	C2	C3	D1
A1	0,00	0,79	0,67	0,58	0,71	0,81	0,83
A2	0,79	0,00	0,42	0,63	0,87	0,61	1,00
B1	0,67	0,42	0,00	0,94	0,51	0,67	0,77
C1	0,58	0,63	0,94	0,00	0,98	0,88	0,76

Tablo 4.13: Devam.

C2	0,71	0,87	0,51	0,98	0,00	0,90	0,78
C3	0,81	0,61	0,67	0,88	0,90	0,00	0,84
D1	0,83	1,00	0,77	0,76	0,78	0,84	0,00

Eşitlik (4.7)'e göre C_j değerinin bulunduktan sonra (Tablo 4.14) kriterlerin ağırlık değerleri elde edilmiştir (Tablo 4.15).

Tablo 4.14: Eşitlik (4.7)'ye göre C_j değerinin bulunması.

	A1	A2	B1	C1	C2	C3	D1
C_j	1,18	1,30	0,65	0,75	1,06	1,35	1,49

Tablo 4.15: Kriterlerin Ağırlık Değerleri.

	A1	A2	B1	C1	C2	C3	D1
W_j	0,15	0,17	0,08	0,10	0,14	0,17	0,19

Kriter ağırlıklarının belirlenmesinden sonra Eşitlik 4.1'de yer alan TOD Endeksi formülü kullanılarak her istasyona ait TOD değeri hesaplanmıştır.

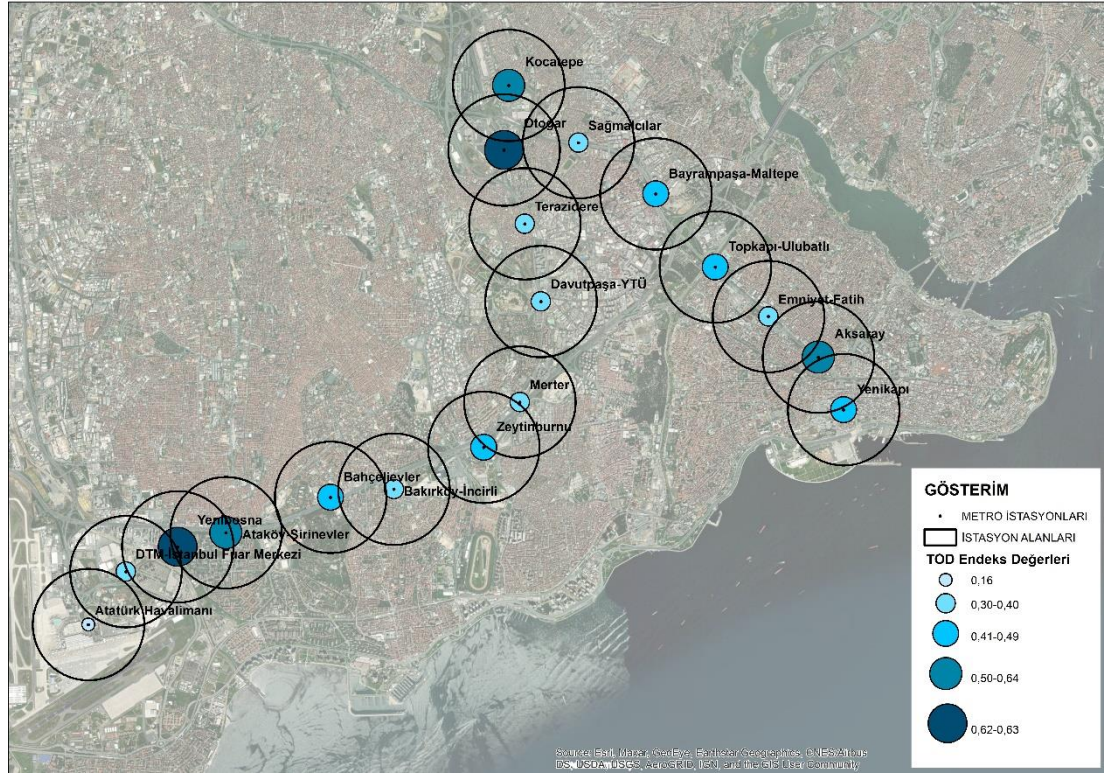
Tablo 4.16: İstasyonların TOD Endeks Değerleri (CRITIC ve maksimuma oranlama yöntemi ile).

İSTASYON ADI	A1	A2	B1	C1	C2	C3	D1	TOD ENDEKSİ
HAVALİMANI	0,06	0,00	0,03	0,05	0,01	0,00	0,02	0,16
DTM İST. FUAR MERKEZİ	0,06	0,01	0,07	0,05	0,02	0,10	0,02	0,34
YENİBOSNA	0,08	0,04	0,08	0,09	0,03	0,11	0,20	0,63
ATAKÖY-ŞİRİNEVLER	0,15	0,02	0,06	0,09	0,03	0,02	0,18	0,55
BAHÇELİEVLER	0,15	0,02	0,06	0,09	0,01	0,00	0,10	0,42
BAKIRKÖY-İNCİRLİ	0,06	0,00	0,06	0,10	0,03	0,00	0,10	0,35
ZEYTİNBURNU	0,06	0,08	0,08	0,09	0,05	0,02	0,07	0,44
MERTER	0,01	0,01	0,07	0,09	0,03	0,01	0,10	0,30
DAVUTPAŞA-YTÜ	0,04	0,01	0,06	0,07	0,01	0,02	0,08	0,29
TERAZİDERE	0,04	0,04	0,07	0,07	0,02	0,01	0,03	0,29
OTOGAR	0,07	0,13	0,08	0,07	0,03	0,17	0,07	0,62
KOCATEPE	0,05	0,17	0,08	0,07	0,04	0,07	0,03	0,51

Tablo 4.16: Devam.

SAĞMALCILAR	0,03	0,02	0,07	0,08	0,02	0,00	0,08	0,31
BAYRAMPAŞA-MALTEPE	0,01	0,10	0,08	0,06	0,08	0,00	0,11	0,44
TOPKAPI-ULUBATLI	0,03	0,01	0,08	0,08	0,14	0,00	0,13	0,47
EMNİYET-FATİH	0,03	0,05	0,07	0,07	0,02	0,00	0,12	0,37
AKSARAY	0,04	0,10	0,07	0,06	0,03	0,00	0,19	0,50
YENİKAPI	0,00	0,10	0,08	0,05	0,03	0,01	0,15	0,42

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde TOD Endeksi en yüksek istasyon 0,63 ile Yenibosna İstasyonu olurken en düşük istasyon ise 0,16 ile Atatürk Havalimanı İstasyonu olmuştur.



Şekil 4.2: Maksimuma Oranlama Yöntemine Göre Normalize Edilen Verilerin CRITIC Yöntemi ile Ağırlıklandırılmasıyla Elde Edilen TOD Endeks Değeri.

4.2.1.3. CRITIC Yöntemi ile Ağırlıklandırma Yapılırken Farklı Normalizasyon Yöntemi Kullanımının TOD Endeks Değerine Etkisi

İstasyonlardaki TOD endeks değerinin hesaplanması yapılırken iki farklı normalizasyon yöntemi kullanılmış ve iki yöntemden elde edilen sonuçlar ayrı ayrı CRITIC yöntemiyle ağırlıklandırılarak TOD endeks değeri bulunmuştur. Bu iki yöntemin sonuçlara etkisini daha iyi görmek amacıyla Tablo 4.17 oluşturulmuştur. Tablodan anlaşılacağı üzere normalizasyon yönteminin sonucu değiştirici etkisi bulunmaktadır. Ancak farklı sonuçlar elde edilmiş olmasına rağmen en yüksek ve en düşük değere sahip istasyonlar değişmemiştir. Her iki yöntemde de en yüksek TOD Endeksine sahip istasyon Yenibosna İstasyonu olurken en düşük değer sahip istasyon Atatürk Havalimanı İstasyonu olmuştur.

Tablo 4.17: Maksimum-Minimum ve Maksimuma Oranlama Yöntemleriyle normalize edilmiş değerlerle elde edilen TOD endeks değerlerinin karşılaştırılması.

İSTASYON ADI	TOD ENDEKSİ (Maksimum- Minimum Yöntemi)	TOD ENDEKSİ (Maksimuma Oranlama Yöntemi)
HAVALİMANI	0,05	0,16
DTM İST. FUAR MERKEZİ	0,25	0,34
YENİBOSNA	0,63	0,63
ATAKÖY-ŞİRİNEVLER	0,55	0,55
BAHÇELİEVLER	0,45	0,42
BAKIRKÖY-İNCİRLİ	0,40	0,35
ZEYTİNBURNU	0,46	0,44
MERTER	0,35	0,30
DAVUTPAŞA-YTÜ	0,25	0,29
TERAZİDERE	0,28	0,29
OTOGAR	0,56	0,62
KOCATEPE	0,46	0,51
SAĞMALCILAR	0,31	0,31
BAYRAMPAŞA-MALTEPE	0,37	0,44
TOPKAPI-ULUBATLI	0,48	0,47
EMNİYET-FATİH	0,35	0,37
AKSARAY	0,41	0,50
YENİKAPI	0,34	0,42

4.2.2. AHP Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi ve TOD Endeksinin Bulunması

Çok kriterli karar verme yöntemleri mekânsal planlama da dahil olmak üzere birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Thomas L. Saaty tarafından 1971 yılında geliştirilen, kriter çeşitliliğini içeren durumlarda kullanılan subjektif çok kriterli karar verme yöntemidir (Banai, 1998). AHP yöntemi Bir veya birden çok karar vericinin olduğu durumlarda, birçok alternatifin ve kriterin olduğu karar problemlerinde kullanılmaktadır (Ömürbek ve Tunca, 2013). Aynı zamanda mekânsal analizlerde kullanılan en popüler yöntemdir. Diğer yöntemlere göre daha kolay anlaşılabilir bir matematiksel algoritma kullanması, karar vericilerin tercihlerine yer vermesi ve algoritmaların coğrafi bilgi sistemlerinde kullanımının kolay olması sebeplerinden çok sayıda mekânsal analizin yapılmasında tercih edilen bir yöntem olmuştur (Ogrodnik ve Kolendo, 2021).

Bu yöntem sayesinde kriterlerin ikili karşılaştırmaları yapılarak kriter ağırlıkları belirlenir (Banai, 1998). Problemin çözümü için hiyerarşik bir yapı oluşturulur. Bu hiyerarşik yapı genellikle amaç, ölçütler, olası ölçütler ve seçenekler şeklinde oluşturulur (Tektaş Sivrikaya ve Ünal, 2018).

AHP yönteminde öncelikle amaç belirlenir. Amaç, faktör ve alt faktörler belirlendikten sonra bunların ikili karşılaştırma karar matrisleri oluşturulur. Matrisler oluşturulurken genellikle Saaty tarafından geliştirilen (1-9) önem skalası kullanılır. Çalışmada ikili karşılaştırmalar birden fazla uzman tarafından gerçekleştirilmişse bu yargıların birleştirilmesi gerekir. Birleştirme işlemi için önerilen yöntem geometrik ortalamadır. İkili karşılaştırmalar AHP yönteminin en önemli adımıdır. Elde edilen veriler karar matrisine dönüştürülür. Karar matrisleri oluşturulduktan sonra ağırlık veya öncelik vektörlerinin oluşturulması gerekmektedir. Öncelik vektörlerinin oluşturulmasına sıklıkla kullanılan yöntem şu şekildedir; her bir sütun değeri ayrı ayrı ilgili sütunun toplamına bölünerek normalleştirilmiş matris bulunur. Normalleştirilmiş matris kullanılarak her bir sıra değerinin ortalaması alınır. Bu sonuç kriterin önem ağırlığıdır (Dağdeviren vd., 2004). Karar vericinin değerlendirmeleri sırasında tutarlı olup olmadığının kontrol edilmesi gerekir. Tutarlılık oranı tutarlılık indeksinin rastgele indekse oranlanmasıyla elde edilir. %10 tutarlılık oranı için üst sınır olarak kabul edilmektedir. Çıkan değer %10'dan fazla ise karar vericilerin yargılarını gözden

geçirmeleri gerekir. Tablo 4.18’de rastgele tutarlılık endeksi değerleri yer almaktadır (Yetim, 2008).

Tablo 4.18: Rastgele Endeks Sayıları.

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.4	1.45	1.49	1.51	1.54	1.56

Tablo 4.19: Saaty tarafından geliştirilen 1-9 önem skalası.

Değer	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	Her iki faaliyet amaca eşit katkıda bulunur.
3	Orta derecede önemli	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre biraz daha tercih edilir.
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre çok daha tercih edilir.
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir faaliyet diğerine göre çok güçlü şekilde tercih edilir
9	Kesin önemli	Bir faaliyet diğerine göre mümkün olan en yüksek derecede tercih edilir
2,4,6,8	Ara değerler	Bir değerlendirmeyi yapmakta sözler yetersiz kalıyorsa, sayısal değerlerin ortasındaki bir değer verilir.

Çalışma kapsamında belirlenen TOD kriterlerinin ağırlıklarının belirlenmesi için ikinci yöntem olarak AHP yöntemi kullanılmıştır. Belirlenen kriter ağırlıklarının belirlenmesi için ikili karşılaştırma formu hazırlanmış ve TOD konusunda bilgi sahibi 6 uzman şehir plancısından formu doldurmaları istenmiştir (EK 1). Tablo 4.19’da yer alan Saaty’nin önerdiği 9’lu önem ölçeği kullanılarak uzman görüşlerine göre kriterlerin göreceli önemleri belirlenmiştir. Birden fazla uzman görüşüne başvurulduğundan dolayı bütün uzmanların görüşlerinin geometrik ortalaması alınarak ortak görüş değeri belirlenmiştir. Uzman görüşlerini ve geometrik ortalama alındıktan sonra elde edilen görüş Tablo 4.20’de yer almaktadır. Satırın sol tarafındaki kriterlere yakın olan puanlamalar x olarak, sağ tarafındaki kriterlere yakın puanlamalar ise $1/x$ olarak incelenmiştir.

Tablo 4.20: TOD Kriterlerinin İkili Karşılaştırma Tablosu.

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	GEOMETRİK ORTALAĞA	ORTAK GÖRÜŞ	
Nüfus Yoğunluğu	8	7	1/8	7	3	5	3.00	3	Ticari Alan Yoğunluğu
Nüfus Yoğunluğu	7	1/7	1/8	8	5	3	1.57	2	Arazi Kullanım Çeşitliliği
Nüfus Yoğunluğu	7	1/7	1/8	6	6	3	1.54	2	Karmalık Oranı
Nüfus Yoğunluğu	6	1/9	7	2	5	8	2.68	3	Yeşil Alan Yoğunluğu
Nüfus Yoğunluğu	8	5	1	3	4	2	3.14	3	Otopark Alanı Yoğunluğu
Nüfus Yoğunluğu	9	1/2	1/6	3	5	2	1.68	2	İETT Durak Alanı Yoğunluğu
Ticari Alan Yoğunluğu	8	1/7	7	6	4	1/3	2.00	2	Arazi Kullanım Çeşitliliği
Ticari Alan Yoğunluğu	9	1/2	7	5	5	1/3	2.53	3	Karmalık Oranı
Ticari Alan Yoğunluğu	6	1/5	6	4	6	4	2.97	3	Yeşil Alan Yoğunluğu
Ticari Alan Yoğunluğu	9	1	7	4	5	1/5	2.51	3	Otopark Alanı Yoğunluğu
Ticari Alan Yoğunluğu	9	1/2	6	7	5	1/5	2.40	2	İETT Durak Alanı Yoğunluğu

Tablo 4.20: Devam.

Arazi Kullanım Çeşitliliği	8	1	5	4	3	1	2.80	3	Karmalık Oranı
Arazi Kullanım Çeşitliliği	6	1/7	9	4	4	7	3.09	3	Yeşil Alan Yoğunluğu
Arazi Kullanım Çeşitliliği	9	2	9	5	3	1/2	3.27	3	Otopark Alanı Yoğunluğu
Arazi Kullanım Çeşitliliği	9	2	7	4	3	1/2	3.02	3	İETT Durak Alanı Yoğunluğu
Karmalık Oranı	7	1/6	9	3	3	7	2.95	3	Yeşil Alan Yoğunluğu
Karmalık Oranı	9	1/3	6	3	4	1/2	2.18	2	Otopark Alanı Yoğunluğu
Karmalık Oranı	9	4	6	3	4	1/2	3.30	3	İETT Durak Alanı Yoğunluğu
Yeşil Alan Yoğunluğu	8	6	1/7	2	4	1/8	1.38	1	Otopark Alanı Yoğunluğu
Yeşil Alan Yoğunluğu	9	6	1/7	2	4	1/8	1.41	1	İETT Durak Alanı Yoğunluğu
Otopark Alanı Yoğunluğu	9	1	1/3	3	2	1	1.62	2	İETT Durak Alanı Yoğunluğu

Geometrik ortalamalara göre ortak görüş bulunduktan sonra önem matrisi oluşturulmuştur (Tablo 4.21). AHP yönteminde karar matrisleri köşegen 1 olacak şekilde ve kare matris olarak oluşturulur. Köşegenlerin 1 olmasının sebebi her bir kriterin kendine olan üstünlüğünün 1 kabul edilmesidir.

Tablo 4.21: TOD Kriterleri Önem Matrisi.

	A1	A2	B1	C1	C2	C3	D1
A1	1	3	2	2	3	3	2
A2	1/3	1	2	3	3	3	2
B1	1/2	1/2	1	3	3	3	3
C1	1/2	1/3	1/3	1	3	2	3
C2	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1	1
C3	1/3	1/3	1/3	1/2	1	1	2
D1	1/2	1/2	1/3	1/3	1	1/2	1

Karar matrisi oluşturulduktan sonra hesaplamaların yapılması için Super Decision programı kullanılmıştır (Şekil 4.3).

Ticari Alan Yoğunluğu is moderately more important than Yeşil Alan Yoğunluğu	
1. Arazi Kullanım ~	>=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=
2. Arazi Kullanım ~	>=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=
3. Arazi Kullanım ~	>=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=
4. Arazi Kullanım ~	>=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=
5. Arazi Kullanım ~	>=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=
6. Arazi Kullanım ~	>=9.5 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 >=

Şekil 4.3: Super Decisions Programında Yer Alan İkili Karşılaştırma Örneği.

Programda işleme sokulan veri sonucunda her parametrenin ağırlığı belirlenmiştir. Verilerin tutarlılık oranı 0,06 olarak bulunmuştur. Bu kabul edilir düzeyde bir orandır (Şekil 4.4).

Inconsistency: 0.06771		
Arazi Kul-		0.18711
İETT Dura~		0.06801
Karmalık ~		0.12344
Nüfus Yoğ~		0.27454
Otopark A~		0.07392
Ticari Al~		0.21080
Yeşil Ala~		0.06219

Şekil 4.4: Super Decisions Programına Elde Edilen Kriter Ağırlıkları ve Tutarlılık Oranı.

4.2.2.1. Maksimum – Minimum Yöntemi ile Normalize Edilen Verilerin AHP Yöntemi Kullanılarak Ağırlıklandırılması ve TOD Endeksinin Bulunması

AHP yöntemi ile her kriterin ağırlığı belirlendikten sonra maksimum minimum yöntemi ile normalize edilen veri Bölüm 4’te yer alan TOD Endeksi formülü ile işleme sokularak her istasyona ait TOD değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.22).

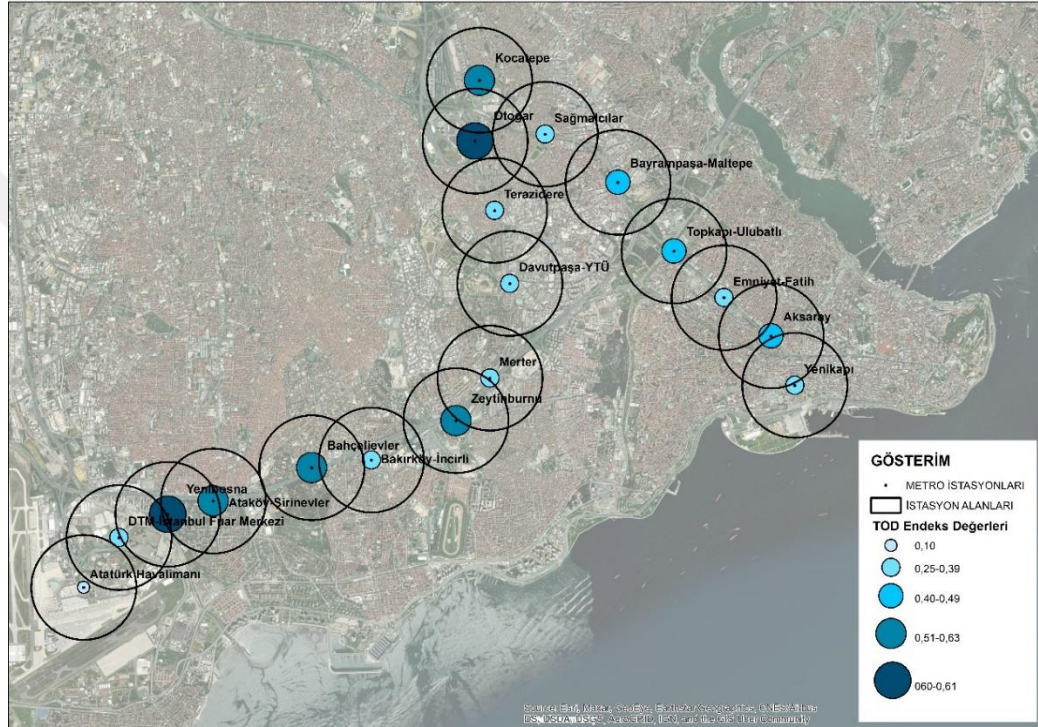
Tablo 4.22: İstasyonların TOD Endeks Değerleri (AHP ve maksimum-minimum yöntemi ile).

DURAK ADI	A1	A2	B1	C1	C2	C3	D1	TOD ENDEKSİ
HAVALİMANI	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
DTM İST. FUAR MERKEZİ	0,10	0,02	0,15	0,00	0,01	0,04	0,00	0,32
YENİBOSNA	0,15	0,05	0,18	0,09	0,01	0,05	0,07	0,60
ATAKÖY-ŞİRİNEVLER	0,27	0,02	0,10	0,11	0,01	0,01	0,06	0,58
BAHÇELİEVLER	0,26	0,02	0,11	0,11	0,00	0,00	0,03	0,54
BAKIRKÖY-İNCİRLİ	0,10	0,01	0,12	0,12	0,01	0,00	0,03	0,39
ZEYTİNBURNU	0,10	0,10	0,17	0,09	0,02	0,01	0,02	0,52
MERTER	0,00	0,01	0,14	0,11	0,01	0,00	0,03	0,31
DAVUTPAŞA-YTÜ	0,08	0,01	0,11	0,05	0,00	0,01	0,02	0,28
TERAZİDERE	0,06	0,05	0,15	0,06	0,01	0,01	0,01	0,35
OTOGAR	0,12	0,17	0,17	0,05	0,01	0,07	0,02	0,61
KOCATEPE	0,09	0,21	0,19	0,05	0,02	0,03	0,00	0,58
SAĞMALCILAR	0,06	0,02	0,13	0,08	0,01	0,00	0,02	0,33
BAYRAMPAŞA-MALTEPE	0,02	0,12	0,18	0,01	0,04	0,00	0,03	0,41
TOPKAPI-ULUBATLI	0,05	0,01	0,18	0,08	0,06	0,00	0,04	0,42

Tablo 4.22: Devam.

EMNİYET-FATİH	0,04	0,06	0,16	0,06	0,01	0,00	0,04	0,37
AKSARAY	0,07	0,13	0,15	0,01	0,01	0,00	0,06	0,44
YENİKAPI	0,00	0,13	0,17	0,01	0,01	0,00	0,05	0,36

Yapılan hesaplamalar sonucunda en yüksek TOD endeksine sahip olan istasyon 0,61 ile Otogar istasyonu olurken en düşük istasyon ise 0,10 ile Atatürk Havalimanı istasyonu olmuştur.



Şekil 4.5: Maksimum-Minimum Yöntemine Göre Normalize Edilen Verilerin AHP Yöntemi ile Ağırlıklandırılmasıyla Elde Edilen TOD Endeks Değeri.

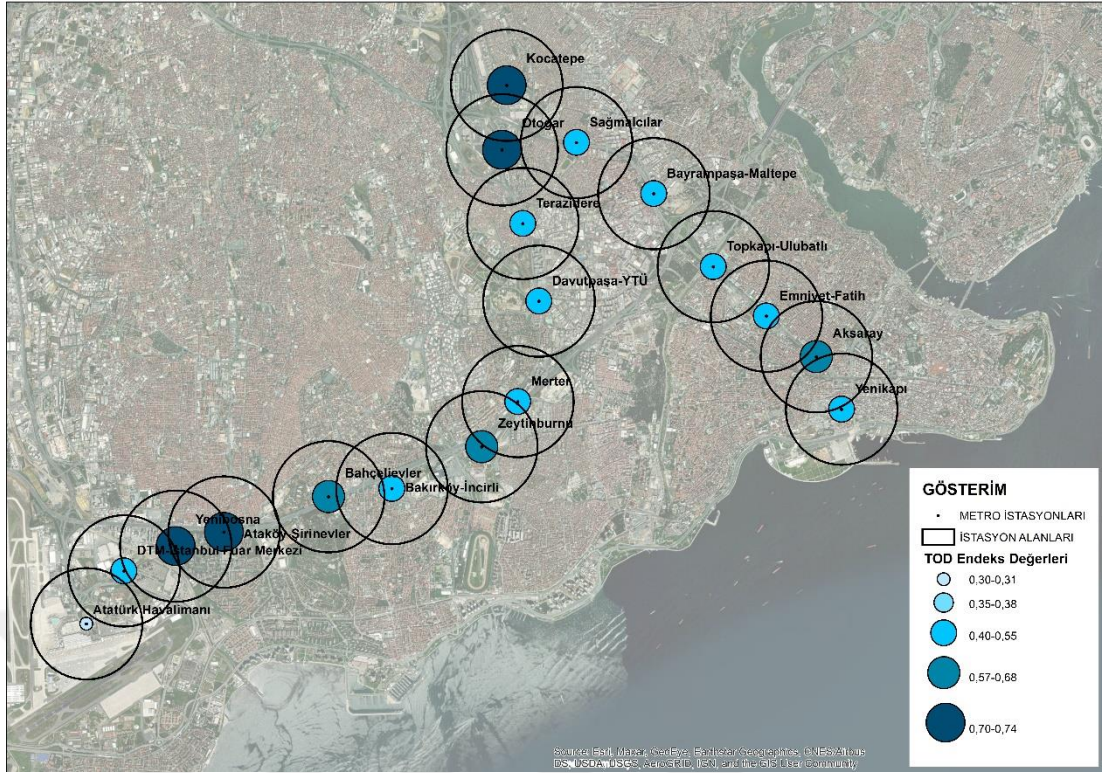
4.2.2.2. Maksimuma Oranlama Yöntemi ile Normalize Edilen Verilerin AHP Yöntemi Kullanılarak Ağırlıklandırılması ve TOD Endeksinin Bulunması

Önceki bölümde olduğu gibi AHP yöntemi ile her kriterin ağırlığı belirlendikten sonra maksimuma oranlama yöntemi ile normalize edilen veri Bölüm 4'te yer alan TOD Endeksi formülü ile işleme sokularak her istasyona ait TOD değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.23: İstasyonların TOD Endeks Değerleri (AHP ve maksimuma oranlama yöntemi ile).

DURAK ADI	A1	A2	B1	C1	C2	C3	D1	TOD ENDEKSİ
HAVALİMANI	0,10	0,00	0,06	0,12	0,00	0,00	0,01	0,30
DTM İST. FUAR MERKEZİ	0,10	0,02	0,16	0,13	0,01	0,04	0,01	0,47
YENİBOSNA	0,15	0,05	0,18	0,20	0,01	0,05	0,07	0,72
ATAKÖY-ŞİRİNEVLER	0,27	0,02	0,13	0,21	0,01	0,01	0,07	0,72
BAHÇELİEVLER	0,26	0,02	0,14	0,22	0,00	0,00	0,04	0,68
BAKIRKÖY-İNCİRLİ	0,10	0,01	0,14	0,23	0,01	0,00	0,04	0,53
ZEYTİNBURNU	0,10	0,10	0,18	0,20	0,02	0,01	0,03	0,64
MERTER	0,01	0,01	0,16	0,22	0,01	0,00	0,03	0,44
DAVUTPAŞA-YTÜ	0,08	0,01	0,14	0,16	0,01	0,01	0,03	0,43
TERAZİDERE	0,07	0,05	0,16	0,18	0,01	0,01	0,01	0,48
OTOGAR	0,12	0,17	0,18	0,17	0,01	0,07	0,03	0,74
KOCATEPE	0,09	0,21	0,19	0,17	0,02	0,03	0,01	0,71
SAĞMALCILAR	0,06	0,02	0,15	0,20	0,01	0,00	0,03	0,47
BAYRAMPAŞA-MALTEPE	0,02	0,12	0,18	0,14	0,04	0,00	0,04	0,54
TOPKAPI-ULUBATLI	0,05	0,01	0,18	0,19	0,06	0,00	0,05	0,55
EMNİYET-FATİH	0,05	0,06	0,17	0,18	0,01	0,00	0,04	0,51
AKSARAY	0,08	0,13	0,16	0,13	0,01	0,00	0,07	0,58
YENİKAPI	0,01	0,13	0,17	0,13	0,01	0,00	0,05	0,50

Yapılan hesaplamalar sonucunda en yüksek TOD endeksine sahip olan istasyon 0,74 ile Otogar istasyonu olurken en düşük istasyon ise 0,30 ile Atatürk Havalimanı istasyonu olmuştur.



Şekil 4.6: Maksimuma Oranlama Yöntemine Göre Normalize Edilen Verilerin AHP Yöntemi ile Ağırlıklandırılmasıyla Elde Edilen TOD Endeks Değeri.

4.2.2.3. AHP Yöntemi ile Ağırlıklandırma Yapılırken Farklı Normalizasyon Yöntemi Kullanımının TOD Endeks Değerine Etkisi

AHP yöntemi kullanılırken iki farklı normalizasyon yönteminden elde edilen değerler kullanılmıştır. Bu değerlerin karşılaştırılması yapıldığında farklılıklar olmasına rağmen sonuçların birbirinden çok farklı olmadığı görülmüştür. Her iki normalizasyon yöntemi sonucunda en yüksek TOD endeks puanını alan istasyon Otogar istasyonu, en düşük puan istasyon ise Atatürk Havalimanı istasyonu olmuştur.

Tablo 4.24: AHP Yöntemi ile Ağırlıklandırma Yapılırken Farklı Normalizasyon Yöntemi Kullanımının TOD Endeks Değerine Etkisi.

DURAK ADI	TOD ENDEKSİ (Maksimum-Minimum Yöntemi)	TOD ENDEKSİ (Maksimuma Oranlama Yöntemi)
HAVALİMANI	0,10	0,30
DTM İST. FUAR MERKEZİ	0,32	0,47

Tablo 4.24: Devam.

YENİBOSNA	0,60	0,72
ATAKÖY-ŞİRİNEVLER	0,58	0,72
BAHÇELİEVLER	0,54	0,68
BAKIRKÖY-İNCİRLİ	0,39	0,53
ZEYTİNBURNU	0,52	0,64
MERTER	0,31	0,44
DAVUTPAŞA-YTÜ	0,28	0,43
TERAZİDERE	0,35	0,48
OTOGAR	0,61	0,74
KOCATEPE	0,58	0,71
SAĞMALCILAR	0,33	0,47
BAYRAMPAŞA-MALTEPE	0,41	0,54
TOPKAPI-ULUBATLI	0,42	0,55
EMNİYET-FATİH	0,37	0,51
AKSARAY	0,44	0,58
YENİKAPI	0,36	0,50

4.2.3. Eşit Ağırlıklandırma Yöntemi Kullanılarak Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi ve TOD Endeksinin Bulunması

Bu yöntemde tüm kriter ağırlıklarının birbirine eşit olduğu varsayılmaktadır (Erpolat Taşabat vd., 2015). Çalışmada 7 kriter kullanıldığı için her bir kriterin ağırlığı ‘‘1/7’’ olarak belirlenmiştir. Tablo 4.25’te Eşit Kriter Ağırlıklandırma Yöntemi sonucu belirlenen kriter ağırlıkları bulunmaktadır.

Tablo 4.25: Eşit Ağırlıklandırma Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi.

KOD	Ağırlık
A1	0,142857
A2	0,142857
B1	0,142857
C1	0,142857
C2	0,142857
C3	0,142857
D1	0,142857
Toplam	1

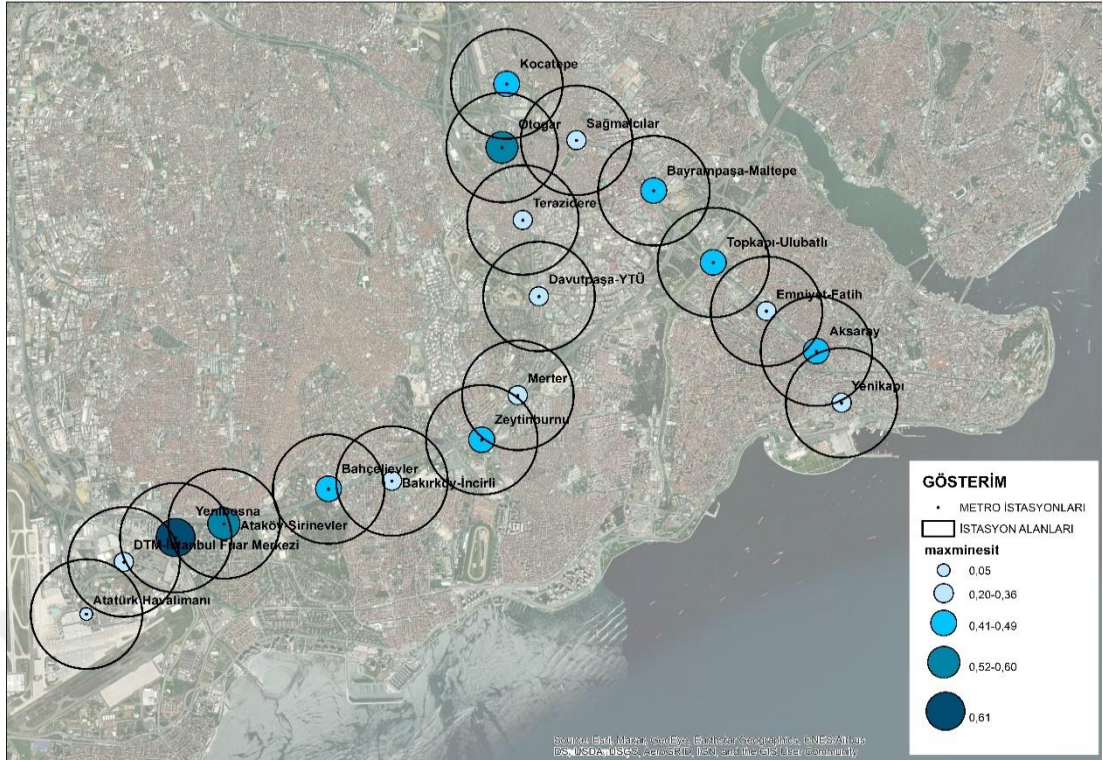
4.2.3.1. Maksimum – Minimum Yöntemi ile Standart Hale Getirilen Verilerin Eşit Ağırlıklandırma Yöntemi Kullanılarak Ağırlıklandırılması ve TOD Endeksinin Bulunması

Maksimum minimum yöntemi ile standart hale getirilen veriler ve belirlenen eşit ağırlık değeri kullanılarak her istasyon için TOD endeksi değeri bulunmuştur. Maksimum minimum yöntemine göre normalize edilmiş veriler, eşit ağırlıklandırmada çıkan değer olan 0.142857 ile çarpılmıştır. Her istasyon için elde edilen bu verilerin toplamı ile TOD endeksi elde edilmektedir (Tablo 4.26).

Tablo 4.26: Eşit Ağırlıklandırma Yöntemi ile Elde Edilen TOD Endeks Değerleri (Maksimum minimum yöntemi ile standardize edilen veri kullanılmıştır).

İSTASYON ADI	A1	A2	B1	C1	C2	C3	D1	TOD ENDEKSİ
HAVALİMANI	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
DTM İST. FUAR MERKEZİ	0,37	0,09	0,80	0,02	0,13	0,60	0,00	0,29
YENİBOSNA	0,55	0,24	0,96	0,77	0,18	0,61	1,00	0,61
ATAKÖY-ŞİRİNEVLER	1,00	0,09	0,52	0,86	0,18	0,12	0,91	0,53
BAHÇELİEVLER	0,96	0,09	0,59	0,93	0,03	0,00	0,45	0,44
BAKIRKÖY-İNCİRLİ	0,37	0,03	0,63	1,00	0,17	0,00	0,48	0,38
ZEYTİNBURNU	0,37	0,48	0,93	0,77	0,36	0,11	0,30	0,47
MERTER	0,02	0,05	0,76	0,91	0,16	0,04	0,43	0,34
DAVUTPAŞA-YTÜ	0,28	0,05	0,59	0,37	0,07	0,10	0,34	0,26
TERAZİDERE	0,24	0,24	0,80	0,51	0,09	0,08	0,09	0,29
OTOGAR	0,43	0,78	0,91	0,42	0,20	1,00	0,30	0,58
KOCATEPE	0,32	1,00	1,00	0,40	0,25	0,42	0,05	0,49
SAĞMALCILAR	0,21	0,12	0,70	0,67	0,14	0,00	0,34	0,31
BAYRAMPAŞA-MALTEPE	0,06	0,59	0,96	0,12	0,60	0,01	0,50	0,41
TOPKAPI-ULUBATLI	0,17	0,05	0,94	0,65	1,00	0,00	0,64	0,49
EMNİYET-FATİH	0,16	0,30	0,85	0,49	0,14	0,00	0,57	0,36
AKSARAY	0,27	0,63	0,80	0,07	0,19	0,00	0,95	0,42
YENİKAPI	0,00	0,60	0,89	0,05	0,19	0,06	0,73	0,36

Yapılan hesaplama sonucunda en yüksek TOD değerine sahip olan istasyon Yenibosna İstasyonu olurken en düşük değere sahip istasyon ise Atatürk Havalimanı İstasyonu olmuştur (Şekil 4.7).



Şekil 4.7: Maksimum-Minimum Yöntemine Göre Normalize Edilen Verilerin Eşit Ağırlıklandırma Yöntemi ile Ağırlıklandırılmasıyla Elde Edilen TOD Endeks Değeri.

4.2.3.2. Maksimuma Oranlama Yöntemi ile Standart Hale Getirilen Verilerin Eşit Ağırlıklandırma Yöntemi Kullanılarak Ağırlıklandırılması ve TOD Endeksinin Bulunması

Maksimuma oranlama yöntemi ile standart hale getirilen veriler, eşit ağırlık değeri olan 0.142857 ile çarpılarak her istasyon için TOD endeksi değeri bulunmuştur (Tablo 4.27).

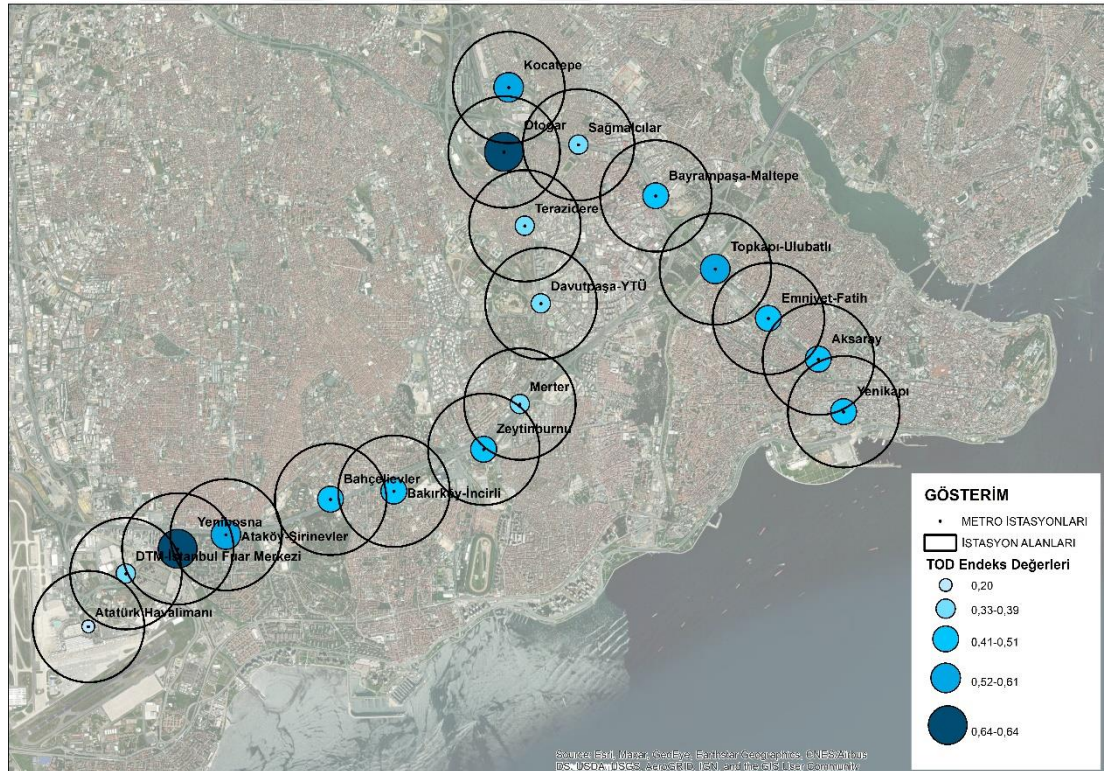
Tablo 4.27: Eşit Ağırlıklandırma Yöntemi ile Elde Edilen TOD Endeks Değerleri (Maksimuma oranlama yöntemi ile standardize edilen veri kullanılmıştır).

İSTASYON ADI	A1	A2	B1	C1	C2	C3	D1	TOD ENDEKSİ
HAVALİMANI	0,38	0,00	0,32	0,54	0,05	0,00	0,09	0,20
DTM İST. FUAR MERKEZİ	0,38	0,09	0,86	0,55	0,17	0,60	0,09	0,39
YENİBOSNA	0,55	0,24	0,97	0,89	0,21	0,61	1,04	0,65
ATAKÖY-ŞİRİNEVLER	1,00	0,09	0,67	0,94	0,22	0,12	0,96	0,57
BAHÇELİEVLER	0,96	0,09	0,72	0,97	0,07	0,00	0,52	0,48

Tablo 4.27: Devam.

BAKIRKÖY-İNCİRLİ	0,38	0,03	0,75	1,00	0,21	0,00	0,54	0,41
ZEYTİNBURNU	0,38	0,48	0,95	0,89	0,38	0,11	0,37	0,51
MERTER	0,03	0,05	0,84	0,96	0,20	0,04	0,50	0,37
DAVUTPAŞA-YTÜ	0,29	0,05	0,72	0,71	0,11	0,10	0,41	0,34
TERAZİDERE	0,25	0,24	0,86	0,77	0,13	0,08	0,17	0,36
OTOGAR	0,45	0,78	0,94	0,73	0,24	1,00	0,37	0,64
KOCATEPE	0,34	1,00	1,00	0,72	0,28	0,42	0,13	0,56
SAĞMALCILAR	0,23	0,12	0,80	0,85	0,18	0,00	0,41	0,37
BAYRAMPAŞA-MALTEPE	0,08	0,59	0,97	0,59	0,62	0,01	0,57	0,49
TOPKAPI-ULUBATLI	0,19	0,05	0,96	0,84	1,00	0,00	0,70	0,53
EMNİYET-FATİH	0,18	0,30	0,90	0,76	0,18	0,00	0,63	0,42
AKSARAY	0,28	0,63	0,86	0,57	0,23	0,00	1,00	0,51
YENİKAPI	0,02	0,60	0,92	0,56	0,22	0,06	0,78	0,45

Yapılan hesaplama sonucunda en yüksek TOD değerine sahip olan istasyon Yenibosna İstasyonu olurken en düşük değere sahip istasyon ise Atatürk Havalimanı İstasyonu olmuştur (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: Maksimuma Oranlama Yöntemine Göre Normalize Edilen Verilerin Eşit Ağırlıklandırma Yöntemi ile Ağırlıklandırılmasıyla Elde Edilen TOD Endeks Değeri.

4.2.3.3. Eşit Ağırlıklandırma Yöntemi ile Ağırlıklandırma Yapılırken Farklı Normalizasyon Yöntemi Kullanımının TOD Endeks Değerine Etkisi

Eşit Ağırlıklandırma yöntemi ile kriter ağırlıkları belirlendikten sonra maksimum minimum yöntemi ve maksimuma oranlama yöntemi ile normalize edilen veriler ayrı ayrı işleme konulmuştur. İki yöntem sonucunda elde edilen veriler karşılaştırıldığında büyük farklar bulunmadığı görülmüştür. Her iki yöntemde de en yüksek TOD endeks değerine sahip olan istasyon Yenibosna olurken, en düşük değere sahip istasyon ise Atatürk Havalimanı İstasyonu olmuştur (Tablo 4.28).

Tablo 4.28: Eşit Ağırlıklandırma Yöntemine Farklı Normalizasyon Yöntemlerinin Kullanılmasının TOD Endeksine Etkisi.

İSTASYON ADI	TOD ENDEKSİ (Maksimum- Minimum Yöntemi)	TOD ENDEKSİ (Maksimuma Oranlama Yöntemi)
HAVALİMANI	0,05	0,20
DTM İST. FUAR MERKEZİ	0,29	0,39
YENİBOSNA	0,61	0,65
ATAKÖY-ŞİRİNEVLER	0,53	0,57
BAHÇELİEVLER	0,44	0,48
BAKIRKÖY-İNCİRLİ	0,38	0,41
ZEYTİNBURNU	0,47	0,51
MERTER	0,34	0,37
DAVUTPAŞA-YTÜ	0,26	0,34
TERAZİDERE	0,29	0,36
OTOGAR	0,58	0,64
KOCATEPE	0,49	0,56
SAĞMALCILAR	0,31	0,37
BAYRAMPAŞA-MALTEPE	0,41	0,49
TOPKAPI-ULUBATLI	0,49	0,53
EMNİYET-FATİH	0,36	0,42
AKSARAY	0,42	0,51
YENİKAPI	0,36	0,45

4.2.4. Farklı Yöntemlerle Elde Edilen TOD Endeks Değerlerinin Karşılaştırılması

Belirlenen kriterlerle ilgili hesaplamalar maksimum minimum yöntemi ve maksimuma oranlama yöntemi ile normalize edilmiştir. 2 yöntem sonucunda elde edilen veriler CRITIC, AHP ve eşit ağırlıklandırma yöntemleriyle ayrı ayrı ağırlıklandırıldıktan sonra her istasyon için bir TOD endeks değeri elde edilmiştir. Tablo 4.29’da farklı yöntemlerin TOD endeks değerine etkisi yer karşılaştırmalı olarak yer almaktadır.

Tablo 4.29: Farklı Yöntemler Kullanılarak Elde Edilen TOD Endeks Değerlerinin Karşılaştırılması.

DURAK ADI	CRITIC Maksimum- Minimum Yöntemi	CRITIC Maksimuma Oranlama Yöntemi	AHP Maksimum- Minimum Yöntemi	AHP Maksimuma Oranlama Yöntemi	EŞİT A. Maksimum- Minimum Yöntemi	EŞİT A. Maksimuma Oranlama Yöntemi
HAVALİMANI	0,05	0,16	0,10	0,30	0,05	0,20
DTM İST. FUAR MERKEZİ	0,25	0,34	0,32	0,47	0,29	0,39
YENİBOSNA	0,63	0,63	0,60	0,72	0,61	0,65
ATAKÖY-ŞİRİNEVLER	0,55	0,55	0,58	0,72	0,53	0,57
BAHÇELİEVLER	0,45	0,42	0,54	0,68	0,44	0,48
BAKIRKÖY-İNCİRLİ	0,40	0,35	0,39	0,53	0,38	0,41
ZEYTİNBURNU	0,46	0,44	0,52	0,64	0,47	0,51
MERTER	0,35	0,30	0,31	0,44	0,34	0,37
DAVUTPAŞA-YTÜ	0,25	0,29	0,28	0,43	0,26	0,34
TERAZİDERE	0,28	0,29	0,35	0,48	0,29	0,36
OTOGAR	0,56	0,62	0,61	0,74	0,58	0,64
KOCATEPE	0,46	0,51	0,58	0,71	0,49	0,56
SAĞMALCILAR	0,31	0,31	0,33	0,47	0,31	0,37
BAYRAMPAŞA-MALTEPE	0,37	0,44	0,41	0,54	0,41	0,49
TOPKAPI-ULUBATLI	0,48	0,47	0,42	0,55	0,49	0,53
EMNİYET-FATİH	0,35	0,37	0,37	0,51	0,36	0,42
AKSARAY	0,41	0,50	0,44	0,58	0,42	0,51
YENİKAPI	0,34	0,42	0,36	0,50	0,36	0,45

TOD endeksi en yüksek istasyon CRITIC ve Eşit Ağırlıklandırma yöntemlerinde Yenibosna istasyonu, AHP yönteminde ise Otogar istasyonu olurken, en düşük istasyon ise tüm yöntemlerde Atatürk Havalimanı istasyonu olmuştur. Farklı normalizasyon ve ağırlıklandırma yöntemlerinin kullanılmasının endeks skorlarına etkisi olduğu görülmektedir.



5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Çalışma kapsamında TOD kavramı üzerinde durulmuştur. TOD kavramının ortaya çıkışı incelendiğinde hızlı kentleşmenin beraberinde getirdiği sorunlara bir çözüm önerisi olarak ortaya çıkan sürdürülebilir bir yöntem olduğu görülmüştür. TOD ilgili çalışmalar kavramın çok yönlü olduğunu da göstermektedir.

Yapılan kapsamlı literatür çalışması sonucunda nüfus yoğunluğu, ticari alan yoğunluğu, karmalık oranı, yeşil alan yoğunluğu, otopark alanı yoğunluğu ve İETT durak yoğunluğu kriterleri belirlenmiştir. Belirlenen kriterler maksimum minimum yöntemi ve maksimuma oranlama yöntemi ile normalize edilmiştir. Sonraki aşamada ise seçilen subjektif, objektif ve eşit ağırlıklandırma yöntemi ile ağırlıkları belirlenmiştir. Son olarak İstanbul M1A Atatürk Havalimanı-Yenikapı metro hattına bulunan 18 istasyonun TOD endeks değerleri bulunmuş, farklı yöntemlere göre elde edilen sonuçlar incelenmiştir.

İncelemeler sonucuna CRITIC yöntemi ile Eşit Ağırlıklandırma yöntemi sonucunda en yüksek TOD değerine sahip istasyon alanı Yenibosna istasyonu olarak bulunmuştur. Yenibosna istasyonunun en yüksek değeri aldığı yöntem ise maksimuma oranlama ile normalize edilen verinin AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmasının yapıldığı yöntemdir. Bu durumda Yenibosna istasyonunun TOD endeks değeri 0,72 olmuştur. AHP yönteminde ise en yüksek TOD endeks değerine sahip istasyon Otogar istasyonu olmaktadır. Maksimuma oranlama ile normalize edilen veri AHP yöntemiyle ağırlıklandırıldıktan sonra Otogar istasyonunun TOD endeks değeri 0,74 olarak bulunmuştur. Bir istasyon alanının iyi bir TOD alanı olarak kabul edilmesi için gereken değer 0,75 olarak kabul edilmektedir. Buna göre Yenibosna, Ataköy Şirinevler ve Otogar istasyon alanları 0,75 değerine en yakın değere sahip istasyon alanları olmaktadır. Bu istasyon alanlarının nüfus yoğunluğu, karmalık oranı ve İETT Durak Yoğunluğu kriterlerinden yüksek puan aldıkları görülmektedir. Atatürk Havalimanı istasyonu ise tüm yöntemlerde en düşük TOD endeks değerine sahip olan istasyon alanı olmuştur. İnceleme alanının Havalimanı alanı olması sebebiyle Arazi Kullanım Çeşitliliği, Karmalık Oranı, Yeşil Alan Yoğunluğu, Otopark Alanı Yoğunluğu ve İETT Durak Yoğunluğu kriterlerinden en düşük puanı almaktadır.

Havalimanı olması sebebiyle bu kriterlerden düşük puan almış olması göz önünde bulundurulmalıdır.

Çalışmada istasyon alanlarının TOD endeks değerlerini bularak, M1A metro hattının TOD kriterlerine uygun olup olmadığının belirlenmesine odaklanılmıştır. Elde edilen sonuçlar metro hattının bütüncül olarak TOD modeline uygun olmadığını ancak Yenibosna ve Otogar istasyonlarının diğer istasyonlara göre daha avantajlı olduğunu göstermiştir. Alanların TOD endeks değerlerini arttırmak amacıyla, arazi kullanım çeşitliliği, alanın karma kullanımı, yeşil alan yoğunluğu ve otopark alanları artırılmalıdır. Toplu taşıma kullanımını arttırmak amacıyla yaya ve bisiklet öncelikli yollar planlanmalıdır. Bu sayede sürdürülebilir ulaşım modelleri teşvik edilerek sürdürülebilir kentleşme için çalışmalar yapılması kentlerimizin geleceği için oldukça önemlidir. Yapılacak sonraki çalışmalarda istasyonların TOD endeks değerlerinin artırılmasına yönelik uygulama ve tasarım alternatifleri değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

- Akbulut, F. (2016). Kentsel Ulaşım Hizmetlerinin Planlanması ve Yönetiminde Sürdürülebilir Politika Önerileri. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*(11).
- Akçakanat, Ö., Aksoy, E., & Teker, T. (2018). CRITIC ve MDL Temelli Edas Yöntemi İle Tr-61 Bölgesi Bankalarının Performans Değerlendirmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*(32), s. 1-24.
- Altuntaş, S. T., & Eyigün, Y. (2021). Sürdürülebilir Kent İçi Ulaşım Politikaları Raylı Sistemler Örneği. *Journal of Technology and Applied Sciences*, 3(1), s. 217-233.
- Aydemir, K. K., Akyüz, B., Yılmazsoy, B. K., Akdemir, Ç., & Güler, S. (2018). Kentsel Ulaşımında Yaya Öncelikli Planlama/Tasarım ve Transit Odaklı Gelişimin Metropol Kentlerdeki Deneyimi, İstanbul Örneği. *Kent Akademisi*.
- Banai, R. (1998). Transit-Oriented Development Suitability Analysis by the Analytic Hierarchy Process and a Geographic Information System: A Prototype Procedure. *Journal of Public Transportation*, 2(1), s. 43-65.
- Berawi, M. A., Saroji, G., Iskandar, F. A., Ibrahim, B. E., Miraj, P., & Sari, M. (2020). Optimizing Land Use Allocation of Transit-Oriented. *Sustainability*.
- Bhatnagar, S., Jain, D., & Sacheva, K. (2022). Effect of transit-oriented development on air quality in neighbourhoods of Delhi. *World Development Sustainability*.
- Bozkurt, İ. M. (2010). İstanbul Kentiçi Toplu Ulaşım Tarihi Literatürü. *Türkiye Araştırmaları Literatür Dergisi*, 8(10), s. 355-366.
- Bulğurcu, B. (2019). Çok Nitelikli Fayda Teorisi ile CRITIC Yöntem. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 13(9). doi:10.26466/opus.584123
- Cevher, Ö. Ö., Altıntasi, O., & Yaman, H. T. (2020). Evaluating the Relation Between Station Area Design Parameters and Transit Usage for Urban Rail Systems in Ankara, Turkey. *International Journal of Civil Engineering*(951-966).
- Chatman, D. G. (2013). Does TOD Need the T? *Journal of the American Planning Association*. doi:doi.org/10.1080/01944363.2013.791008
- Dağdeviren, M., Akay, D., & Kurt, M. (2004). İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(2), s. 131-138.
- Dalbudak, E., & Rençber, Ö. F. (2022). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Üzerine Literatür İncelemesi. *GAUNIIBFD*, 4(1), s. 1-16.

- Döker, M. F. (2012). *İstanbul Kentsel Büyüme Sürecinin Belirlenmesi, İzlenmesi ve Modellenmesi*.
- Erikli, S., & Türkoğlu, S. (2020, 12 19). Türkiye'de Düzey-2 Kapsamında Yer Alan Bölgelerin İşgücü Piyasası Performans Analizi. *Beykoz Akademi Dergisi*, 8, s. 229-250. doi:10.14514/BYK.m.26515393
- Erpolat Taşabat, S., Cinemre, N., & Çen, S. (2015). Farklı Ağırlıklandırma Tekniklerinin Denendiği Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri. *Social Sciences Research Journal*.
- Evren, G. (2001). İstanbul Ulaştırmasının Dünü, Bugünü. *Türkiye Mühendislik Haberleri*(413).
- Fauzi, F. N., & Herlily. (2020). Transit-oriented development principle exploration of Kampung Muka, Ancol, North Jakarta. *AIP Conference Proceedings*.
- Ibrahim, S. M., Ayad, H. M., Turki, E. A., & Saadallah, D. M. (2023). Measuring Transit-Oriented Development (TOD) levels: Prioritize potential areas for TOD in Alexandria, Egypt using GIS-Spatial Multi-Criteria based model. *Alexandria Engineering Journal*, 67, s. 241-255.
- Karakoç, E. (2015). Cumhuriyet Döneminde İstanbul'da Ulaşım. *Antik Çağ'dan XXI. Yüzyıla Büyük İstanbul Tarihi* (Cilt 6). içinde
- Khare, R., Villuri, V. G., Chaurasia, D., & Kumari, S. (2021). Measurement of transit-oriented development (TOD) using GIS technique: a case study. *Arabian Journal of Geosciences*(14). doi:https://doi.org/10.1007/s12517-021-07142-y
- Kidokoro, T. (2019). Transit-Oriented Development Policies and Station Area Development in Asian Cities. *ADB Working Papers*.
- Kırkık Aydemir, K. (2018). Kentsel Ulaşımında Yaya Öncelikli Planlama/Tasarım ve Transit Odaklı Gelişimin Metropol Kentlerdeki Deneyimi, İstanbul Örneği. *Kent Akademisi*.
- Kristianto, A. (2020). Development Of Transit Oriented Development. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.
- Kumar, P. P., Sekhar, C. R., & Parida, M. (2020). Identification of neighborhood typology for potential transit-oriented development. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 78. doi:https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.11.015
- Kütük, T., & Yalçiner Ercoşkun, Ö. (2019). Ankara-Batıkent ve Koru Metro İstasyonlarının Toplu Taşıma Odaklı. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*.
- Li, J., Lo, X., Wang, H., Qiu, Y., & Fan, W. (2022). Bilevel Programming Model for Park-and-Ride Versus Transit-Oriented Development: A Case Study of Chengdu City, China. *Journal of Urban Planning and Development*, 148(1).

- Liu, Y., & Arribas-Bel, D. (2020). Considering context and dynamics: A classification of transit-orientated development for New York City. *Journal of Transport Geography*, 85. doi:https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102711
- Liu, Y., Nath, N., Murayama, A., & Manabe, R. (2022). Transit-oriented development with urban sprawl? Four phases of urban growth and policy intervention in Tokyo. *Land Use Policy*. doi:https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105854
- Metro İstanbul*. (2023).
- Nafi, S., Furlan, R., Grosvald, M., Al-Matwi, R., & Martya, H. L. (2021). Transit-Oriented Development in Doha: The Case of the Al Sadd Neighborhood and Hamad Hospital Metro Station. *Designs*, 5(61). doi:https://doi.org/10.3390/designs5040061
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2004). *Transit-Oriented Development in the United States: Experiences, Challenges, and Prospects*. doi:doi.org/10.17226/23360
- Nebati, E. E., Sağanda, G. N., Erol, H., Subaşı, S. R., & Göz, T. E. (2021). Analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemi ile çalışan performansının . *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, s. 582-590.
- Niray, N. (2002). Tarihsel Süreç İçinde Kentleşme Olgusu ve Muğla Örneği. *Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*(9).
- Niu, S., Hu, A., Shen, Z., Huang, Y., & Mou, Y. (2021). Measuring the built environment of green transit-oriented development: A factor-cluster analysis of rail station areas in Singapore. *Frontiers of Architectural Research*, 10(3), s. 652-668.
- Odu, G. (2019). Weighting Methods for Multi-Criteria Decision Making Technique. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*(23), 1449-1457. doi:https://dx.doi.org/10.4314/jasem.v23i8.7
- Ogra, A., & Ndebele, R. (2014). The Role of 6Ds: Density, Diversity, Design, Destination, Distance, and Demand Management in Transit Oriented Development (TOD). *Neo-International Conference on Habitable Environments*.
- Ogrodnik, K., & Kolendo, Ł. (2021). Application of gis technology and AHP to determine the areas with fully developed, compact functional and spatial structure: A case study of Bialystok, Poland. *Land Use Policy*.
- Ömürbek, N., & Tunca, Z. (2013). Analitik Hiyeraş Süreci ve Analitik Ağ Süreci Yöntemlerinde Grup Kararı Verilmesi Aşamasına İlişkin Bir Örnek Uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi*, 18, s. 47-70.
- Pilatin, K. (2019). Toplu Taşıma Odaklı Gelişme Yaklaşımının Marmaray Hattı Örneği Kapsamında Değerlendirilmesi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

- Pongprasert, P., & Kubota, H. (2019). TOD residents' attitudes toward walking to transit station: a case study of transit-oriented developments (TODs) in Bangkok, Thailand. *Journal of Modern Transportation*.
- Searle, G., Darchen, S., & Huston, S. (2014). Positive and Negative Factors for Transit Oriented Development: Case Studies from Brisbane, Melbourne and Sydney. *Urban Policy and Research*. doi:https://doi.org/10.1080/08111146.2014.931280
- Semiha Sultan Tekkanat, S. N. (2018). Tarih Boyunca Kent Formlarının Biçimlenişi Üzerine Bir. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(4), s. 107-124.
- Singh, J., Fard, P., Zuidgeest, M., Brussel, M., & Maarseveen, M. v. (2014). Measuring transit oriented development: a spatial multi criteria assessment approach for the City Region Arnhem and Nijmegen. *Journal of Transport Geography*.
- Susetyarto, M. B. (2020). The Development Design Model for Bogor Station. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.
- Tamakloe, R., Hong, J., & Tak, J. (2021). Determinants of transit-oriented development efficiency focusing on an integrated subway, bus and shared-bicycle system: Application of Simar-Wilson's two-stage approach. *Cities*, 108. doi:https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102988
- Tektaş Sivrikaya, B., & Ünal, E. (2018). AHP Grup Karar Verme Yöntemi İle Bilgi İşlem Çalışanlarının Yetkinlik Temelli Performanslarının Değerlendirilmesi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, s. 501-514.
- Thomas, R., Pojani, D., Lenferink, S., Bertolini, L., Stead, D., & Krabben, E. v. (2018). Is transit-oriented development (TOD) an internationally transferable policy concept? *Regional Studies*, 52. doi:https://doi.org/10.1080/00343404.2018.1428740
- Topal, A. K. (2004). Kavramsal Olarak Kent Nedir ve Türkiye'de Kent Neresidir? *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6(1).
- Tuncer Şakar, C., & Yet, B. (2018). Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde Faya Fonksiyonu Ağırlıklarının Tahmin Edilmesi İçin Matematiksel Model Temelli Bir Yöntem. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 23(1). doi:10.17482/uumfd.346417
- Xiao, L., Lo, S., Liu, J., Zhou, J., & Li, Q. (2021). Nonlinear and synergistic effects of TOD on urban vibrancy: Applying local explanations for gradient boosting decision tree. *Sustainable Cities and Society*.
- Yap, J. B., & Goh, S. V. (2017). Determining the potential and requirements of transit-oriented development (TOD): The case of Malaysia. *Property Management*.
- Yetim, S. (2008). Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi İlköğretim Matematik Öğretmenliği Programı Birinci Sınıf Öğrencilerinin Bu Programı Seçmelerinde

Etkili Olan Öncelikli Faktörlerin Analitik Hiyerarşi Prosesi Metodu ile Analiz.
Kastamonu Eğitim Dergisi, 16(2), s. 589-606.

Yildirim, Y., & Arefi, M. (2021). Mapping noise and characteristics of transit-oriented developments (TODs): A Sunbelt region case study. *Applied Acoustics*.

Yingqun Zhang, R. S., Nes, R. v., He, S., & Yin, W. (2019). Identifying Urban Structure Based on Transit-Oriented Development. *Sustainability*.

Zhang, X., & Wu, Y. (2022). Analysis of public transit operation efficiency based on multi-source data: A case study in Brisbane, Australia. *Research in Transportation Business & Management*.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2022.100859>



ÖZGEÇMİŞ

Şeyma KARABAK 2019 yılında Kırklareli Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama bölümünü 3,11/4 ortalama ile tamamlamıştır. 2021 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Özel sektörde Şehir Plancısı olarak çalışmaktadır.



EKLER

EK-1

TOPLU TAŞIMA ODAKLI GELİŞİM MODELİNDE ÖNE ÇIKAN KRİTERLERİN İKİLİ KARŞILAŞTIRMA FORMU

İkili Karşılaştırmalarda Kullanılan 1-9 Ölçeği	
Rakamsal Değerler	Karşılığı (Önem Düzeyi)
1	Eşit Önemde
3	Daha Önemli
5	Kuvvetli Derecede Önemli
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli
9	Aşırı Derecede Önemli
2, 4, 6, 8	Ara Değerler

Merhaba, ben Şeyma Karabak. Gebze Teknik Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama yüksek lisans öğrencisiyim. Doç. Dr. Muhammed Ziya Paköz danışmanlığında, Toplu Taşıma Odaklı Gelişim (Transit Oriented Development-TOD) kriterlerinin İstanbul M1A metro hattına uygunluğunun incelenmesiyle ilgili bir tez çalışması sürdürüyorum. Çalışmada kullanılacak kriterler nüfus yoğunluğu, ticari alan yoğunluğu, arazi kullanım çeşitliliği, karmalık oranı, yeşil

alan yoğunluğu, otopark yoğunluğu ve durak yoğunluğu olarak belirlenmiştir ve hattaki her istasyon bu kriterler çerçevesinde incelenmiştir. Belirlenen kriterler Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi ile bütünleştirildikten sonra her istasyon alanı için tek bir TOD endeks değeri elde edilecektir. Kriterlerin ağırlığının belirlenmesi sürecinde konuda uzman kişilerin görüşleri büyük önem taşımaktadır. Aşağıda belirlenen kriterlerin önem değerlerine göre işaretleme yapmanız beklenmektedir. Satırda yer alan iki kriterden hangisinin daha önemli görüyorsanız ortada yer alan 1 değerinin o tarafına ne kadar önemli gördüğünüzü yansıtan sayıyı işaretlemek suretiyle belirtiniz. Eşit ağırlıkta olduklarını düşünüyor iseniz lütfen 1 değerini işaretleyiniz. Bulguların değerlendirilmesi için vereceğiniz cevaplar önem taşımaktadır. Vakit ayırdığınız için teşekkür ederim.

Şeyma KARABAK

Gebze Teknik Üniversitesi – Şehir ve Bölge Planlama Bölümü – Yüksek Lisans Programı

Nüfus Yoğunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ticari Alan Yoğunluğu
Nüfus Yoğunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Arazi Kullanım Çeşitliliği
Nüfus Yoğunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Karmalık Oranı
Nüfus Yoğunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yeşil Alan Yoğunluğu
Nüfus Yoğunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Otopark Alanı Yoğunluğu
Nüfus Yoğunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Durak Yoğunluğu
Ticari Alan Yoğunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Arazi Kullanım Çeşitliliği
Ticari Alan Yoğunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Karmalık Oranı
Ticari Alan Yoğunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yeşil Alan Yoğunluğu
Ticari Alan Yoğunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Otopark Alanı Yoğunluğu
Ticari Alan Yoğunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Durak Yoğunluğu
Arazi Kullanım Çeşitliliği	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Karmalık Oranı
Arazi Kullanım Çeşitliliği	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yeşil Alan Yoğunluğu
Arazi Kullanım Çeşitliliği	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Otopark Alanı Yoğunluğu
Karmalık Oranı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yeşil Alan Yoğunluğu
Karmalık Oranı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Otopark Alanı Yoğunluğu
Karmalık Oranı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Durak Yoğunluğu

Yeşil Alan Yoğunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Otopark Alanı Yoğunluğu
Yeşil Alan Yoğunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Durak Yoğunluğu
Otopark Alanı Yoğunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Durak Yoğunluğu