

Orta Büyüklükteki Şehirlerde Taksi Talebi ve Arzının Sürdürülebilirlik Açısından
İncelenmesi

Zeynep Dağlar

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Aralık 2021

Investigation of Taxi Demand and Supply in Medium-Sized Cities in Terms of
Sustainability

Zeynep Dağlar

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Civil Engineering

December 2021

Orta Büyüklükteki Şehirlerde Taksi Talebi ve Arzının Sürdürülebilirlik Açısından
İncelenmesi

Zeynep Dağlar

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Ulaştırma Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Şafak Bilgiç
İkinci Danışman: Araş. Gör. Dr. Çağdaş Kara

Aralık 2021

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Dr. Öğr. Üyesi Şafak Bilgiç ve Araş. Gör. Dr. Çağdaş Kara danışmanlığında hazırlamış olduğum “Orta Büyüklükteki Şehirlerde Taksi Talebi ve Arzının Sürdürülebilirlik Açısından İncelenmesi” başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 14/01/2022

Zeynep Dağlar

İmza

ÖZET

Günümüzde özel otomobil sahipliği hızla yükselen bir grafik çizmektedir. Ancak yol açtığı trafik, çevre ve maliyet sorunları sebebiyle yöneticiler bireysel ulaşımı kısıtlayıcı ve toplu taşıma sistemlerini destekleyici tedbirler almaktadırlar. Toplu taşımanın konforsuzluğu ve uzun yolculuk süreleri, ara toplu taşıma sistemlerine olan ilgiyi arttırmakta ve bu sistemleri destekleyici çalışmalar yapılmaktadır.

Bu çalışmada taksi talebi ile şehirlerdeki sosyoekonomik faktörler arasındaki ilişkiyi belirlemek ve orta büyüklükteki şehirler için ideal bir taksi sayısı tahmin etmek amaçlanmıştır. Çalışmada tahmin için kurulan çoklu doğrusal regresyon analizinde 2020 yılına ait sosyoekonomik veriler kullanılmıştır.

Verilerde çoklu doğrusal bağlantı sorununun tespit edilmesi nedeniyle tutarlılığı azalan En Küçük Kareler (EKK) yöntemine alternatif olarak Ridge Regresyonu (RR) ile de taksi sayısı tahmin modeli kurulmuştur. EKK ve RR modellerinin kestirim başarıları Hata Kareler Ortalamaları açısından karşılaştırılmıştır. RR tahmin modeli ile daha tutarlı taksi sayısı tahmin değerleri hesaplanmıştır.

Çalışmada tahmin edilen ideal taksi sayıları ile mevcut taksi sayıları karşılaştırılmış ve taksi sayılarında arz-talep dengesizliği yaşandığı görülmüştür. Bu nedenle bir şehirde ara toplu taşımadan taksi dönüşümü veya taksi ruhsatı artışı yapılmadan önce taksi yolculuk talep tahminlerinin yapılması önerilmektedir. Bağımsız değişkenler arasında yüksek korelasyon bulunup bulunmamasına göre EKK ve RR tahmin edicisi yöntemlerinden biri tercih edilebilir. Çalışmada kullanılan parametrelerin gelecek tahminlerinde yardımcı parametre olarak kullanılabileceğini söylemek mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Ara toplu taşıma, taksi sayısı, sürdürülebilir ulaşım, taksi talep tahmini, çoklu doğrusal regresyon analizi, çoklu doğrusal bağlantı

SUMMARY

Today, private car ownership draws a rapidly increasing graph. However, due to traffic, environment and cost problems, managers take measures to restrict individual transportation and to support public transportation. The discomfort of public transportation and long journeys increase the interest in paratransit systems and studies are carried out to support.

In this study, it is aimed to determine the relationship between taxi demand and socioeconomic factors and to estimate an ideal number of taxis for medium-sized cities. Socioeconomic data of 2020 were used in the multiple linear regression analysis in the study.

Taxi number estimation model was established with Ridge Regression (RR) as an alternative to the Least Squares (LS), whose consistency decreased due to the multicollinearity problem in the data. The estimation successes of the LS and RR models were compared in terms of Means of Error Squares. More consistent estimation were calculated with RR.

In the study, the estimated ideal number of taxis and the existing taxi numbers were compared and there was an imbalance of taxi supply and demand. Therefore, it is recommended to make taxi journey demand estimations before making a taxi conversion from intermediate public transportation or an increase in taxi license in a city. Depending on whether there is a high correlation between the independent variables, either LS or RR can be preferred. Parameters used in the study can be used as auxiliary parameters in future predictions.

Keywords: Paratransit, the number of taxi, sustainable transportation, taxi demand forecasting, multiple linear regression analysis, multicollinearity

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	v
SUMMARY	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
2.1. Toplu Taşıma	4
2.2. Ara Toplu Taşıma	5
2.2.1. Ara toplu taşıma sistemlerinin ortaya çıkışı.....	7
2.2.2. Türkiye’de dolmuşun ortaya çıkışı.....	10
2.3. Ara Toplu Taşıma Türleri	12
2.3.1. Dolmuş-minibüs	13
2.3.2. Talebe duyarlı taşımacılık (dial-a-ride).....	16
2.3.3. Servis.....	18
2.3.4. Taksi	18
2.3.5. Yolculuk paylaşımlı sistemler.....	20
2.4. Sürdürülebilirlik.....	23
2.5. Sürdürülebilir Ulaşım	24
2.6. Mevcut Ulaşım Planlamalarının Sürdürülebilirlik Açısından İncelenmesi	26
2.7. Sürdürülebilir Ulaştırma Planlamaları	28
2.8. Ara Toplu Taşıma Sistemlerinin Sürdürülebilirliği	31
2.9. Dolmuş ve Minibüs Dönüşümleri.....	41
2.10. Taksi Sayılarının Değerlendirilmesi	44
2.10.1. Taksi sayısının belirlenmesi ve taksi talebini etkileyen faktörler	46
3. YÖNTEM	50
3.1. Regresyon Analizi.....	50
3.1.1. Doğrusal regresyon analizi.....	51
3.2. Regresyon Analizinde Parametre Tahmin Yöntemleri	52
3.2.1. En küçük kareler tahmin edicisi	53

3.2.1.1. Belirtme katsayısı	55
3.2.1.2. Korelasyon katsayısı.....	56
3.2.1.3. Tahminin standart hatası.....	57
3.2.1.4. Katsayıların anlamlılık testi.....	57
3.2.1.5. Regresyon modelinin anlamlılık testi.....	58
3.2.1.6. Çoklu doğrusal bağlantı (kolinearite) sorunu	58
3.2.2. Ridge regresyon tahmin edicisi	61
3.2.3. Parametre tahmin edicilerinin değerlendirilmesi	63
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	65
4.1. Taksi Sayısının Modellenmesi.....	65
4.2. Verilerin toplanması ve düzenlenmesi.....	66
4.3. Bağımsız Değişkenlerin Tespiti ve Regresyon Modelinin Seçimi	70
4.4. Modelin İstatistik Analizleri	73
4.4.1. Çoklu doğrusal regresyon analizi.....	73
4.4.2. Korelasyon analizi.....	75
4.4.3. Ridge regresyon analizi.....	76
4.4.4. Regresyon modellerinin test edilmesi ve taksi sayısını etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi.....	78
4.4.5. Taksi sayısının belirlenmesi	80
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	84
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	87

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sekil

Sayfa

2.1. Ara Toplu Taşıma Sistemlerinin Sınıflandırılması.....	7
2.2. 1914 yılından bir jitney örneği	8
2.3. Manila'daki 'jeepney' olarak adlandırılan jeepler	10
2.4. 9 Şubat 1974 tarihli dolmuş haberi.....	12
2.5. Bursa Büyükşehir Belediyesi taksi dolmuş güzergahları	15
2.6. Bursa Büyükşehir Belediyesi minibüs güzergahları.....	15
2.7. Eskişehir Büyükşehir Belediyesi bedensel engelli servis araçları ve avantaj taksi.....	17
2.8. Yolcu alma(sol) ve yolcu bırakma(sağ) yoğunlukları	19
2.9. Taksi hizmetlerine göre konum ilişkisi (A, şehir merkezi; B, havaalanı; C, tren istasyonu; E, feribot işletmesi; F, şehir merkezi; G, üniversite kampüsü; H ticari alan; I, konut bölgesi.....	20
2.10. Sürdürülebilir kalkınma şeması	24
2.11. Trafikteki araç sayısı ile taşınan yolcu sayısının karşılaştırılması	27
2.12. Ulaşımında sınırsız talep artışına karşılık sınırsız arz ilkesi.....	29
2.13. Carpool için tabela örneği	33
2.14. Carpool ve vanpool ile sınırlı bir park alanı	33
2.15. Group Ride Vehicle durağı.....	34
2.16. Us Open Programı yolcu bırakma durakları.....	36
2.17. Değişen araç kapasiteleri için performans ölçütü karşılaştırılması	37
2.18. Taksi paylaşımının günlük emisyon tasarrufu.....	38
2.19. Yolculuk modlarının 2012(iç) ve 2013(dış) dağılımı.....	40
2.20. 118 ABD şehrinde 1000 kişi başına düşen taksi sayısı).....	45
2.21. 14 Kuzey Amerika şehrinde 10000 kişi başına düşen taksi sayısı	46
2.22. Berlin merkezden havaalanı taksi yolculukları	49
3.1. Basit doğrusal regresyon analizi EKK yöntemi	54
4.1. 20 Türkiye ili verilerine ait korelasyon analizi tablosu	75
4.2. Ridge regresyon tahmin edicisi Ridge izi grafiği	77
4.3. Ridge regresyon modelinde tahmin edilen taksi ve gerçek taksi sayısı grafiği.....	81

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Sürdürülebilirlik	23
2.2. Sürdürülebilir Ulaşımın ilkeleri.....	25
2.3.Ulaşım türlerinin karşılaştırması	28
2.4. Geleneksel ve Çağdaş Ulaşım Planlamalarının Karşılaştırılması.....	30
2.5. Yolculuk Talep Yönetimi Hedefleri	31
4.1. 21 ile ait nüfus ve ara toplu taşıma bilgileri (TÜİK, 2020)	67
4.2. 21 ile ait istihdam ve gelir bilgileri (TÜİK 2020)	68
4.3.21 ile ait öğrenci sayısı bilgileri (YÖK, 2020)	69
4.4. 21 ile ait motor taşıt bilgileri (TÜİK, 2020)	70
4.5. Çoklu doğrusal regresyon model özeti	74
4.6.Çoklu doğrusal regresyon Anova Testi sonuçları.....	74
4.7. En küçük kareler tahmin edicisi için katsayı değerleri.....	74
4.8. Ridge Regresyon tahmin edicisi için katsayı değerleri	77
4.9.Tahmin edicilerin hesaplanan teorik HKO değerleri.....	78
4.10. Merkez ilçelerde mevcut ve ideal taksi sayısı	82

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklama

$\hat{\alpha}$	α tahmin edicisi
β_0	Sabit terim
β_i	Regresyon katsayıları
$\hat{\beta}$	Regresyon tahmin edicileri
σ	Standart hata
ε_i	Hata terimleri
I	Birim matris
R^2	Belirtme katsayısı
k	Ridge yanlılık parametresi
$X'X$	Bağımsız değişken matris transpozu
λ	Özdeğer vektörü
$\hat{\sigma}$	Varyans
Σ	Toplam sembolü

Kısaltma

Açıklama

CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
ÇDR	Çoklu Doğrusal Regresyon
ÇDB	Çoklu Doğrusal Bağlantı
EKK	En Küçük Kareler
GPS	Küresel Konumlandırma Sistemi
HKO	Hata Kareler Ortalaması
HOV	Yüksek Doluluklu Araç Şeridi
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü
RR	Ridge Regresyon
TLC	Taxi and Limousine Commission

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)**Kısaltma****Açıklama**

TNC	Transportation Network Companies
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
MTA	Metropolitan Transportation Authority
UKOME	Ulaşım Koordinasyon Merkezi
VTM	Araç Yolculuk Milleri
YÖK	Yükseköğretim Kurulu

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Tüm dünyada sanayi devriminden sonra yaşanan kentleşme ile nüfus artışına paralel olarak özel otomobil sahipliği sürekli olarak artmaktadır (Hatipoğlu ve Arıkan Öztürk, 2012). Özel otomobil kullanımının artması beraberinde birçok ulaşım sorununu getirmektedir (Eryiğit, 2012). Geçmişte bu ulaşım sorunlarının çözümü için özel otomobili merkeze koyan ve ulaşım arzını karşılamaya çalışan geleneksel ulaştırma planlamaları benimsenmiştir (Elker, 1999). Ancak artan yolculuk talebine karşılık artan arz kısır bir döngü oluşturmaktadır. Bu kısır döngüyü kırabilmek adına gelecekte geleneksel ulaştırma planlamalarına yer verilmemelidir. (Eryiğit, 2012). Çağdaş ulaştırma planlarında amaç yeni ulaştırma alt yapıları inşa etmek yerine mevcut ulaştırma alt yapılarından en ekonomik ve çevreye zararsız şekillerde maksimum verimi elde etmektir (Elker, 1999). Günümüzde özel otomobil yolculuğundaki talebi azaltacak ve mevcut yolculukları toplu taşımaya kaydıracak sürdürülebilir planlamalar benimsenmektedir (Gärling ve Schuitema, 2007).

Hızla artan özel otomobil sahipliğini sadece geleneksel toplu taşıma sistemleri ile karşılamak mümkün değildir (Murray vd., 2012). Geleneksel toplu taşıma sistemleri ile özel otomobiller arasında bir geçiş kategorisi olan ara toplu taşıma sistemlerine ihtiyaç vardır. Özel otomobiller yolculuk paylaşımı yapılarak bir nevi ara toplu taşıma sistemi gibi kullanılabilirler. Sürdürülebilir bir ulaşımın sağlanabilmesi için bu tarz yolculuk paylaşımının geleneksel toplu taşıma sistemlerine entegre edilmesi gerekmektedir (Murray vd., 2012). Ülkemizde yolculuk paylaşımının en iyi uyarlaması dolmuş sistemleridir. Ara toplu taşıma türlerinden biri olan bu sistemler özel otomobil konforunda bir yolculuk hizmeti sunarlar (Bilgiç, 2020). Bu tür ara toplu taşıma sistemlerinin kapasiteleri geleneksel sistemlere kıyasla daha düşük olduğu için zirve saatler içerisinde daha çok sefer yaparlar. Bu durum yolcuların bekleme süresini azaltır. Ayrıca sistemde kullanılan araçların yüksek manevra kabiliyeti olan küçük araçlar olması ve eski ve çarpık yapılaşmış kentlerin dar ve keskin dönüşler içeren sokaklarına uyumlu olmaları yolculukların süresini de azaltmaktadır (Tüydeş ve Göker, 2007).

Düşük kapasiteli ve özellikle zirve saatlerde düşük sefer aralıkları ile çalışmaları gibi nedenlerle ara toplu taşıma sistemleri yerel yöntemler tarafından trafik sorunlarının kaynağı olarak görülmekte ve sistemlerin taksiye dönüşümleri sağlanmaya çalışılmaktadır (Bilgiç, 2020). Bu dönüşümlerden sonra beklenen yolculuk alışkanlıkları ile ilgili herhangi bir ön çalışma genelde yapılmamaktadır. Bu bağlamda şehirlerdeki tutarlı taksi talep tahminleri önemli bir rol oynamaktadır. Şehirde ihtiyaç duyulan taksi sayısının yanlış tahmin edilmesine bağlı olarak yanlış dönüşüm kararlarının alınması trafik sorunlarının devam etmesine neden olabilir. Bu nedenle dönüşümlerden önce geniş kapsamlı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı orta büyüklükteki şehirlerde taksi talebi ile sosyoekonomik faktörler arasındaki ilişkiyi belirleyip sonrasında her şehir için ideal bir taksi sayısı tahmin etmektir. Yolculuk tahmin modellemelerinde en çok kullanılan yöntemlerden biri regresyon analizidir. Regresyon analizi yeterli veri mevcut olduğunda doğru tahminler yapmaktadır (Yang ve Gonzales, 2014). Ancak verilerin elde edilmesinde yaşanan zorluklar veya modelde doğru parametrelerin ve tahmin edicilerin kullanılmaması sonucu tahminlerde sapmalar meydana gelebilmektedir (Kara, 2019). Bu bağlamda bu çalışmadaki diğer amaç, elde edilen verilere uygun bir model seçerek tahmindeki sapmaları en aza indirmektir.

Yapılan çalışmada ilk olarak, giriş bölümünden sonra, ikinci bölümde ara toplu taşıma sistemlerinin ortaya çıkmasına neden olan faktörler araştırılmıştır. Ardından ara toplu taşıma türlerinin özelliklerinden bahsedilmiştir. Daha sonra sürdürülebilir ulaşım kavramı üzerinde durulmuş ve ara toplu taşıma sistemleri sürdürülebilirlik açısından incelenmiştir.

Üçüncü bölümde yolculuk tahmini modellemelerinde kullanılan regresyon analizi istatistiki olarak incelenmiştir. Modellemede kullanılacak tahmin edicilerin özellikleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Modellerin karşılaştırılma kriterleri belirlenmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde belediyelerden ve Türkiye Şoförler ve Otomobilciler Federasyonlarından elde edilen veriler ile Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK) ve Yüksek Öğretim Kurumu'ndan (YÖK) alınan istatistiki veriler kullanılmıştır. Verileri toplanan sosyoekonomik faktörlerin taksi yolculuk talebi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Anlamlı olduğu düşünülen bağımsız değişkenler ile doğrusal bir regresyon

modeli kurulmuştur. Daha sonra, en küçük kareler tahmin edicisi yöntemine dayanan çoklu doğrusal regresyona alternatif olarak Ridge Regresyon modeli ile tahmin yapılmış ve modellerin performansları karşılaştırılmıştır. En doğru tahmini yapan model ile şehirlerin merkez ilçelerindeki taksi sayıları tahmin edilmiştir.

Çalışmanın son bölümünde tüm çalışma değerlendirilmiş ve başka çalışmalarda kurulacak taksi yolculuk talep tahmini modellemeleri için önerilerde bulunulmuştur.



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Toplu Taşıma

Toplu taşıma temel olarak özel araç kullanımının dahil olmadığı yolculukların yapılmasını sağlayan tüm farklı sistemlerin ortak adıdır (Kös, 2015). ‘Public transport’, ‘transit’, ‘public transit’ ve ‘mass transit’ terimlerinin hepsi toplu taşıma terime karşılık gelmektedir (Vuchic, 2002). Toplu taşımanın temel amacı insanları herhangi bir başlangıç yerinden gitmek istedikleri yere en ekonomik biçimde, bir amme hizmeti olarak taşımaktır. Kent içi ulaşımda taşıtların değil insanların taşınması esastır (Ilıcalı vd., 2011).

Toplu taşıma sistemlerinin kullanılan yol türü, kullanılan aracın kapasitesi, sistemin yatırım maliyeti gibi birçok kritere göre ayrı ayrı sınıflandırıldığı bilinmektedir. Teknolojinin ilerlemesi ile bu sınıflandırmalarda değişiklikler gözlenebilir ya da bu kategorilere yeni ara sistemler eklenebilir (Çerkez, 2016). Toplu taşıma sistemleri yolcu taşıma kapasiteleri açısından 3 başlıkta incelenmektedir (Tanış ve Öğüt, 2007):

1. Düşük Kapasiteli Türler: Ara Toplu Taşıma
 - 1- Taksi
 - 2- Talebe duyarlı taşımacılık
 - 3- Minibüs, dolmuş
2. Orta Kapasiteli Türler
 - 1- Otobüs
 - 2- Trolleybüs
 - 3- Tramvay
3. Yüksek Kapasiteli Türler
 - 1- Hızlı otobüs sistemleri
 - 2- Hafif raylı sistemler
 - 3- Metro
 - 4- Banliyö tren sistemleri

İyi bir toplu taşıma ağı oluşturmanın ilk adımı toplu taşıma planlamalarının iyi yapılmasıdır. Toplu taşıma planlamaları ise geniş çaplı bir çalışma gerektirmektedir. Sistemlerin kullanılacağı hatların güzergâhlarının belirlenmesi, bu güzergâhlarda kaç tane araç çalıştırılacağına hesabı ve bu araçların sefer sıklıklarının belirlenmesi, tarife ücretlerinin öngörümü, güzergâhlardaki durakların yer seçimleri gibi parametrelerin hepsi toplu taşıma planlamasının kapsamına girmektedir. Ancak buradaki kilit nokta yolculuk talebinin doğru belirlenmesidir. Çünkü ulaştırma yatırımlarının maliyetleri oldukça yüksektir ve bu nedenle ilk olarak kamu yararı hedeflenmelidir (Kahraman, 2010).

Bir sistemin toplu taşıma olarak nitelendirilebilmesi için genel olarak kabul edilen 4 temel özelliğe sahip olması gerekmektedir (Karşlı, 2019). Temel özelliklerin bazılarını taşıyan ama hepsine aynı anda sahip olmayan sistemler ara toplu taşıma olarak nitelendirilmektedir (Karaağaç, 2017). Bu 4 temel özellik şu şekilde sıralanabilir:

- 1- Toplu taşıma önceden belirlenen ücreti ödeyen tüm yolcuların kullanımına açıktır.
- 2- Tarife ücreti yolculuk öncesinde belirlidir.
- 3- Yolcular sabit güzergâhlarda taşınırlar.
- 4- Sefer aralıkları ve süreleri yolculuk öncesinde belirlidir.

2.2. Ara Toplu Taşıma

Ara toplu taşıma, yolculuk taleplerini karşılamada geleneksel toplu taşıma sistemleri ile özel otomobiller arasında bir geçiş kategorisidir (Kışla vd., 2016). Ara toplu taşıma sistemleri yolcuların talepleri doğrultusunda ayarlamalar yapılabilen küçük veya orta seviye yolcu kapasiteli taşımacılık modlarını içerir (Vuchic, 2002). Başka bir ifade ile ara toplu taşıma, taksinin yüksek kaliteli hizmetini otobüs maliyeti ile sunmayı hedefleyen talebe duyarlı bir ulaşım sistemidir (Özkurt, 2012).

Black'e (1995) göre bu sistemler kamuya sunulan bir hizmet olması bakımından toplu taşıma türlerine benzerken, yolcunun talebiyle yönlendirilmesi bakımından da özel ulaşım türlerine benzemektedirler. (Kalpakçı, 2013).

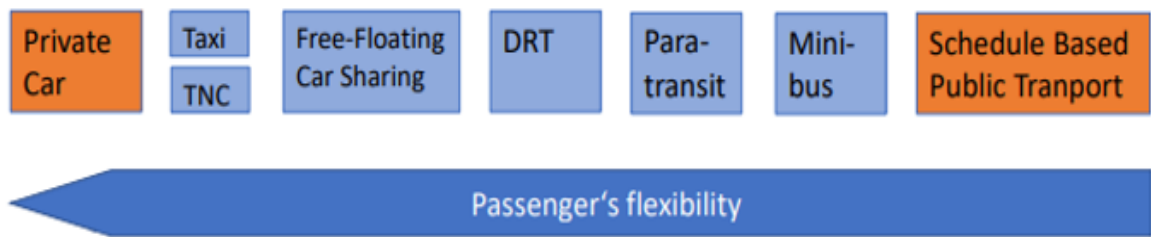
Başlarda literatürde toplu taşıma ile aynı anlamda kullanılan bu sistemler zaman içerisinde yaşanan ekonomik gelişmeler ile geleneksel toplu taşımadan ayrılarak kentsel ulaşımın bir parçası haline gelmiştir (Kalpakçı, 2013). Bu sistemler geleneksel toplu sistemlerinden görece esnek güzergâhları ve tarifeleriyle farklılaşır (Türdeş ve Göker, 2007). Cervero (1992) sabit veya yarı sabit bir rotaya sahip sistemler olsalar da yolcuların talebine göre herhangi bir yerde durma rahatlığının mevcut olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca bu sistemler sabit zamanlı bir çalışma çizelgesine de sahip değillerdir (Kışla vd., 2016).

Literatürde ara toplu taşıma ile aynı anlamda kullanılan 'para transit' kelime olarak toplu taşımanın yanı sıra ya da toplu taşımaya ek olarak gibi anlamlara gelmektedir (Türdeş ve Göker, 2017). Cervero'ye (2000) göre bu sistemler 'düşük maliyetli taşımacılık', 'ara teknolojiler', 'üçüncü dünya taşımacılığı' ve 'gayri resmi ulaşım' gibi farklı şekillerde de adlandırılır (Özbilen, 2016). Ayrıca literatürde 'talebe duyarlı taşımacılık' teriminin paratransit ile bağlantılı olarak kullanıldığını belirtilmiştir (Özkurt, 2012). Mastrogianni Dou vd. (2006) esneklik talebi düşük maliyetli hizmetler ile karşılandığı için talebe duyarlı taşımacılık terimini kullanmayı tercih etmişlerdir (Kalpakçı, 2013).

Ara toplu taşıma sistemlerinin mevcut koşullara göre kendiliğinden ortaya çıktığı görülmüştür (Kalpakçı, 2013). Uygulamaların çoğu yasadışı olarak doğmuş, zaman geçtikçe toplu taşıma sistemlerinin birçok avantajını barındırdıkları için kabul görmeye başlayıp yasallaşmışlardır (Özkurt, 2012). Adam Smith Institute'nın 1989 yılında yayınladığı rapora göre ara toplu taşıma sistemlerinin nüfus yoğunluğu az olan kırsal alanlarda ve geleneksel toplu taşımanın yetersiz kaldığı durumlarda devreye girdiği görülmektedir (Türdeş ve Göker, 2007). Bu kırsal alanlarda geleneksel toplu taşıma sistemlerinden alınan verimliliği artırmak için geliştirilmişlerdir. Yani ara toplu taşıma sistemleri geleneksel sistemler ile bir rekabet içerisinde olmaktan ziyade onların tamamlayıcılarıdır (Kışla vd., 2016).

Ara toplu taşıma sistemleri yolculuk taleplerini karşılama konusunda toplu taşıma ve özel otomobil kullanımı arasında yer almaktadır. Sistemler belli aralıklarla taşıma

esnekliklerine göre alt gruplara ayrılmaktadırlar (Kışla vd., 2016). Bu gruplar şekil 2.1’de gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi ara toplu taşıma sistemlerinin sağladıkları esneklik seviyeleri birbiri ile aynı değildir. Yolculukların esneklik seviyesi geleneksel toplu taşıma sistemi, minibüs, paratransit, talebe duyarlı taşımacılık, araç paylaşımı, taksi ve özel otomobil sırasıyla artmaktadır (Bischoff, 2019). Bu sistemlerin çalışma saatleri talebe duyarlıdır, gerçek zamanlı olarak veya önceden rezervasyon şeklinde hizmet verirler. Genelde müşterinin aracı beklediği yere gelmektedirler (Orski, 1975).



Şekil 2.1. Ara Toplu Taşıma Sistemlerinin Sınıflandırılması (Bischoff, 2019)

2.2.1. Ara toplu taşıma sistemlerinin ortaya çıkışı

Gelişmekte olan ülkelerde kentsel alanlarda hızla artan nüfusa bağlı olarak ara toplu taşıma sistemlerini uygulama alanları da büyümüştür (Özkurt, 2012). Ayrıca 1950’lerden itibaren özel otomobil sahipliğinin artması ile şehirlerin uzağında yeni yerleşim yerleri kurulmuştur. 1960’ların ortalarında bu değişimler nedeniyle kentler içlerinde barındırdıkları insanlara yetersiz gelmeye başlamışlardır. Hızla artan yolculuk talebi sebebi ile şehir merkezlerinde ve merkezden uzak kurulan yeni yerleşim alanlarında istenilen düzeyde toplu taşıma sistemleri kurulamamıştır (Kalpakçı, 2013). Örneğin geleneksel toplu taşıma sistemleri güvenlik eksikliği ve taksinin taşıma esnekliğini sağlayamaması nedeniyle yolcuların beklentilerine uyum sağlayamamıştır (Özkurt, 2012). Bu noktada ihtiyaç duyulan şey taksi esnekliğini sağlayabilecek, her güzergâha uyumlu aynı zamanda geleneksel toplu taşıma sistemlerinin verimliliğini koruyabilecek yeni ulaşım hizmetleri olmuştur (Orski, 1975). Ara toplu taşıma sistemleri bu ihtiyacı gidermek için yasalardaki boşlukları kullanarak ulaştırma pazarına girmişlerdir. Dünyanın birçok gelişmekte olan ülkesinde ara toplu taşıma sistemlerinin ortaya çıkışları bu şekilde gözlenmiştir (Özkurt, 2012). Temelinde yolculuk paylaşımı yatan bu sistemlerin gelişmekte olan ülkelerde ortaya çıkması ekonomik,

sosyal ve politik nedenlere dayanmaktadır (Doğan, 2014). Ayrıca bu ülkelerdeki artan nüfus ve kişi başına düşen gelire bağlı olarak yolculuk taleplerindeki artış ve ulaşım altyapılarının yetersiz oluşu gibi etkenler bu sistemlerin yaygınlaşma sürecini hızlandırmıştır (Kalpakçı, 2013).

Literatürde ara toplu taşıma sistemlerinin ilk örnekleri 1914'te Amerika'daki 'jitney' adı verilen araçlar olarak geçmektedir. Bu araçların bir örneği şekil 2.2'de gösterilmiştir. Toplu taşımanın tramvay vasıtasıyla sağlandığı o yıllarda özel otomobil sayısındaki artışa bağlı olarak otomobil esnekliğini yakalamak isteyen orta gelirli aileler bu araçları dolmuş olarak kullanmışlardır. Sadece bir yıl sonra sayıları 62000'e çıkan jitneyler ekonomik alanda tramvaylar ile yarış içerisine girmişlerdir. Ancak zaman içerisinde toplumdaki çıkarlarına ters düştüğü güçlü tramvay şirketleri ve otomobil üreticilerinin baskısıyla çoğu eyalette kullanımları yasaklanmıştır (Acar, 2007; Zırh, 2020).



Şekil 2.2. 1914 yılından bir jitney örneği (LaFaive, 1996)

İngiltere ve ABD gibi ülkelerde ara toplu taşıma sistemlerinin toplu taşıma sisteminin bir parçası olarak görülmesi ise 1970'leri bulmuştur (Türdeş ve Göker, 2007). Seattle, San Diego gibi bazı ABD şehirlerinde 1970'lerin sonundan itibaren paylaşımlı taksiler ve jitneyler gibi talebe duyarlı, bazen kapıdan kapıya hizmetlere büyük bir talep oluşmuştur (Özkurt, 2012). Birleşik Krallıkta ise 'Black Taxibus' 1969'dan beri hizmet vermektedir (Enoch, 2008).

Ara toplu taşıma sistemlerinin özellikleri ülkelerin yapılarına ve ihtiyaçlarına göre değişiklik gösterirse de sadece daha az gelişmiş ülkelerde ortaya çıkan bir ulaşım türü değildir. Afrika'dan Asya'ya, Amerika'dan Avrupa'ya birçok farklı ara toplu taşıma sistemi vardır (Özbilen, 2016). Taksiler, minibüsler, taksi benzeri diğer arabalar başta olmak üzere birçok farklı araç bu sistemlerde yaygın olarak kullanılır (Türdeş ve Göker, 2007). Dolmuşlar ve paylaşımlı taksiler genelde gelişmekte olan ülkelerde görülürken, taksiler ve aboneli servisler daha çok gelişmiş ülkelerdeki ara toplu taşıma türlerine örnektir. Bunların yanı sıra bu sistemlerin kullandıkları teknoloji düzeyleri de birbirinden farklıdır. Avrupa veya Kuzey Amerika gibi gelişmiş ülkelerde sistemde kullanılacak araçlar en başta kullanıcı odaklı üretilirken birçok Güney Amerika ülkesinde olduğu gibi gelişmekte olan ülkelerde başka araç türleri modifiye edilerek ara toplu taşıma olarak kullanılmıştır. Bu çeşitlilik ülkelerin ekonomik durumlarının farklılığından kaynaklanmaktadır (Özbilen, 2016).

Ara toplu taşıma sistemleri ilk olarak kalabalık kent merkezlerinde ortaya çıkmışlardır. Çalışma prensipleri temelde aynıdır. Bu sistemler sadece kendilerine özgü yerel isimleri ve kullanılan araçların tasarımlarıyla birbirinden ayrılırlar (Özkurt, 2012). Çoğu ara toplu taşıma sistemi üretim amacı farklı olan araçların modifiye edilmesi ile ortaya çıkmıştır. Örneğin Filipinler'in başkenti Manila'da II. Dünya Savaşı'ndan kalma jeepler farklı renklere boyanarak 'jeepney' (şekil 2.3) adı altında işletilmeye başlanmışlardır (Zırh, 2020; Türdeş ve Göker, 2007). Arjantin'in başkenti Buenos Aries'te 1962 yılından beri toplu taşımada 'collectivos'lar kullanılmaktadır. Paratransit kavramının günlük yaşamda kullanılmaya başlandığı 1970lerde, Kahire'deki 'jitney' servislerine sabit hatlar oluşturulmuştur. Aynı şekilde Kuala Lumpur'daki minibüs servisleri de 1970 yılından itibaren hizmet vermektedir. Nairobi'deki 'matatu' servisleri 1979'da gayri resmi olarak ortaya çıkmışlardır. Puerto Rico'da ise 'publicos' servisleri resmi olarak düzenlenmektedir. (Türdeş ve Göker, 2007). Venezuela'da 'carrospuesto' (Kudlick, 1969). Meksika'da 'peseros' adlı dolmuşlar işletilmektedir (Özkurt, 2012; Türdeş ve Göker, 2007).



Şekil 2.3. Manila'daki 'jeepney' olarak adlandırılan jeepler (Anonim, 1998)

Hong Kong'da ise başlarda minibüs sistemleri gayri resmi olarak kullanılmaya başlanmıştır. 1960'ların ortalarına gelindiğinde ise bu gayri resmi işletmelere lisans alma hakkı tanınmıştır. Günümüzde ise Hong Kong'da 1986 yılından beri kullanımda olan 'Public Light Bus' servisleri ara toplu taşıma sistemi olarak kullanılmaktadır. Bu servislerden kırmızı çatılı olanlar talebe duyarlı olarak çalışan sistemlerdir. Yeşil çatılı olan servisler ise önceden belirlenen hatlarda sabit tarifelerle işletilir (Özkurt, 2012; Türdeş ve Göker, 2007).

Yukarıda bahsedilen ara toplu taşıma sistemlerine Küba, Havana taksi kolektifleri, Tel Aviv, İsrail'deki 'sherut', Güney Afrika'daki 'minibus taxi' ve Moskova Rusya'daki 'marshrutka taxi' (bir rotayı izleyen taksi) eklenebilir (Bischoff, 2019; Enoch, 2008). Türkiye'de ara toplu taşıma olarak bilinen ilk sistemler ise dolmuşlardır. 'İndi-Bindi', 'Kaptı-açtı' gibi isimlerle ile de anılan dolmuşlar günümüzde hala temel toplu taşıma araçlarından biri olarak kullanılmaktadır (İpek, 2017).

2.2.2. Türkiye'de dolmuşun ortaya çıkışı

Türkiye'deki ara toplu taşımanın temelini oluşturan dolmuşların günümüzdeki şekline yakın olarak ilk ortaya çıkışı 1929 ekonomik krizinin etkisini göstermeye devam ettiği 1931 yılının İstanbul'unda gerçekleşmiştir. İstanbul'da ulaşım o yıllarda tramvaylar, otobüsler ve taksiler aracılığıyla sağlansa da bir süre sonra 1929 ekonomik krizinin de etkisiyle taksi kullanımı oldukça lüks haline gelmeye başlamıştır. Orta sınıftan birkaç kişinin işe gidip gelirken kullandıkları taksiyi paylaşma fikri neticesinde taksi dolmuş sistemleri

doğmuştur (Anonim, 2019; Kalpakçı, 2013). Bir başka ifade ile taksi dolmuş sistemi dünya savaşının ardından yaşanan motorlu araç ve yakıt sorununun yaygınlaştırdığı bir sistemdir (Kahraman, 2010).

Bir gazete haberinde bu ortaya çıkış hikâyesi şöyle anlatılmıştır:

“1931 yıllarının İstanbul’u... Başta Amerika olmak üzere bütün dünyayı kasıp kavuran 1929 buhranı etkisini Türkiye’de de göstermiş. Hem de bütün şiddetiyle. İflaslar birbirini izliyor, kepenkler bir bir iniyor. Gıda maddelerinin fiyatları ise roket hızıyla yükselmekte. Halk korku içinde. Bu gidişin sonu ne olacak? Bunlar arasından sayıları 700’ü bulan taksi şoförleri de var. Kara kara düşünüyorlar. Nasıl düşünmesinler ki eskiden günde 3-5 müşteri taşıyıp çoluk çocuklarının rızkını sağlarken şimdi, iki günde bir müşteri çıkarsa bayram yapmaktalar. Para yokluğundan zengininden orta hallisine kadar herkes ucuz taşıt olan tramvaya biniyor. Cağaloğlu’nda lokanta işletirken arkadaşlarının teşvikiyle bir Ford alıp taksi şoförlüğüne başlayan aşçı Halit ise meslektaşlarına oranla biraz şanslı. Şanslı diyoruz çünkü günde 80 kuruş kazancı garantilemiş. Her gün Nişantaşı’ndan bir Musevi olan müşterisini alıp Eminönü’ndeki iş yerine getiriyor saat ne yazarsa onu alıyor. Yani 80 kuruş. Günün birinde bu müşteri aşçı Halit’i karşısına alıyor. Konuşacak ama müteredit. Çünkü onun da işleri bozulmuş, artık her gün işine taksi tutup gitmesine imkân kalmamıştır. Aylardan beri devam ettirdiği şoför-müşteri ilişkisine ya son verecek ya da ... Ya da günlerden beri düşündüğü yeni çalışma şeklini açıklayacak. “Bak” diyor aşçı Halit’e Durumu biliyorsun. İşler eskisi kadar iyi değil. Artık tek başıma taksi tutmama imkân kalmadı diye devam ediyor Musevi vatandaşımız Ayda 25-30 lira çok para. Ama ben aynı yerde çalışan 4 arkadaş daha buldum sana. Bir kişi yerine beş kişi taşıyacaksın. Buna karşılık biz sana saatin yazdığı ücretten 20 kuruş fazlasını vereceğiz. Bu da arabanın yıpranma payı olacak. Nasıl kabul mü? Şöyle bir düşünüyor aşçı Halit. Bu fikir aklına yatıyor hemen. Aynı araca binenlerin aynı güzergaha yolculuk yapanların taksi ücretini aralarında paylaşıp vermeleri o güne kadar alışılmamış, görülmemiş bir yenilik. Kaybı ne olacak? Hiç. Hem sonra bunu günün diğer saatlerinde saat açmadan da uygulayabilir. Daha fazla düşünmeden bastırıyor cevabı. “Kabul” diyor. Ve bu tek sözden ‘Dolmuş’ doğuyor.” (Özsoy, 2005).



Şekil 2.4. 9 Şubat 1974 tarihli dolmuş haberi (Ekmekçioğlu, 2017)

Bu gelişmelerin ardından ilk kez sabit güzergâha sahip Karaköy-Taksim dolmuş hattı oluşturulmuştur. Zamanla bu hatta ek hatlar ortaya çıkmıştır (Anonim, 2020). 1954 yılına gelindiğinde İstanbul Belediyesi paylaşılan bu taksilere işletme ruhsatı vererek dolmuşçuluğu resmen tanımıştır (Kırmızı vd., 2021). Bunun sonucunda Aşçı Halit'in buluşu ile ortaya çıkan dolmuşluk kavramı Ankara, İzmir gibi büyükşehir belediyelerince de gitgide benimsenmeye başlanmıştır (İpek, 2017).

2.3. Ara Toplu Taşıma Türleri

Ara toplu taşıma sistemleri taksi, araç paylaşımı (carpool) ve araba kiralama gibi sistemlere ek olarak talebe duyarlı taşımacılık (dial a ride), minibüs paylaşımli sistem (vanpool), aboneli otobüs (subscriptionbus), taksi ve paylaşımli taksi (shared taxi) gibi toplu taşıma sistemlerini de içerir (Orski, 1975). Ara toplu taşıma sistemlerinin genel bir

sınıflandırılmasında özel otomobil ile geleneksel sabit rotalı ve sabit programlı toplu taşıma sistemleri arasında kalan taksi, talebe duyarlı taşımacılık, jitney, carpool, vanpool ve aboneli otobüs sistemleri altında yer almaktadır.

2.3.1. Dolmuş-minibüs

Günümüzde Türkiye’de ara toplu taşıma sistemi denildiğinde toplu taşımada uzun süredir kullanılan dolmuş hizmeti akla gelir. Dolmuş kavramının genel olarak dolu, boş yeri kalmamış anlamlarından geldiğini görülmektedir. Çünkü bu sistemlerde sabit bir hareket saatleri yoktur, araçlar hareket etmek için tamamen dolu olmayı beklemektedirler (Özkurt, 2012; Türdeş ve Göker, 2007).

Dolmuş sistemleri içlerinde birçok unsuru barındırırlar. Dolmuşlarda yolculuktan önce belirlenmiş sabit bir tarife yoktur. Diğer geleneksel toplu taşıma sistemlerinden ayrıştığı en temel unsuru budur. Otobüs, tramvay, metro gibi sistemler sabit güzergahlarda belirli sefer aralıkları ile hizmet sunarlar. Sistemi kullanan yolcu olmasa dahi belirlenen saatte yolculuk gerçekleştirilmek zorundadır. Dolmuş sisteminde ise yolcular araca tek tek biner ve aracın kapasitesi tamamen dolduğunda yolculuk başlar. Küçük işletmeciler tarafından küçük araçlar ile işletilen bu sistemlerde seferler sık aralıklarla düzenlenmektedir ve araçların tamamen dolması yolcular açısından uzun bekleme süreleri oluşturmamaktadır. Böylece bu sistemler zirve saatler dışındaki düşük yolculuk talebini de karşılamaya duyarlı hale gelmişlerdir (Ekmekçioğlu, 2017; Zırh, 2020). Dolmuş sistemi aynı zamanda esnektir ve sunulan hizmet yolcuların talebine duyarlıdır. Yolcuların istekleriyle duraklar ve hatta güzergahlar esnetilebilir. Sistem temelinde ilk ve son duraklar belirlidir, ara duraklar yolcu istediğine göre şekillenir. Örneğin yolcular istedikleri herhangi bir noktada aracı durdurup iniş veya biniş yapabilmektedir. (Ekmekçioğlu, 2017).

Günümüzde dolmuş hizmeti genellikle 6-8 yolcu kapasiteli minibüs tipi araçlarla sağlanır (Özkurt, 2012). Dolmuşlardan daha az yolcu kapasitesi olan taksi dolmuş sistemleri ise ikincil olarak dolmuş hizmeti veren karma sistemlerdir. Bu sistemler taksi ücretini ödeyemediği için diğer toplu taşıma sistemleri kullanan yolculara taksi maliyetini paylaşma imkânı tanır. Böylece yolcular hem zirve saatlerde uzun kuyruklar beklemezler hem de yolculuklarını taksi konforunda gerçekleştirirler (Doğan, 2014). Dolmuş sistemleri

literatürde ara toplu taşıma sisteminin başka bir alt sınıfında yer alsalar da aslında sabit bir güzergahı olan paylaşımlı taksilerdir (Özkurt, 2012). Dar sokaklara girebilmeleri, her yolcu için oturma imkânı sağlaması, diğer toplu taşıma sistemlerine kıyasla hızlı olması gibi avantajları sayesinde toplu taşıma sisteminde kendilerine bir yer edinebilmişlerdir (Ö. Yılmaz, 2007). Dünyadaki yolculuk paylaşımı sistemlerinin ülkemize uyarlanmış şekli dolmuş sistemleridir (Bilgiç, 2020). Bu sistemlerinin faydaları düşünüldüğünde diğer toplu taşıma sistemleri ile rekabet eden yapısı sona ermelidir (Ö. Yılmaz, 2007). Çünkü dolmuşlar diğer toplu taşıma sistemlerinin verimsiz alternatifleri olmalarının aksine belirli bir konforu sağlayarak genelde tek kişi ile yapılan özel otomobil yolculuklarını daha verimli hale getiren sistemlerdir (Bilgiç, 2020). Diğer toplu taşıma sistemlerine bütünleşmiş bir şekilde varlıklarını sürdürmelilerdir (Ö. Yılmaz, 2007).

Literatürde dolmuş ile yan yana anılan bir başka ara toplu taşıma sistemi minibüslerdir. Kapıdan kapıya özelliği olmayan bu iki sistem çoğunlukla aynı anlamda kullanılsa da farklı sistemleri ifade etmektedir (Türdeş ve Göker, 2007). Fakat günümüzde çoğu şehirde dolmuş kavramı her iki sistemi de kapsar hale gelmiştir (Özkurt, 2012). Minibüsler sürücüleri dahil olmak üzere 9-15 yolcu kapasiteli araçlardır (Kahraman, 2010). Bu iki sistem arasında yolcu kapasitelerinin farklı olmasının yanı sıra işletme sistemleri ve maliyetleri arasında da büyük farklılıklar vardır. Dolmuşlar daha çok kent içinde yolcu iniş binişlerinin fazla olduğu hatlarda hizmet verirken, minibüsler kent çevresindeki daha uzun hatlarda hizmet veren, sabit ara duraklara sahip sistemlerdir (Zırh, 2020). Bursa kent merkezinde hizmet veren 25 adet taksi dolmuş hattının ve kent merkezinin yanı sıra çevre ilçelerde de hizmet veren 45 adet minibüs hattının güzergahlarının gösterildiği şekil 2.5. ve 2.6.'da aralarındaki bu fark gözlemlenebilmektedir (Yılmazdamar, 2019).



Şekil 2.5. Bursa Büyükşehir Belediyesi taksi dolmuş güzergahları (Yılmazdamar, 2019)



Şekil 2.6. Bursa Büyükşehir Belediyesi minibüs güzergahları (Yılmazdamar, 2019)

Dolmuşlar tüm yolcularına oturma imkânı sağlarlarken minibüsler çok sayıda ayakta yolcu ile hizmet sunarlar. 9 ila 15 kapasiteli araçlarda 30'a ulaşan sayıda yolcu taşınması sistemin konforunu düşürmektedir. Minibüsler ara toplu taşıma sistemleri arasında en konforsuz seçenektir. Fakat bu özellikleri ile dolmuş sistemlerine kıyasla daha ucuz bir toplu taşıma imkânı sağlarlar (Özkurt, 2012).

2.3.2. Talebe duyarlı taşımacılık (dial-a-ride)

Talebe duyarlı taşımacılık, yolcuların isteklerine göre şekillenen esnek taşıma sistemlerini içermektedir (Grieco, 2010). Talebe duyarlı taşımacılık ya da diğer bir ifade ile aboneli servis sistemi kapıdan kapıya verilen ulaşım hizmetleridir. Yolcuların kendilerini ayarlaması gereken sabit rotalı geleneksel toplu taşıma sistemlerinin aksine yolculuk tamamen yolcuların özel isteklerine göre şekillenmektedir (TCRP, 2019).

Esnek sistemler yolculuk talebinin düşük veya dağınık olduğu yerleşim yerlerinde toplu taşıma sisteminin en iyi seçeneğidir. İlk olarak 1970'lerin başında banliyö gibi seyrek nüfuslu kırsal alanlarda ortaya çıkmıştır. Çünkü bu bölgelerde geleneksel olarak toplu taşıma günde bir gibi seyrek sefer aralıkları ile çalışan otobüs benzeri sistemler ile sağlanır. Bu geleneksel sistemler ile eğitim, iş, sağlık veya eğlence amaçlı yolculukların yapılması mümkün olmamaktadır. Ayrıca bu yerleşim alanlarında özel otomobil sahipliği oranı yüksek olmasına rağmen herhangi bir özel araca sahip olmayan insanlar da ikamet etmektedirler. Talebe duyarlı taşımacılık sistemleri de bu kesimlere ara toplu taşıma aracı olarak hizmet etmek ve aynı zamanda özel ihtiyaçları olan yaşlı ve engelli kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılamak üzere ortaya çıkmışlardır. Bu tip yerleşim alanlarında toplu taşımanın aboneli servisler ile karşılanması maliyeti azaltır (Kalpakçı, 2013; Anonim, 2013).

1990'ların ortalarına gelindiğinde gelişen teknolojiyle birlikte yeni esnek ulaşım sistemleri ortaya çıkmıştır. Ulaşımında akıllı sistemlerin kullanılmaya başlanması yolculuğun oluşturulma süresini kısalttığı için talebe duyarlı taşıma hizmetlerinin sayısı giderek artmış ve kentlere yayılmıştır. İlk ortaya çıktıklarında sınırlı sayıda yolcu grubuna yönelik olan bu sistemler gün geçtikçe çoğu durumda en uygun toplu taşıma çözümü olarak görülmeye başlanmışlardır (Anonim, 2013).

Günümüzde talebe duyarlı taşımacılık sistemlerine terminal (havaalanı) servisleri ve hastane servisleri örnek olarak verilebilir (Kışla vd., 2016). Havaalanı ulaşımı için genellikle ABD, İtalya, Finlandiya, Hollanda, Belçika gibi ülkelerde minivan servisler düzenlenir. Havaalanlarındaki uzun süreli park sorunu ve uzak mesafe taksi maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle özel sektör eliyle düzenlenen bu servisler ekonomik olarak kârlı işletim sistemleridir. Bu sistem, servisleri kullanacak yolcuların en az birkaç saat önceden

rezervasyon hizmetini aramasını gerektirir. Böylece gün içerisinde bir güzergâh belirlenecektir. İlk yolcuyu başlangıç noktasından alan servis belirlenen güzergâh üzerinde veya güzergaha yakın noktalardan sırayla diğer yolcuları alıp varış yerine götürerek esnek bir toplu taşıma hizmeti sunmaktadır. Bu sistemlerin avantajı terminallerin ortak bir varış noktalarının olmasıdır. Bu sayede yeterli yolculuk talebi sağlanabilmektedir (Türdeş ve Göker, 2007).

Talebe duyarlı sistemlerin ABD’de en yaygın örneği geleneksel toplu taşıma hizmetlerini kullanamayan engelli bireylere aynı konforda toplu taşıma hizmeti sunmaya çalışan sistemlerdir. Başka bir ifade ile geleneksel toplu taşıma sistemlerini geçici veya sürekli olarak kullanma imkânı olmayan yolculara kapıdan kapıya bir refakatçi ile hizmet verirler. Ekonomik olarak sürdürülmesi zor olan bu sistemler toplu taşımadan çok daha fazla maliyetlere sebep olmaktadır. Bu nedenle kullanıcılara sistemin kullanımına dair eğitimler verilerek kapıdan kapıya refakatsiz bir şekilde hizmet verilmek istenmektedir. Türkiye’de İstanbul Büyükşehir Belediyesi’nin yürüttüğü ‘Özürü ve Yaşlı Servisi’ projesi ve Eskişehir Büyükşehir Belediyesi’nin Engelli Hizmetleri Birimi bünyesinde çalışan özel donanımlı araçlarla (Şekil 2.8) engelli vatandaşlara başta hastane ve kamu kuruluşları olmak üzere ücretsiz ulaşım sağlaması gibi hizmetler talebe duyarlı engelli ve yaşlı hizmetlerine örnek olarak verilebilir (Türdeş ve Göker, 2007; Anonim, 2018). Bu hizmetlerden yararlanmak isteyen yolcuların rezervasyon yaptırımları yeterlidir (Türdeş ve Göker, 2007).



Şekil 2.7. Eskişehir Büyükşehir Belediyesi bedensel engelli servis araçları avantaj taksi (Anonim, 2018)

2.3.3. Servis

Servis hizmetleri halka hareketlilik sağlayan küçük otobüs veya minibüslerin kullanıldığı ara toplu taşıma hizmetleridir (TDM Encyclopedia, 2015). Son yıllarda yaygınlaşmakta olan personel ve öğrenci servisleri bu hizmetlere örnek olarak verilebilir (Türdeş ve Göker, 2007).

Personel ve öğrenci servisleri rotaları belli sistemlerdir ve rotalar kullanıcılarında değişiklik olmadığı sürece hizmetin verildiği süreç boyunca sabit kalmaktadır. Öğrenci servisleri kapıdan kapıya hizmet sağlarken, personel servisleri durakları rota üzerinde belirlenmiştir. Hizmetlerde hangi araç tipinin kullanılacağı personel ve öğrenci sayılarına, ikamet bölgelerine ve varmak istedikleri ortak noktalara göre şekillenmektedir. Bu kapsamda öğrenci servisleri daha küçük bir alanda hizmet verecektir. Talebe duyarlı olarak verilen servis hizmetlerinden en büyük farkları ise belirli saatlerde genellikle gidiş geliş olacak şekilde günde sadece 2 kez kullanılmalarıdır (Karaman, 2019; Türdeş ve Göker, 2007).

Servis sistemlerinin işlevleri arasında özel otomobil sahibi olmayan kişiler için hareketlilik sağlamak, özel otomobil yolculuklarının bir kısmının yerini almak ve diğer talebe duyarlı taşımacılık sistemlerini desteklemek yer almaktadır. Örneğin, bazı büyük ticaret merkezlerindeki veya tatil beldelerindeki servisler birçok kişinin özel otomobil veya taksi yerine toplu taşıma sistemlerini kullanmasını sağlamaktadırlar. Servisler zirve saatlerde ve yolculuk talebinin fazla olduğu bölgelerde hizmet verdikleri için trafikteki tıkanıklığı da azaltabilirler. Ayrıca özel otomobil kullanımının yerini aldıklarında park talebini azaltabilirler veya park hizmetlerinden daha ucuza yararlanabilirler (TDM Encyclopedia, 2015).

2.3.4. Taksi

Taksiler kullanıcılarına kişisel hareketlilik sağlayan binek araçlardır (Comini vd., 2018). Ara toplu taşıma sistemleri içerisinde de esneklikleri en fazla olan sistemlerdir (Kalpakçı, 2013).

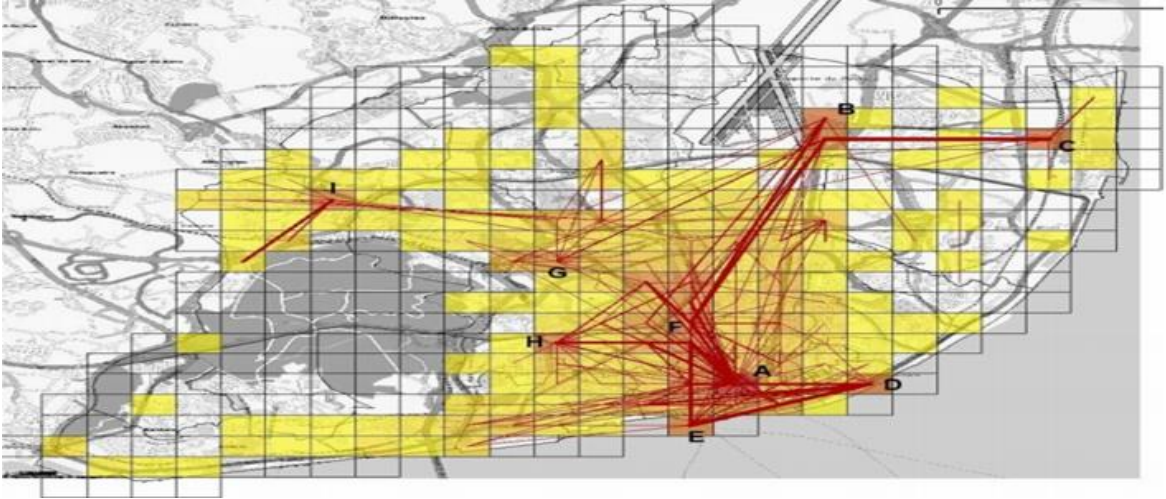
Taksi hizmeti isteğe bağlı olduğu ve kapıdan kapıya kişisel hareketlilik sağladığı için toplu taşımanın en yüksek seviyesi olarak görülebilirler. Daha çok zaman değeri ve konfor isteği daha yüksek olan yolcular tarafından tercih edilmektedirler (Hochmair, 2016).

Geleneksel toplu taşıma sistemlerinden en çok yüksek maliyetleri ve daha çok orta-üst gelirli kişiler tarafından tercih edilmeleri yönleriyle ayrılmaktadırlar. Ancak bazı durumlarda taksiler yüksek maliyetlerine rağmen diğer yolculuk modlarına tercih edilebilirler. Örneğin araç sahibi olmayan veya sürücü belgesi olmayan yolcular, yaşlılar ve engelliler için bu hizmetler önceliklidir (Comini vd., 2018; Bilgiç, 2020). ABD’de yapılan ulusal düzeyde yolculuk tercihlerini belirleme çalışmasına göre taksi kullanıcılarının %16,2 si 65 yaş ve üzeri kullanıcılardır (Kalpakçı, 2013). Aynı zamanda yabancı bir şehre gelen ve toplu taşıma kullanmayı tercih etmeyen turistler veya ziyaretçiler tarafından da taksiler daha çok tercih edilmektedir (Hochmair, 2016).

Taksiler, özel otomobil ve geleneksel toplu taşıma araçlarıyla birlikte şehir içi ulaşımında önemli bir rol oynamaktadır. Manhattan’daki bir çalışmada taksi yolculuklarının kayıtlı ödeme yapılan tüm yolculukların %45’ini oluşturduğu belirlenmiştir (Schaller, 2006). Literatürde taksi verilerinin analiz edildiği birçok araştırma vardır (Bischoff, 2019). Portekiz Lizbon’da 2009 yılında GeoTaxi tarafından sunulan 10 milyondan fazla taksi GPS verisinin kullanıldığı bir başka çalışmada ise yolcuların iniş ve biniş yerleri ve zamanları belirlenerek yolculuk taleplerinin mekânsal ve zamansal dağılımları analiz edilmiştir. Aşağıdaki şekil 2.8’de yolcu iniş ve binişlerin yoğunlaştığı alanlar, şekil 2.9’da ise bu yoğunluğun temsili şekli gösterilmektedir (Veloşo vd., 2011).



Şekil 2.8. Yolcu alma(sol) ve yolcu bırakma(sağ) yoğunlukları (Veloşo vd., 2011)



Şekil 2.9. Taksi hizmetlerine göre konum ilişkisi (A, şehir merkezi; B, havaalanı; C, tren istasyonu; E, feribot işletmesi; F, şehir merkezi; G, üniversite kampüsü; H, ticari alan; I, konut bölgesi (Veloso vd., 2011))

Şekil 2.9'dan da görülebileceği üzere yolculuklar A-D, A-F, B-C, B-F, D-E bölgeleri arasında yoğunlaşmıştır. B havaalanı bölgesi, A ve F'nin otobüs duraklarının bulunduğu şehir merkezleri, E'nin feribot iskelesi, C ve D'nin tren istasyonları oldukları ve A, C, F alanlarından ticari alanlara ulaşım sağlandığı göz önünde bulundurulduğunda taksi yolculuklarının toplu taşıma sistemleri arasında köprü kurmak amacıyla yapıldığı söylenebilir (Veloso vd., 2011). Örneğin bazı yolcular toplu taşıma kullanmak için duraklara giderken veya duraktan çıktıktan sonra taksi kullanımını tercih etmektedirler. Yapılan bu çalışmalar göstermektedir ki taksi sistemleri toplu taşıma sistemlerinin bir alternatifi değildir, aksine onları tamamlamaktadırlar (Schaller, 2005).

2.3.5. Yolculuk paylaşımli sistemler

Aynı seyahat rotasına sahip birden çok kişinin yolculuklarını aynı araç ile gerçekleştirmesine yolculuk paylaşımı (ride sharing) denir (İlhan ve Mutlu, 2014). Colorado Eyaleti yolculuk paylaşımını yolcuların ortak amaçları doğrultusunda, kâr amacı gütmeyen sadece yolculuğun maliyeti paylaşılarak yapılan yolculuklar olarak tanımlamaktadır (Başaran, 2015). Yolculuk paylaşımı aynı zamanda geleneksel toplu taşıma sistemlerine ulaşımı kısıtlı olan düşük nüfus yoğunluğuna sahip bölgelerde ikamet eden insanlar için de ekonomik bir seçenektir (Northwest Commission, 2017; Hatipoğlu, 2016).

Yolculuk paylaşımı ve geleneksel toplu taşıma sistemleri arasındaki en büyük farklılık yolcu kapasiteleridir. Yolculuk paylaşımı özel otomobiller veya minibüs gibi düşük kapasiteli araçlar ile yapılır. Geleneksel toplu taşıma sistemleri yeterli toplumsal talebin olduğu bölgelerde hizmet verirken yolculuk paylaşımli sistemler sürücüler ile bir arabaya ihtiyacı olan yolcuları bir araya getirerek maliyeti paylaşmalarını sağlarlar (Anonim, 2019; Amey, 2010). Sistemler sınıflandırılırken birbirinden ayırmak için yolcu kapasitesi ve yolcu talebi yeterli değildir. Taksiler de yolcu talebine bağlı olarak çalışan düşük kapasiteli araçlardır ancak geleneksel toplu taşıma sistemleri ya da yolculuk paylaşımli sistemler içinde sınıflandırılmazlar. Taksi sistemleri hizmet verirken kâr elde etme amacı taşırlarken yolculuk paylaşımli sistemler kâr amacı gütmemektedir (Amey, 2010).

Yolculuk paylaşımına araba paylaşımı (carsharing), minibüs paylaşımı (vanpool) ve diğer ara toplu taşıma sistemleri örnek verilebilir (Northwest Commission, 2017). Genellikle paylaşılan yolculuklar (carpool/rideshare) ile bir aracın paylaşımı (carsharing) aynı anlamda kullanılmaktadır. İki sistemin ana teması birden fazla yolcuğu aynı araçta taşınması olsa da araç paylaşımli sistemlerinde paylaşım genellikle havuzlama denilen yenilikçi sistemleri ifade etmektedir (Amey, 2010; Bischoff, 2019).

Araç paylaşım sistemleri kullanıcılarına otomobil kiralama hizmeti veren sistemlerdir. Bir başka ifade ile bu sistemler özel otomobil sahipliğini azaltmayı hedefleyen esnek ulaşım sistemleridir. Özel otomobil sahipliği için bir alternatif konumundadırlar. Bu sistemlerin kullanıcıları özel otomobile sahip olmak zorunda kalmadan yolculuklarını özel otomobil konforunda gerçekleştirirler. Maliyetleri özel otomobillerden az olduğu için alt gelir seviyesine sahip kişiler tarafından bile ara ara tercih edilebilirler. Araba paylaşım sistemi araçları genellikle saatlik kiralanırlar, kullanımları ve erişimleri kolaydır. Araba paylaşım hizmeti veren işletmeler küçük kâr amacı gütmeyen işletmeler olabileceği gibi çok yönlü kâr amaçlı işletmeler de olabilir (Chatterjee vd., 2013; Litman, 2000). Minibüs paylaşımli sistemler, araç paylaşımli sistemlere benzer olarak işletilen sistemlerdir. Sistemde orta kapasiteli araçlar paylaşılır. Bu hizmetler bir sürücü tarafından sağlanabileceği gibi devlet eliyle ya da sivil toplum örgütü tarafından da sağlanabilir (Northwest Commission, 2017).

Araç paylaşım sistemleri ilk kez 1948 yılında İsviçre'nin Zürih kentinde ortaya çıkmıştır. 1980lere kadar Avrupa'da birçok araç paylaşım hizmeti denenmiş ancak başarısız olunmuştur. Fransa'da Procotip (1971-1973), Hollanda'da Witkar (1974-1988), İngiltere'de Green Cars (1977-1984) bunlardan bazılarıdır. Bu sistemlerin dünya çapında başarılı olanları sırasıyla 1987 ve 1988'de İsviçre (Luzern ve Zürih) ve Almanya'da (Berlin) hizmet vermeye başlamıştır. Hizmetler popüler hale gelmeye başladıkça Avrupa'dan tüm dünyaya yayılmıştır (Shaheen ve Cohen, 2007). ABD'de ise ilk kez 1998 yılında Portland'da araç paylaşım hizmet verilmeye başlamıştır (Katzev, 2003). Bugün ise ABD'de yolculuk paylaşım sistemlerinin sürdürülebilirliği adına birçok politika yürütülmektedir. Carpool sistemine kayıtlı araçlara indirimli otopark hizmetleri sağlanmakta, hatta bu araçlar için anayollarda ayrı bir şerit ayrılmaktadır (İlhan ve Mutlu, 2014).

Başlangıçta yolculuk paylaşım sistemleri seyahat rotalarının ve zamanlarının önceden belirlendiği nispeten esnek olmayan hizmetleri içeriyordu. Günümüzde ise teknoloji ilerledikçe gerçek zamanlı veya dinamik diye adlandırılan yenilikçi bir yolculuk paylaşım anlayışı ortaya çıkmıştır (Gökaşar ve Başaran, 2017). Dinamik yolculuk paylaşım hizmetleri ara sıra gerçekleşen tek seferlik esnek ulaşım hizmetleridir. Bu sistemler sayesinde yolcular yolculuklara kısa bir süre öncesine kadar katılma imkânı bulurlar (Amey, 2010). Bu teknoloji destekli yolculuk paylaşım hizmetleri GPS, akıllı telefon uygulamaları ve sosyal ağlar ile sağlanır. Sistem üzerinden rotaları eşleşen sürücüler ile yolcular yolculukları paylaşırlar. Yolculuğun gerçek zamanlı olarak paylaşılması geleneksel araç ve minibüs paylaşım sistemlerinin dezavantajlarını teknoloji tabanlı olması, esnek ve kısa vadeli sistemler olması nedeniyle ortadan kaldırır. Ayrıca bu sistemlerde kullanıcıların geri bildirim yapma imkânları da vardır (Başaran, 2015).

Uber'in içinde olduğu TNC'ler (Transportation Network Companies) giderek daha fazla şehirde havuz oluşturmaktadır (Bischoff, 2019). Bu tarz dinamik yolculuk paylaşım şirketleri Türkiye dahil olmak üzere dünyanın birçok ülkesinde hizmet vermektedir. Uber telefon uygulaması aracılığıyla yolcu talebine bağlı bir yolculuk paylaşım hizmeti iken, BlaBlaCar aracındaki boş koltukları paylaşan sürücüler ile aynı rotada seyahat edecek olan yolcuları eşleştiren bir hizmettir. Sidecar hizmeti ise paylaşılan yolculuğun fiyatlandırmasını yolcuların yapmasına izin vermektedir. Türkiye'de bu sistemlere ek olarak Volt, Yolyola, Twogo gibi gerçek zamanlı sistemler de yer almaktadır (Gökaşar ve Başaran, 2017).

2.4. Sürdürülebilirlik

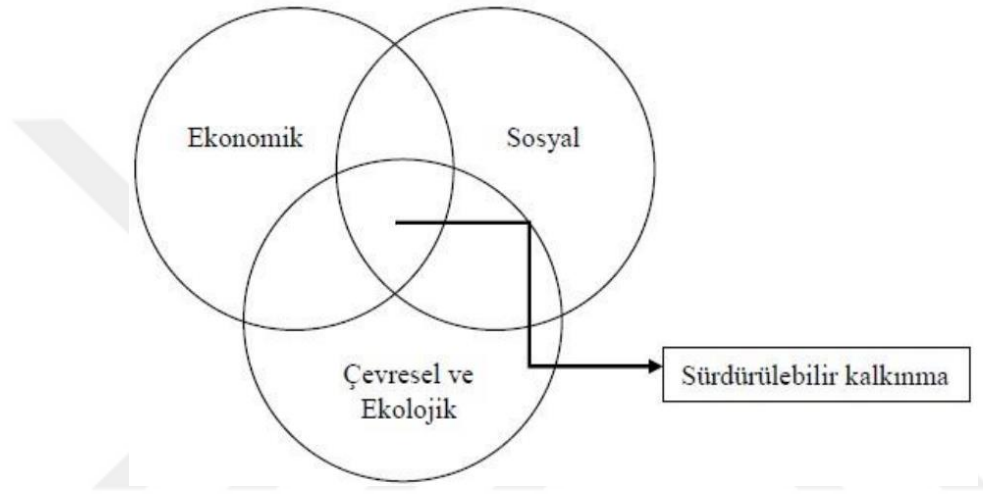
Sürdürülebilirlik kavramı dünya üzerinde çok önceden ortaya çıkmış olsa da ilk literatür tanımı 1987’de Birleşmiş Milletler Genel Kurulu’nun isteği üzerine Gro Harlem Brundtland tarafından kurulan Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafınca yapılmıştır. ‘Ortak Geleceğimiz’ adı ile yayınlanan Brundtland Raporu’na göre sürdürülebilirlik; şimdiki neslin ihtiyaçlarını karşılarken gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama olanaklarını tehlikeye atmamaktır (Kös, 2015; H. Yılmaz, 2019). Bir diğer ifade ile sürdürülebilirlik; sürekliliği olabilecek herhangi bir sistemi kesintisiz bir biçimde devam ettirmektir (Kuyumcu, 2017).

Çizelge 2.1. Sürdürülebilirlik (H. Yılmaz, 2019)

EKONOMİK	SOSYAL	ÇEVRESEL
İstihdam	Yaşam Kalitesi	Dönüşü Olmayandan Kaçınma
Kaynak Verimliliği	İnsan Sağlığı	İklim Değişikliği
Maliyetler	Eğitim	Biyolojik Çeşitlilik
Ödenebilirlik	Eşitlik	Kirliliğin Önlenmesi
Ticari ve İktisadi	Bir Arada Yaşanabilirlik	Tedbirli Hareket Etme
Üretkenlik	Halk Katılımı	Doğal Yaşamı Koruma
Vergilendirme	Tarihi ve Kültürel	Estetik

Çizelge 2.1’de gösterildiği gibi sürdürülebilir gelişmenin ekonomik sürdürülebilirlik, sosyal sürdürülebilirlik ve çevresel sürdürülebilirlik olarak tanımlanabilecek üç bileşeninden söz edilebilir. Bu üç bileşenin ortak çıktısı çevreyi koruyarak insanların refah seviyesini yükseltmektir. Çevrenin korunması kadar ekonomik ve sosyal kalkınmanın sürdürülmesi de önemlidir (Kös, 2015). Dolayısıyla sürdürülebilir kalkınma bu kategoriler arasında bir seçim yapmak yerine sistemlerin verimliliklerini artırarak tüm kategorilere entegre olacak çözümler bulmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma şeması Şekil 2.10’da gösterilmiştir. Sürdürülebilir anlayış sadece yeni sistemlerin kullanımı ile sınırlı kalmaz kullanışlı olan tüm

sistemleri iyileştirmeye çalışır (Kışla, 2019). Ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlandığı ölçüde sürdürülebilir gelişmeden bahsedebiliriz. Örneğin yenilenemeyen enerji kaynaklarının yenilenebilir kaynaklar ile değiştirilmesi çevre sürdürülebilirliğinin gereksinimidir. Yenilenebilir enerjilerin kullanılması ülke ekonomisine de katkı sağlamaktadır. Benimsenen çevreci yaklaşımlar sayesinde sağlıklı toplumlar oluşur. Özetle sağlıklı toplumların refah içerisinde sosyal yaşantılarını devam ettirebilmesi sürdürülebilir kalkınma olarak tanımlanır (Yılmaz Kaval, 2017).



Şekil 2.10. Sürdürülebilir kalkınma şeması (Eryiğit, 2012)

2.5. Sürdürülebilir Ulaşım

Sanayi devriminden sonra yaşanan kentleşme ile dünyanın birçok kentinde nüfus artışı yaşanmış ve bu günümüzdeki birçok sorunun da başlangıcı olmuştur. Bu sorunların en büyüğü ulaşım sorunudur (Saatçioğlu ve Yaşarlar, 2012).

Daha önceki sürdürülebilirlik tanımları göz önüne alındığında sürdürülebilir ulaşım için de aynı tanım yapılabilir: Gelecek nesillerin ulaşım ihtiyaçlarını karşılama olanaklarını riske atmadan bugünkü ulaşım ihtiyaçlarını karşılamak (Black, 2002). Bu kapsamda insanlara güvenilir ve uygun maliyetlerde ulaşım hizmetleri sunulurken çevreye verilecek zarar en aza indirilmeye çalışılır. Sürdürülebilir ulaşım aynı zamanda ekonomik ve sosyal açıdan da eşitlikçidir. Sosyal ve ekonomik fayda ancak hareketlilik ile sağlanmaktadır.

Bunun için altyapı oluşturulmalıdır. Sürdürülebilir ulaşım, mevcut altyapının en verimli kullanım şekli ile ilgilenir (Elbeyli, 2012; H. Yılmaz, 2019).

1996 yılında düzenlenen Vancouver Konferansı'nda OECD tarafından sürdürülebilir ulaşımın ilkeleri belirtilmiştir. Sürdürülebilir ulaşım ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan incelenerek bu ilkeler doğrultusundaki alt hedefler belirlenmiştir. Belirlenen ilkeler Çizelge 2.2'de gösterilmektedir (Eryiğit, 2012).

Çizelge 2.2. Sürdürülebilir Ulaşımın ilkeleri (Eryiğit, 2012)

Sosyal Sürdürülebilirlik	Çevresel Sürdürülebilirlik	Ekonomik Sürdürülebilirlik
Eşitlik	Kirlilik önleme	Tam maliyet muhasebesi
Erişilebilirlik	Arazi ve kaynak kullanımı	
Sağlık ve güvenlik		
Bireysel Sorumluluk		
Bütüncül planlama		
Kültürel değer ve alışkanlıklar		

Sürdürülebilir ulaşımın sosyal sürdürülebilirlik hedefleri eğitim, sağlık, barınma gibi birincil hizmetlerin sosyal açıdan yeterli ve erişilebilir bir şekilde verilmesi, ulaşım hizmetlerinin tüm insanlara aynı şartlarda sunulması, toplumdaki yaşlılar, engelliler gibi sosyal açıdan dezavantajlı grupların haklarının korunması yer almaktadır. Var olan kaynakların geliştirilmediği, insanların refah seviyesinin yükselmediği ve halka eşit bir şekilde sunulamayan hizmetler her ne kadar ekonomik ve çevreci olsalar da sürdürülebilir değildir. Çizelge 2.2'de görüldüğü gibi OECD tarafından ulaşımın sosyal sürdürülebilirlik ilkeleri eşitlik, erişilebilirlik, sağlık ve güvenlik, bireysel sorumluluk, bütüncül planlama, kültürel değer ve alışkanlıklar olarak belirlenmiştir (Eryiğit, 2012).

20. yüzyılın ortalarından itibaren ulaşımda sadece ekonomik sürdürülebilirliğe önem verilen, çevrenin ve toplumsal sorunların geri planda kaldığı bir dönem başlamıştır. Kentleşmeye paralel olarak artan özel otomobil sahipliği kentlerde önemli çevre sorunlarına neden olmuştur (Eryiğit, 2012). Hedeflenen çevresel sürdürülebilirlik insan ile doğa arasındaki dengeyi tekrar kurarak daha yaşanabilir bir çevre oluşturmaya yöneliktir (H. Yılmaz, 2018). Bu hedef çerçevesinde OECD tarafından ileri sürülen çevresel sürdürülebilirlik ilkeleri kirlilik önleme ve arazi ve kaynak kullanımınıdır (Eryiğit, 2012). Çevresel sürdürülebilirlik kapsamında enerji tüketimi, gürültü ve hava kirlilikleri dikkate alınması gereken diğer faktörlerdir (Saatçioğlu ve Yaşarlar, 2012).

Ekonomik açıdan sürdürülebilir ulaşım, toplumların ulaşım ihtiyaçlarının en ekonomik biçimde sağlanması anlamına gelmektedir. Ulaşımın ekonomik olarak sürdürülebilmesi için ulaştırma planlarındaki tüm değişkenlerin tam maliyet muhasebesi yapılmalıdır. Eşitlik ve fırsat değeri, su kirliliği gibi maliyeti somut olarak hesaplanamayan bileşenlerin de değerlendirilmesi ulaşım türü seçiminin sürdürülebilir olması için önemlidir (Eryiğit, 2012).

2.6. Mevcut Ulaşım Planlamalarının Sürdürülebilirlik Açısından İncelenmesi

Sürdürülebilir ulaşımın sağlanmasının önündeki en büyük engel özel araç sahipliğini teşvik eden geleneksel planlamaların benimsenmesidir (Erdoğan, 2016). Dünyanın her yerinde özel otomobil sahipliği hızla yükselen bir grafik çizmektedir (Hatipoğlu ve Arıkan Öztürk, 2012). Ulaştırma planlarının ölçeği insanlar olmaktan çıkmış, özel otomobiller olmuştur. Kurulan tüm mekânsal yapılar otomobiller çevresinde geliştirilmektedir. Özel otomobiller kullanıcılarına ulaşımda esnek bir hareketlilik sağlarken, kentsel büyümenin sınırları aşılmıştır (Knoflacher ve Ocalır, 2011). Özel otomobil sahipliğinin artması ile kentler genişlemiş, yeni yerleşim yerleri şehir merkezlerinden uzakta kurulmaya başlanmıştır. Bu durum kişi başına düşen özel otomobil yolculuğu kilometrelerinin artmasına neden olmaktadır (Hatipoğlu ve Arıkan Öztürk, 2012). Gelecekte kişi başına düşen özel otomobil yolculuğu kilometrelerinin daha da artması beklenmektedir (Gärling ve Schuitema, 2007). Özel otomobillerin yolcu taşıma kapasiteleri diğer sistemlere göre düşüktür, örneğin Avrupa'da özel otomobillerin doluluk oranlarının 1,1 kişiden 1,8 kişiye kadar değişiklik gösterdiği belirtilmiştir. ABD'de de yaklaşık aynı oranlardan

bahsedilmektedir (Black, 2002). Özel otomobiller bu düşük doluluk oranlarıyla özellikle zirve saatlerde trafik akımının tamamen durmasına neden olurlar. Bu tıkanıklık yoğunluklarında araçlar ancak düşük hızlarda ilerleyebilirler. Bu durum trafikteki zaman kayıplarının artmasına sebep olur (Black, 2010). Hem özel otomobil sürücüleri hem de diğer ulaşım türlerini tercih eden yolcular bu durumdan olumsuz etkilenmektedirler (Erdoğan, 2016). Günümüzdeki ulaşımın yapısı aşağıda şekil 2.11’de gösterilmektedir (Elker, 2013).



Şekil 2.11. Trafikteki araç sayısı ile taşınan yolcu sayısının karşılaştırılması (Elker,2013)

Özel otomobil yolculuklarının artması doğa ile insan arasındaki dengeyi de yok etmiştir. Özel otomobiller ölümcül trafik kazası riskleri, trafikte oluşan tıkanıklıklar, yetersiz park alanları gibi temel ulaşım sorunlarının yanında gürültü, hava, su kirliliği gibi çevresel sorunlara da sebep olmaktadır (Hatipoğlu, 2016; Knoflacher ve Ocalır, 2011; H. Yılmaz, 2018). Ayrıca özel otomobiller kent enerjisinin büyük bir kısmını tüketmektedirler. (Knoflacher ve Ocalır, 2011). Özel otomobillerin en büyük sorunlarından biri de kullanılan fosil yakıtların yenilenemez enerji kaynakları olmalarıdır (Black, 2010). Özel otomobil ölçeğinde geliştirilen ulaştırma planlamaları sınırlı petrol rezervlerini gelecek nesiller için tehlikeye atmaktadır. Aynı zamanda fosil yakıtlardan salınan CO₂, NO_x gibi gazlar yerel ve küresel sorunlara yol açmaktadırlar. Yerel ölçekte hava kirliliği, küresel ölçekte ise global ısınma ve iklim değişikliklerine sebep olurlar (Black, 2002; Elbeyli, 2012).

Özel otomobillerin tercih edilme nedenleri arasında ilk sırada geleneksel toplu taşıma sistemlerine göre daha konforlu ve esnek ulaşım sunmaları yer almaktadır. Sürücüsüne mahremiyet sağlayan özel otomobiller aynı zamanda günümüzde bir statü belirtme yöntemi haline gelmişlerdir. Özel otomobillerin bu çekici özellikleri sistemin sürdürülemez

olduğunun fark edilmesini zorlaştırmaktadır (Gärling ve Schuitema, 2007; Knoflacher ve Ocalır, 2011). Oysaki özel otomobillerin verimsiz ve çevreye zararlı sistemler oldukları açıktır. Aşağıda Çizelge 2.3'te özel otomobillerin toplu taşıma sistemleri ile karşılaştırılması yer almaktadır. Ayrıca toplu taşıma sistemleri gün boyunca hizmet verirken, özel otomobiller gün boyu park halinde beklemektedirler. Her ne kadar bireyler özel otomobil kullanımından vazgeçmek istemeseler de özel otomobiller toplumlar için sürdürülebilir sistemler değildir (Knoflacher ve Ocalır, 2011; Özsoy, 2013).

Çizelge 2.3. Ulaşım türlerinin karşılaştırması (Özsoy, 2013)

	Otomobil	Minibüs	Otobüs	Tramvay	Metro
İz kapasitesi (yolcu/saat)	900	3500	1200	20000	40000
Enerji tüketimi (yolcu/saat)	100	26	19	22	19
Yatırım maliyeti (yolcu/km)	100	9	6	5	25
İşletme maliyeti (yolcu/km)	100	44	12	8	3
Hava kirliliği (yolcu/km)	100	3	0,8	-	-

* Kapasite dışındaki karşılaştırmalarda otomobil = 100 değeri alınmıştır

2.7. Sürdürülebilir Ulaştırma Planlamaları

Geçmişte trafik sorunlarının çözümü için benimsenen geleneksel ulaşım planlamaları ulaşım arzının planlanmasına yöneliktir. (Elker, 1999). Bu süreçte 'Sınırsız talep artışına karşılık sınırsız arz' ilkesi benimsenerek mevcut altyapılar yetersiz kalmaya başladıkça artan talebi karşılayacak yeni yollar, alt ve üst geçitler yapılmaya devam edilmiştir. Yeni yolların inşası yeni yolculuklar yarattığı için ilave yol yapımlarına sebep olmuştur. Özel otomobillere öncelik verirken diğer taşıma türlerine ve kentin doğal yapısına zarar veren bu tarz yaklaşımlar trafik tıkanıklıklarını bir süre erteleyen ancak sürdürülebilir olmayan ulaşım planlamalarıdır (Hatipoğlu ve Arıkan Öztürk, 2012; Kaynak, 2005; Bilgiç, 2020). Ulaşımda sınırsız talep artışına karşılık sınırsız arz ilkesinin oluşturduğu kısır döngü şekil 2.12'de görülmektedir (Eryiğit, 2012).



Şekil 2.12. Ulaşımında sınırsız talep artışına karşılık sınırsız arz ilkesi (Eryiğit, 2012)

Yolculuk talebini kontrol altına almadan yeni ulaştırma alt yapıları inşa etmenin sonsuz bir döngü olduğunu fark eden gelişmiş veya gelişmekte olan ülkeler mevcut alt yapıları daha verimli kullanmak için çalışmışlardır (Hatipoğlu, 2016; Bilgiç, 2020). Bu süreçte sürdürülebilir ulaştırmayı teşvik edecek çeşitli politikalar benimsemişlerdir. Otomobil sektöründeki teknolojik gelişmelere rağmen sorunların devam etmesi araba kullanımını azaltan politikaların geliştirilmesinin gerekliliğini ortaya koymuştur (Gärling ve Schuitema, 2007). Literatürde Yolculuk Talep Yönetimi olarak bilinen bu politikalar ile arzı artırmak yerine talebi azaltma yoluna gidilmiştir. Geleneksel ulaştırma planlamaları ile taban tabana zıt olan sürdürülebilir politikalarda sorgulanan ilk soru şu olmuştur: ‘Alanda artan arza karşılık ulaşım imkanları gerçekten artırılmalıdır mıdır, yoksa bu alandaki yolculuk talepleri azaltılabilir mi?’ Burada bahsedilen azalma özel otomobil kullanma talebindeki azalmadır. Diğer bir ifade ile kişilerin hareketlerinin değil, araçların hareketlerinin azalmasıdır (Gärling ve Schuitema, 2007; Hatipoğlu ve Arıkan Öztürk, 2012). Geleneksel ve yolculuk talep yönetimine dayalı çağdaş ulaştırma planlamalarının temel özellikleri Çizelge 2.4’te toplanmıştır (Elker, 1999).

Çizelge 2.4. Geleneksel ve Çağdaş Ulaşım Planlamalarının Karşılaştırılması (Elker, 1999)

GELENEKSEL YAKLAŞIMLAR	ÇAĞDAŞ YAKLAŞIMLAR
Ulaşım arzının planlanması	Talebin yönlendirilmesi
Taşıtlara öncelik	İnsanlara öncelik
Ek kapasite yaratma	Mevcut altyapıyı verimli kullanma
Yolculukların türlere mevcut dağılımı veri olarak alınıyor	Yolculuklar daha yüksek kapasiteli ve daha dolu taşıtlara kaydırılıyor
Otomobil kullanıcılarının sorunlarına yönelik	Toplumun çeşitli kesimlerinin sorunlarını dengeleyici
Sermaye yoğun yatırımlar	Küçük / gerçekleştirilebilir yatırımlar
Geri dönülmez kararlar	Esnek kararlar
Fiziksel çözümler ağırlıklı	Yönetimsel / yasal / ekonomik çözümler
İnşaata yönelik	Çevreye duyarlı

Yolculuk talep yönetimi politikalarının amacı mevcut ulaşım alt yapılarından alınacak verimi en ekonomik şekilde ve çevreye zarar vermeden maksimuma çıkarmaktır. Bu amaç doğrultusunda 3 temel hedef belirlenmiştir (Elker, 1999):

- 1- Yolculuk talebini azaltmak
- 2- Mevcut yolculukları toplu taşımaya yönlendirmek
- 3- Özel otomobil yolculuklarını sınırlandırmak

Bu hedefler için geliştirilen stratejiler çizelge 2.5'te verilmiştir. Yolculuk talep yönetiminde önlem olarak alınan stratejilerin başında yolculukların özel otomobilden toplu taşımaya kaydırılması, araç paylaşımı, bisiklet ve yaya ulaşımının iyileştirilmesi, zirve saatlerde oluşan yolculuk talebini azaltma (tele çalışma, çalışma saatlerinin kaydırılması, esnek çalışma saatleri vb.), otopark politikaları, ücretlendirmeler ve bu yapılanmalar ile ilgili teşvikler gelmektedir (Elker, 2013; Hatipoğlu, 2016).

Çizelge 2.5. Yolculuk Talep Yönetimi Hedefleri (Elker, 1999)

Hedefler	Önlemler
Yolculuk Talebinin Azaltılması	Toplam yolculuk düzeyinin azaltılması Belirli koridorlarda yolculuk talebinin azaltılması Doruk saatlerde yolculuk talebinin azaltılması Motorlu taşıtlarla yolculuk talebinin azaltılması
Yolculukların Toplu Taşımaya Yönlendirilmesi	Toplu taşımada fiziksel iyileştirmeler Toplu taşıma işletmesinin iyileştirilmesi Ara toplu taşıma düzenlemeleri Toplu taşımanın kullanıcıya maliyetinin azaltılması Otomobilden toplu taşımaya aktarma olanakları
Bireysel Ulaşımın Sınırlandırılması	Yasaklamalar Kapasite kısıtlamaları Otopark politikaları Ücretlendirme Taşıt paylaşma programları Dolu taşıtlara öncelik

2.8. Ara Toplu Taşıma Sistemlerinin Sürdürülebilirliği

Günümüzde öngörülen özel otomobil sahipliği artışının sadece toplu taşıma sistemleri ile telafi edilmesi mümkün değildir. Toplu taşımaya entegre olmuş yolculuk paylaşımları yapılmalıdır (Murray vd., 2012). Yolculuk paylaşım sistemleri ile özel otomobil kullanımı azaltılarak sürdürülebilir ulaşım amaçlanır. Bu sistemlerde özel otomobiller toplu taşıma aracı gibi kullanılarak yolculukların tek bir araçla yapılması sağlanır (Northwest Commission, 2017; Gökaşar ve Başaran, 2017). Özel otomobillerin mevcut kapasitesinin tamamı kullanılır. Diğer bir ifade ile araç paylaşımli sistemlerde boş koltuklar paylaşılarak özel otomobillerin doluluk oranları artırılır (Black, 2002).

Yolculuk paylaşım sistemleri toplumsal olarak özel otomobil sahipliğini azaltmaktadır böylece trafikteki sıkışıklıklar ve park talepleri de azalmaktadır (Daus, 2013). Sistem özel otomobil sahibi olmayan kullanıcılara maliyetinin çok altında özel otomobil erişimi sağlar. Bunun yanı sıra sadece belirli zamanlarda özel otomobile ihtiyaç duyan kullanıcılar tarafından da tercih edilir. Ayrıca hane içerisinde 2. veya 3. araca sahip olmak

istemeyen kullanıcılar için de iyi bir alternatiftir. Yapılan bir çalışmada ortak kullanılan bir aracın Avrupa'da 4 ile 10, Kuzey Amerika'da ise 6 ile 23 araç aralığında özel otomobil ihtiyacını azalttığı belirtilmiştir. Ek olarak yapılan bir başka çalışmada Avrupa'da yolculuk paylaşımı sistemleri kullanıcıların %15,6-34'nün sahip oldukları özel otomobillerini sattıkları ifade edilmiştir. Bunun yanı sıra %23-26,2'lik bir kısım ise otomobil almaktan vazgeçmiş veya ertelemişlerdir. Yolculuk paylaşım sistemleri sabit rotalı geçiş sistemlerini destekleyerek ve park yeri aramak gibi gereksiz sürüşü ortadan kaldırarak yolculuk yapılan araç millerini (VTM) azaltmaktadır (Anderson, 2014). Avrupa'da yapılan bir çalışmada özel otomobiller ile yapılan yolculuk kilometrelerinin %28-45 arasında bir düşüş gösterdiği belirtilmiştir (Shaheen ve Cohen, 2007).

Yolculuk paylaşım sistemlerinin toplumsal diğer bir faydası artan özel otomobil doluluk oranlarının kullanıcıların karbon ayak izini azaltmasıdır (Kortum, 2016). Avrupa'da yapılan bir çalışmada araç paylaşım sistemi kullanıcılarının her birinin karbondioksit emisyonlarının %39-45 oranında azaldığı ifade edilmiştir (Shaheen ve Cohen, 2007). Ayrıca yolculukları tek arabada toplamak ve araç doluluklarını arttırmak enerji verimliliğine de katkı sağlayacaktır (Kortum, 2016).

Araç paylaşımı ile mevcut alt yapıların verimlilikleri artırılarak, sıkışıklık yaşanmadan veya yeni alt yapılar yapılmadan ulaşım talebini karşılaması hedeflenmektedir (Kortum, 2016; Bilgiç, 2020). Ancak yapılan araştırmaların sonucunda kişilerin yolculuk paylaşımı sistemlerinin avantajlarına rağmen özel otomobilin konforundan ve esnekliğinden vazgeçmek istemedikleri ifade edilmiştir (Daus, 2013). Bu nedenle yolculuk paylaşım sistemleri özel otomobiller ile rekabet edebilir hale gelmelidir (Black, 2002). Bu sistemler çeşitli şekillerde desteklenebilir. Sistemlerin temel amacı ekonomik kazanç sağlamak olmasa da sunulan fırsatlar kişileri araç paylaşımına katılması için teşvik edebilir. Örneğin, bazı hükümetler 2 ya da daha fazla yolcusu olan araçlara yüksek doluluk oranına sahip araç (HOV) şeritleri tahsis ederek, hızlı yolculuk sağlamak ve şeritleri ücretsiz kullanma imkânı tanımaktadır. Böylece yolculuk süresi ve maliyetleri azaltılmaktadır (Daus, 2013; Yalınız ve Bilgiç, 2015). Teksas'ta yapılan bir çalışma HOV (High Occupancy Vehicle Lane) şeritlerinin kişileri yolculuk paylaşımına katılmaları için teşvik etmesi açısından kritik bir öneme sahip olduğunu göstermiştir (Başaran, 2015). Ayrıca kullanıcılar için park yerleri ayırmak, otoparklarda indirim sağlamak veya araçları vergiden muaf tutmak gibi teşvik

politikaları da yürütülmektedir (Daus, 2013; Yalnız ve Bilgiç, 2015). Araç paylaşımli sistemler sayesinde sürücülerin yol stresinin azalması, bu sistemlerin çevreci yaklaşımlar içermesi, kullanıcıların sosyalleşme isteği gibi faktörler de araç paylaşımını teşvik eden diğer faktörlerdir (İlhan ve Mutlu, 2014).



Şekil 2.13. Carpool için tabela örneği (Anonim, 2014)



Şekil 2.14. Carpool ve vanpool ile sınırlı bir park alanı (Anonim, 2015)

Yolculuk paylaşımli sistemlerden iyi alternatif ulaşım türlerine sahip bölgelerde daha fazla verim alınmaktadır. Toplu taşıma sistemlerinin hizmet kalitesinin yükseltilmesi,

bisiklet ve yaya ulaşım koşullarının iyileştirilmesi kişilerin araç paylaşım sistemlerini kullanmasını teşvik etmektedir (Litman, 2020). Yapılan bir çalışmada yolculuk paylaşım sistemi kullanıcılarının özel otomobil sahibi olma oranının %10-40 daha düşük olduğu, toplu taşıma, bisiklet ve yürüyüş modlarını kullanma oranının ise daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Mishra vd.,2015: Kortum'dan, 2016).

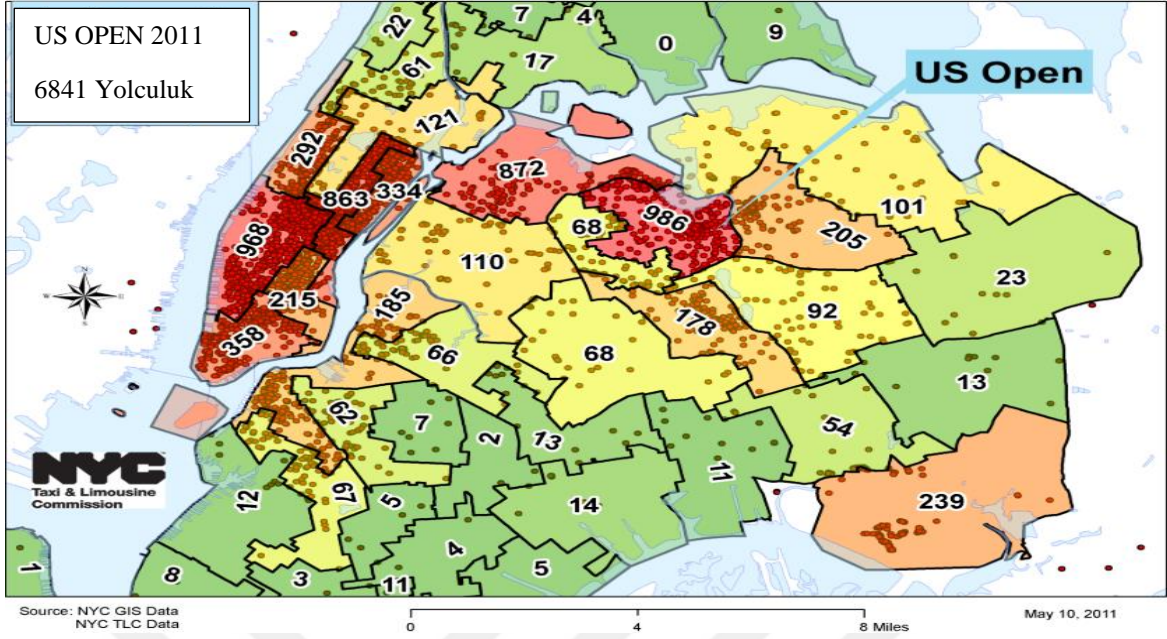
Günümüzde yolculuk paylaşımli sistemlerin yanı sıra temelde bu sistemlerle aynı olan dolmuş sistemlerine olan ilgi de artmıştır. Birçok ülke dolmuş sistemini kendi ülkesine uyarlamak için denemeler yapmaktadır. Bu kapsamda taksilerin paylaşımı konusundaki çalışmalar giderek artmaktadır (Bilgiç, 2020). Örneğin New York'ta Taksi ve Limuzin Komisyonu (TLC) 'Group Ride Program Initiatives' adı altında çeşitli taksi dolmuş sistemleri denemiştir. (NYC ve TLC, 2012) 2010 yılında Brooklyn ve Queens'te New York Metropolitan Transportation Authority (MTA) otobüslerinin kaldırıldığı 5 güzergahta Group Ride Vehicle Pilot Program adı altında dolmuşlarla hizmet verileceği duyurulmuştur. Şekil 2.15'te proje kapsamında oluşturulan duraklardan bir örnek gösterilmiştir. Dolmuş sürücülerine sadece bu duraklarda yolcu indirme-bindirme izni verilmiştir (King ve Goldwyn, 2014).



Şekil 2.15. Group Ride Vehicle durağı (King ve Goldwyn, 2014)

2010 yılının Eylül ayında Şekil 2.15'te gösterilen durakta ilk Group Ride Vehicle aracı hizmet vermeye başlamıştır. TLC pilot programı 1 yıl boyunca sürdürmeyi planlamıştır (King ve Goldwyn, 2014). Ancak program başlatıldıktan 3 ay sonra sadece bir güzergahta yeterli sayıda yolculuk talebi oluşmuştur. Group Ride Vehicle Pilot Programı mevcut toplu taşıma kullanıcılarını araç paylaşma sistemine çekemediği için başarısız olmuştur. Düşük yolculuk taleplerinin nedenleri arasında kaldırılan MTA otobüs güzergahlarının hali hazırda düşük yolcu sayısına sahip olması ve TLC'nin yetersiz pazarlama stratejileri gösterilmektedir. Ayrıca proje kapsamında yolcu bindirilecek durakların önceden belirlenmesi sistemin kullanıcıların talebine uyum sağlamasını zorlaştırmıştır. Oysaki dolmuş sistemlerinin en büyük avantajı yolculara esneklik sağlamasıdır. Pilot projede dolmuş sistemlerinin avantajlarını arttırmak yerine Group Ride Vehicle gibi kafa karışıklığı yaratan bir isim altında yeni bir sistem geliştirilmiştir. Bu nedenle bu pilot çalışma başarılı olmasa da yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar başka projeler için kılavuz oluşturmuştur (King ve Goldwyn, 2014; NYC & TLC, 2012).

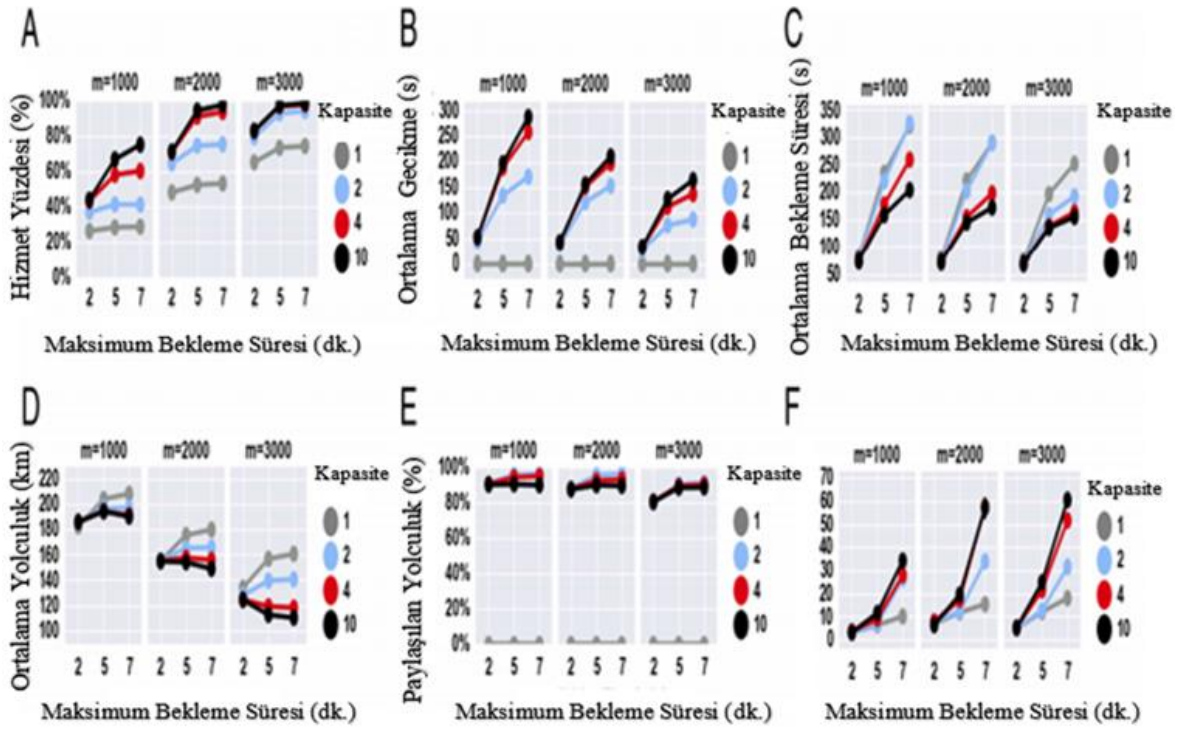
Group Ride Vehicle Pilot Programı'nın başarısız olmasının ardından başlatılan The Group Ride Taxi Stand Pilot Program'da taksi talebinin yüksek olduğu sabah 6 ile 10 saatleri arasında hizmet vermeye başlanmıştır. Belirlenen duraklardan 2 ila 4 yolcunun ortalama ücretin yaklaşık %43 daha azına denk gelen sabit fiyatlarla taksi paylaşımı yapması sağlanmıştır. Proje kapsamında GPS verileri kullanılarak yolcu eğilimleri belirlenmiştir. Yolcuların inme ve binme yerlerinin yoğunlukları ve ödenen ortalama ücretler güzergahların ve sabit ücretlerin seçimini kolaylaştırmıştır (Daus, 2009). Diğer bir pilot uygulama olan US Open Programında ise güzergahlar belirlenirken öncelikle yolculuk taleplerinin yoğunlaştığı bölgeler (Şekil 2.16) ve bu bölgelerde ödenen ortalama ücretler analiz edilmiştir (NYC & TLC, 2011).



Şekil 2.16. Us Open Programı yolcu bırakma durakları (NYC & TLC, 2011)

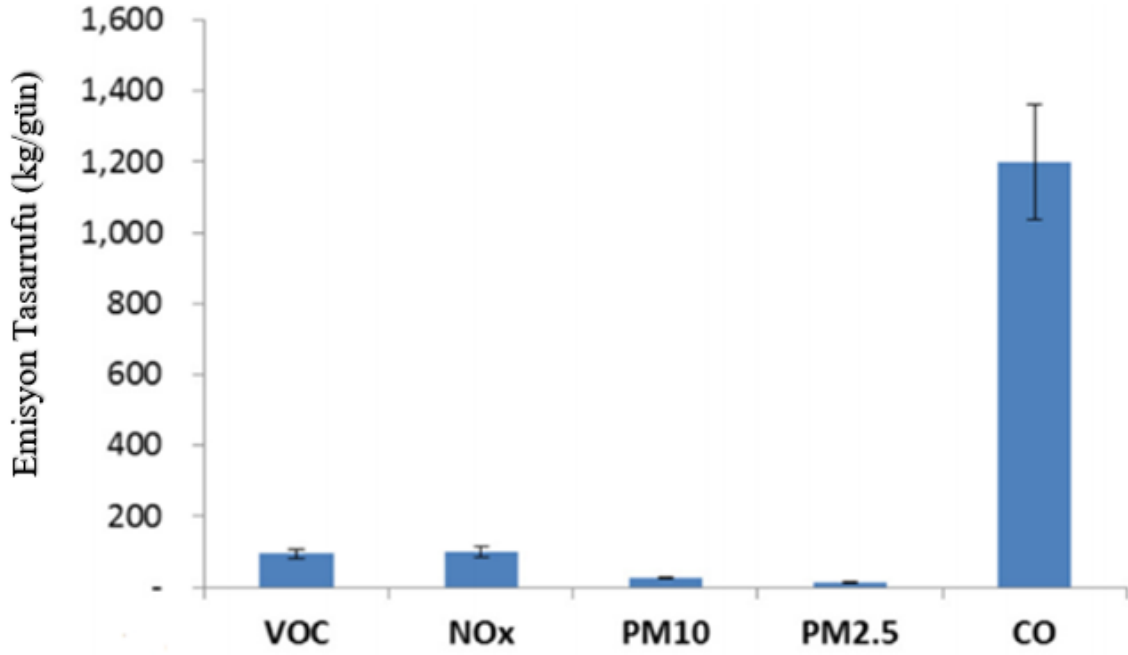
Taksi paylaşımlarının potansiyelleri akademik olarak da incelenmiştir. Örneğin yine New York'ta Illinois Üniversitesi'nin yayınladığı 2010-2013 yılları arasındaki NYC taksi yolculukları verilerini kullanarak bir algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritmaya göre New York City'deki taksilerin sayısı yolculuklar paylaşılsa azaltılabilir. (Bischoff, 2019). Aşağıda şekil 2.17'de taksi sayısı, yolcu kapasitesi ve maksimum bekleme süresi gibi sabit değişkenler ile diğer değişkenlerin arasındaki ilişki ortaya konmuştur (Alonso-Moraa vd., 2016).

Şekil 2.17'de görüldüğü üzere 13.000'den fazla taksinin hizmet verdiği New York'ta yolculuk talebinin %98'i 4 yolcu kapasiteli 3000 araç ile de karşılanabilir. Hatta daha uzun bekleme süreleri (2,8 dakika) ve gecikmeler (3,5 dakika) göz ardı edildiğinde aynı hizmet oranına New York'taki taksilerin %15'ine denk gelen 10 yolcu kapasiteli 2 bin minibüs ile de ulaşılabilir (Alonso-Moraa vd., 2016).



Şekil 2.17. Değişen araç kapasiteleri için performans ölçütü karşılaştırılması (Alonso-Moraa vd., 2016)

Hava kirliliği, trafik sıkışıklığı gibi sorunların yoğun yaşandığı Pekin’de yapılan başka bir çalışmada ise taksi paylaşımının çevresel faydalarına odaklanılmıştır. Çalışmanın temelinde taksi paylaşımının yolculuk paylaşımli sistemlere geçişin ilk adımı olarak görülmesi yatmaktadır. Çalışmada kullanılan 2012 verilerine göre Pekin şehrinde günde 2 milyondan fazla sefere çıkan yaklaşık 66.000 taksi bulunmaktadır ve bu taksiler toplam trafik emisyonunun %7,2’sine denk gelecek şekilde karbon salınımı yapmaktadır. Yapılan çalışma paylaşılan taksilerin bu salınımları azaltacak çevresel faydalarına odaklanmıştır. Analizler sonucu yapılan taksi yolculuklarının %77’sinin paylaşılabilir yolculuklar olduğu belirlenmiştir. Bu da VTM’leri %33 oranında azaltır. Azalan ortalama VTM sayesinde karbon emisyonlarındaki olası düşüşler hesaplanmış ve edilebilecek tasarruf şekil 2.18’de gösterilmiştir. Taksilerin Pekin’deki ulaşım sistemlerinin %1,2 ini oluşturduğu göz önüne alınırsa bu emisyon tasarruf miktarları önemlidir. Şekil 2.18’de azaltılan emisyonları gösteren sonuçlar Pekin’de taksi sistemlerinin yüksek paylaşım faydası göstereceğini kanıtlamaktadır (Cai vd., 2019).



Şekil 2.18. Taksi paylaşımının günlük emisyon tasarrufu (Cai vd., 2019)

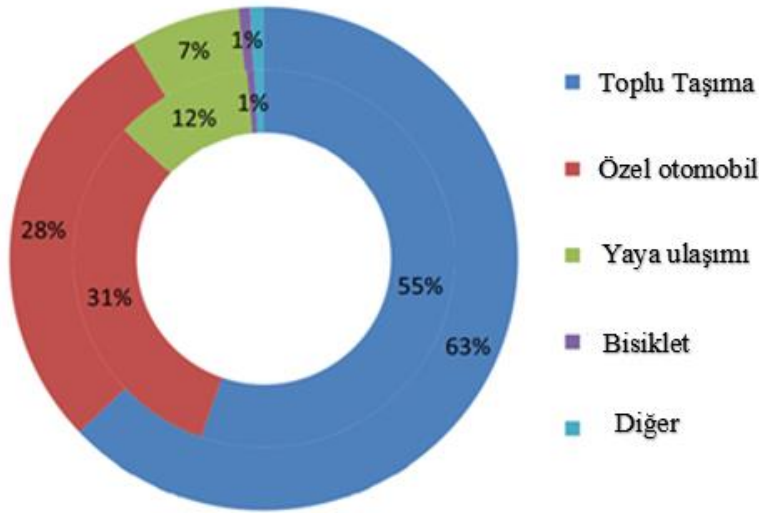
Özetle özel otomobil sahipliği yüksek sayılara ulaşan gelişmiş ülkeler özel otomobil kullanımının olumsuzluklarını ara toplu taşıma sistemleri ile azaltmayı amaçlamaktadırlar (Bilgiç, 2020). Ancak özel otomobil kullanıcıları açısından toplu taşıma sistemleri yeterince çekici ve kullanılmaya elverişli sistemler değildir.

Dünyanın birçok ülkesinde özel otomobil kullanıcılarını toplu taşıma sistemlerine kaydırmak amacı ile toplu taşıma maliyetini azaltacak veya özel otomobil maliyetini arttıracak politikalar geliştirilmektedir. Özel otomobil kullanımından toplu taşıma kullanımına modsal bir geçiş sağlanmaya çalışılmaktadır (Cats vd., 2014). Örneğin İngiltere'nin başkenti Londra'da 2014 yılında araçlar için merkeze ücretli giriş uygulaması başlatılmıştır. 2017 yılına gelindiğinde çevreye daha fazla zarar veren eski araçlardan iki katı ücret alınmaya başlanmıştır. Uygulamada ücretler toksik ücreti adı altında alınmaktadır (Anonim, 2017). Bu politikaların en son seviyesi ise toplu taşıma sistemlerini kullanıcılar için tamamen ücretsiz hale getirmektir (Hess, 2017). Yapılan çalışmalarda ücretsiz toplu taşıma politikasının özel otomobil kullanıcılarını toplu taşıma kullanmaya ikna edebilecek kadar çekici olup olmadığı tartışması ele alınmaktadır (De Witte vd., 2008).

Ücretsiz toplu taşıma (fare-free public transport) aslında bir gelir dağıtım şeklidir ve toplu taşıma maliyetinin yolcular ve sağlayıcılar tarafından değil kamu veya özel kuruluşlar tarafından karşılanması anlamına gelmektedir (De Witte vd., 2008). Amerika Birleşik Devletleri'nde 1970'lerden itibaren toplu taşıma sistemlerinin federal hükümet tarafından sübvansede edildiği uygulamalara rastlansa da Avrupa'daki başlıca örneklerine ilk 1996'da Belçika'nın Hasselt kentinde rastlanmaktadır. Kentte tüm kullanıcılara yönelik bir ücretsiz toplu taşıma politikası benimsenmiştir (Cats vd., 2017). Ücretsiz toplu taşıma uygulamasından sonra toplu taşıma ile yapılan yolculukların 10 kat arttığı ve bu artışın %37'lik kısmının yeni toplu taşıma kullanıcılarından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Ancak bu kullanıcıların %21'lik kısmının yürümek ve bisiklete binmek gibi sürdürülebilir modlardan geçiş yaptıkları belirtilmiştir (Van Goeverden vd., 2006). Benzer şekilde 1997'de Almanya'nın Templin kentinde uygulamaya koyulan ücretsiz toplu taşıma ile artan yolculukların sadece %10-20'lik kısmının özel otomobil geçişinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. 2009 yılından itibaren Fransa'nın Aubagne bölgesinde de ücretsiz toplu taşıma uygulanmaktadır. Sistemik bir çalışma yapılsa da o tarihten itibaren yolculuk sayının 2 kat arttığı tahmin edilmektedir (Cats vd., 2017). Hollanda'daki Leiden-The Hauge bölgesinde 2004 yılında yürütülen pilot çalışma, Belçika'nın Brüksel kentinde Flaman Üniversitesinin öğrencilerine sunulan ücretsiz toplu taşıma imkânı ve Hollanda'daki tüm öğrencilerin 1991 yılından beri toplu taşıma sistemlerinden ücretsiz olarak yararlanabilmeleri de belirli bir gruba yönelik ücretsiz toplu taşıma politikalarına örnek olarak verilebilir (Cats vd., 2014). 2013 yılında Estonya'nın başkenti Tallinn kentinde ikamet edenlerin tamamına ücretsiz toplu taşıma uygulaması başlatılmıştır (Muñoz vd., 2019). 2018 yılında Almanya hükümeti ve Paris Belediyesi ücretsiz toplu taşımaya geçme planlarını duyurmuştur (The Guardian, 2018; The Independent, 2018). 2020 yılına gelindiğinde ise ilk kez Lüksemburg ücretsiz toplu taşımaya politikasını ülke genelinde başlatmıştır (Jegelevicius, 2020).

Tallinn kenti ücretsiz toplu taşıma politikasını tam ölçekli bir şekilde uygulamaya sokan en büyük şehir ve ilk Avrupa başkentidir (Muñoz vd., 2019; Jegelevicius, 2020). Estonya'da 1991'de bağımsızlığını kazanmasından 2012'ye geline süreçte toplu taşıma kullanımı ciddi bir düşüş eğilimi gösterirken özel otomobil sahipliği 1000 kişi başına 456 otomobile kadar çıkmıştır. Ücretsiz toplu taşıma ile özel otomobil kullanıcılarını toplu taşıma kullanmaya teşvik etmek, kent sakinlerinin hareketliliğini arttırmak ve uygulamadan

yararlanmak için ikametgahlarını Tallinn'e aldırarak kişiler sayesinde şehrin vergi gelirlerini arttırmak hedeflenmiştir. Yapılan bir çalışmada Tallinn kentinde uygulanan ücretsiz toplu taşıma politikasının etkisi uygulamadan öncesi ve sonrası karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Verilere göre uygulamanın ilk 3 ayında toplu taşıma ile yolculuk sayısında %3 oranında bir artış gözlenmiştir. Bu süreçte yapılan toplu taşıma ağının genişletilmesi gibi uygulamaların etkileri değerlendirildikten sonra artışın %1,2'lik kısmının ücretsiz toplu taşıma politikasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan yolculukların toplam uzunluğunun %10 oranında düştüğü belirlenmiştir. Bu da yürüme modelinden toplu taşımaya bir geçiş olduğunun diğer ifadesidir. Uygulamanın 1. yılında ise toplu taşıma ile yolculuk sayısında artış %14'lere ulaşmıştır. Toplu taşıma, özel otomobil, yürüme, bisiklet ve diğer şekillerde yapılan yolculukların 1 yıl içerisindeki modal değişimi şekil 2.19'da özetlemiştir (Cats vd., 2017).



Şekil 2.19. Yolculuk modlarının 2012(iç) ve 2013(dış) dağılımı (Cats, vd., 2017)

Çalışmada daha sonra bu modal değişimler sosyo-demografik değişkenlere göre analiz edilmiştir. Ücretsiz toplu taşıma politikası uygulandıktan sonra toplu taşıma kullanma payının en çok 15-19 ve 60-74 yaş gruplarında ve geliri düşük veya işsiz insanlar arasında arttığı belirlenmiştir. Tam aksine yüksek gelirli insanlar arasında toplu taşıma kullanma payının büyük ölçüde azaldığı gözlemlenmiştir. Bu azalış imaj ve toplu taşıma sistemlerinin kalabalıklaşmasına atfedilmektedir. Ücretsiz toplu taşıma politikası farklı gruplar arasında büyük farklılıklar göstermesi nedeniyle evrensel olarak nitelendirilmemektedir (Cats vd.,

2017). Galbadón-Estevan vd. (2019) göre sadece ücretsiz toplu taşıma politikası özel otomobil kullanımından toplu taşımaya geçiş için yeterli değildir. Hatta bu politika ile eş zamanlı başka önlemler alınsa dahi sürdürülebilir olmayabilir (Galbadón-Estevan vd., 2019). Yapılan araştırmalar ücretsiz toplu taşıma politikasının toplu taşıma kullanımını teşvik ettiğini ortaya koysa da seyahat modu seçiminde ücretin yanı sıra birçok başka faktör bulunmaktadır (De Witte et al., 2008). İngiltere’de British Youth Council Derneği’nin yaptığı bir çalışmada gelişmekte olan ülkelerde konfor, güvenlik ve yasal düzenleme faktörlerinin toplu taşımaya olan talebi arttırdığı ifade edilmiştir. Burada bahsedilen konfor faktörü zirve saatlerde toplu taşımada yer alan yolcu sayısı ile ilişkilidir (Erol ve Ceylan, 2015). Zirve saatlerde artan yolcu sayıları ile toplu taşıma sistemleri ancak özel otomobil sahibi olmayan kullanıcılar tarafından tercih edilebilirler (Yalınız ve Bilgiç, 2015).

2.9. Dolmuş ve Minibüs Dönüşümleri

Ülkemizde bazı belediyelerce trafik problemlerinin kaynağı olarak ara toplu taşıma sistemlerinden dolmuş ve minibüs sistemleri görülmektedir. Bu sistemler zirve saatlerde yolcu talebini karşılayabilmek adına kısa sefer aralıkları ile çalıştırıldıkları için trafikte aynı anda çok fazla araç bulunur ve aynı zamanda yolcu kapasiteleri de diğer toplu taşıma sistemlerine kıyasla düşüktür (Bilgiç, 2020). Şoförlerin yaptıkları trafik ihlalleri, belirli durakları olmadıkları için herhangi bir yerde yolcu indirip bindirmeleri, ayakta yolcu taşımaları ve denetleme eksiklikleri trafik güvenliğini tehlikeye sokmaktadır (Erol ve Ceylan, 2015). Tüm bunlar göz önüne alındığında bazı yerel yönetimler toplu taşıma sistemlerinin sürdürülebilirliği açısından ara toplu taşıma ile geleneksel toplu taşıma hizmetlerinin tek çatı altında yürütülmesi gerektiğini düşünmektedir (Ersakay Yorulmaz, 2016). Bu bağlamda dolmuş ve minibüs sistemlerini tamamen kaldırmaya veya taksi, otobüs, servis gibi sistemlere dönüştürmeye çalışmaktadırlar (Yalınız ve Bilgiç, 2015).

Minibüs sistemlerinin hem kendi içlerindeki hem de otobüs ve raylı sistemler ile olan rekabetçi duruma son vermek ve kent ulaşım sistemine entegre etmek üzere bu sistemlerin daha verimli sistemlere dönüştürülmesi gerekmektedir. Büyükşehir Belediyelerinde bu kapsamda kentin toplu taşıma sistemine entegre olacak şekilde minibüsten otobüse dönüşüm ile ortak havuz sistemi oluşturma çalışmaları başlamıştır (Ersakay Yorulmaz, 2016). Örneğin Kayseri’de belediye ile minibüşüler odası 2 minibüs bir halk otobüsüne denk

gelecek şekilde anlaşarak 400 tane minibüsün 200 otobüsle dönüşümünü gerçekleştirmişlerdir. M plaka ise şehirden tamamen kaldırılmış, denetim ve planlama yetkisinin belediye tarafından devam ettirilmesine karar verilmiştir (Anonim, 2008).

Dolmuş sistemleri ise daha çok taksi sistemleri ile benzerlik göstermektedir (Özkurt, 2012). Bu bağlamda yerel belediyeler şehirde ikamet eden kişilerin ekonomik durumlarını ve şehrin özel araç sahiplik oranını göz önünde bulundurarak dolmuşların taksiye dönüşümünü gerçekleştirmeye çalışmaktadır (Güler, 2019). Örneğin Bursa'da Valilik İl Trafik Komisyonu Başkanlığı şehirdeki artan taksi talebinin dolmuşların taksiye dönüşümü ile karşılanma kararı almıştır (Anonim, 2019). 2012 yılında Bursa Büyükşehir Belediyesi Ulaştırma Koordinasyon Merkezi (UKOME) tarafından 'Bursa kent genelindeki yeni taksi durak yerlerinin belirlenmesi ve kent merkezindeki taksi dolmuş trafiğinin düzenlenmesi için dönüşüm projesi' başlatılmıştır. (Güler, 2019). Örneğin bu kapsamda 261 taksi kapasitesiyle 30 yeni taksi durağının yerleri belirlenirken aynı zamanda mevcut dolmuşların taksiye dönüştürme çalışmaları hızlandırılmıştır (Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2012). 2019 yılına gelindiğinde ise yeni açılan Şehir Hastanesine 60 taksi kapasiteli bir taksi durağı kurulmuş ve Bursa Büyükşehir Belediyesi tarafından bu durakta çalışması için ticari taksi plakası satışı talebinde bulunulmuştur. Ancak Otomobilciler Esnaf Odası önceliğin dolmuş şoförlerine ayrılması gerektiği ve önceki haklarının saklı olduğu gerekçeleri ile konuyu yargıya taşımıştır (Güler, 2019). UKOME kurulu tarafından alınan 'Dolmuştan Taksiye Dönüşüm' kararı kapsamında bu durakta dolmuştan taksiye dönüşümü kabul eden hak sahiplerinin çalışması hukuken uygun olarak değerlendirilmiştir (Bursa Büyükşehir Belediyesi UKOME, 2019).

Dönüşümler gerçekleştirilirken dolmuş ve minibüs ruhsatlarının zamanında süresiz olarak verilmesi belediyeler için büyük problemlere sebep olmaktadır. Dolmuş ve minibüs sahiplerinin yasal haklarından dolayı bu sistemler istenen seviyede hizmet veremedikleri noktalarda dahi kaldırılamamakta veya mevcut hizmetler yolculuk talebi düşük olan bölgelere kaydırılamamaktadır. Belediyelerin bu sistemleri kaldırmasının tek yolu kamulaştırma bedelini ödemeleridir. Ancak ülkemizde kısıtlı sayıda taksi, dolmuş, minibüs plakasına izin verilmektedir. Bu durum sınırlı sayıdaki plakaların değerinin sürekli artmasına sebep olmaktadır. Plakalarının değeri milyonlara ulaşmıştır ve çoğu belediyenin kamulaştırma bedelini ödeyebilmesi mümkün değildir (Bilgiç, 2020). İstanbul Adalar

ilçesindeki faytonları kamulaştırmak için İstanbul Belediyesi tarafından ödenen 90 milyon TL bu sorunu en iyi şekilde örneklemektedir (Anonim, 2020c). Yolcu taşıma hakları ile ilgili problemler sadece minibüs ve dolmuş plakaları için geçerli değildir, benzer durumlar taksi (T) ve servis (S) plakalarında da yaşanmaktadır (Bilgiç, 2020). Örneğin 2019 yılında Bursa Büyükşehir Belediyesi'nin her biri 300 bin TL'den ihaleye çıkarttığı 104 tane servis plakasının satışı Bursa Servis Aracı İşletmecileri ve Halk Otobüsçüleri Odası'nın açmış olduğu dava sonucu iptal edilmiştir (Anonim, 2020a). Benzer şekilde İzmir'de Ulaşım ve Koordinasyon Merkezi (UKOME) tarafından ihaleye çıkarılan 400 servis plakasını 35 S Plakalı Esnaf Derneği dava açarak iptal ettirmiştir (Anonim, 2020b). İstanbul'da ise UKOME İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin 750 minibüs ve 250 taksi dolmuşun taksiye dönüştürülme teklifi kabul ederken bin yeni taksi veya 5 bin taksi plakası kiralama teklifleri reddetmiştir (Anonim, 2021a; Anonim,2021b).

Dönüşümler gerçekleştiikten sonra yolcu davranışlarının ne olacağı ile ilgili herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Dolmuş kullanıcılarının kaçının toplu taşıma kullanmaya devam edeceği, kaçının özel otomobil kullanmayı tercih edeceği tahmin edilmemiştir (Yalınız ve Bilgiç, 2015). Dolmuş kullanıcılarının neredeyse özel otomobil konforunda yolculuk yaptıkları düşünülürse metre kareye 6 yolcunun düştüğü toplu taşıma sistemlerini tercih etmeleri pek mümkün değildir. Örneğin özel otomobil sahipliğinin hane başına oranı %56'lere çıkan Bursa Nilüfer'de dönüşüm tamamlandığında eski dolmuş kullanıcılarının diğer toplu taşıma sistemleri yerine özel otomobillerini veya taksileri tercih edecekleri ön görülmektedir (Dinç, 2012). Bu sebeple yeterli çalışma olmadan alınan dönüşüm kararları sürdürülebilirlik açısından yanlış kararlara yol açabilir (Yalınız ve Bilgiç, 2015).

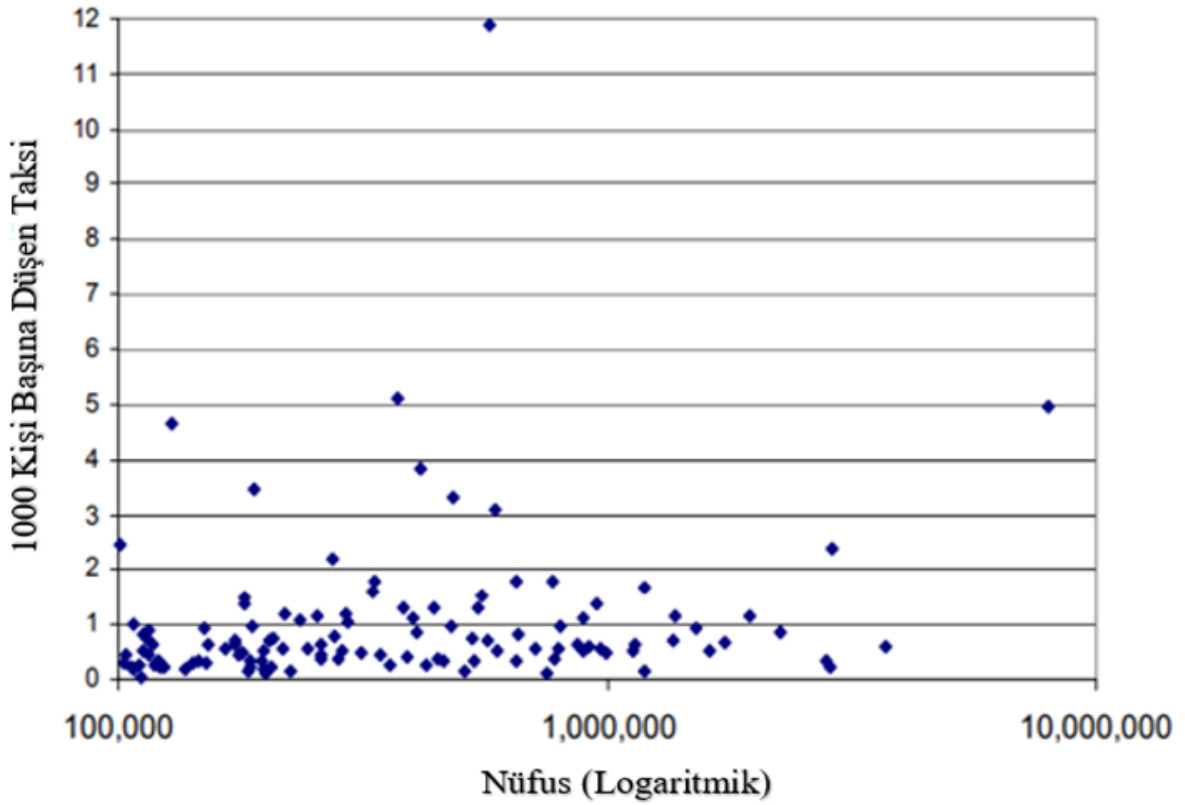
Dolmuş taksi dönüşümleri yapıldıktan sonra kurulacak yeni taksi duraklarının yerlerini ve çalıştırılacak taksi sayısını belirlemek önemli bir karardır. Taksi duraklarının yerlerinin düzensiz ve erişilemez olması taksi yolculuk talebinde azalmaya veya yolculukların bölgeler arasında dengesiz dağılmasına neden olmaktadır. Taksilerin yolcu indirme, bindirme ve bekleme yapacakları yerlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) gibi modern yöntemler ile belirlenmesi gerekmektedir. Böylece taksilerin yolcu aramak için yaptıkları boş yolculuklar en aza indirgenecektir. Gelişmiş ülkelerde taksi duraklarının yer seçimi bu şekilde yapılmaktadır ancak ülkemizde taksi durakları ve taksi talebinin belirlenmesine yönelik herhangi bir çalışma bulunmamaktadır (Yiğit ve Gülhan, 2018).

Tahsis edilecek taksi duraklarının yerleri için Bursa Büyükşehir Belediyesi tarafından “taksi durak yeri belirleme kriterleri” belirlenmesi gerektiği önerisi getirilmiştir. Gerekli düzenlemeler yapılırsa taksi yolculuk talebinde artış gözleneceği ön görülmektedir (Bursa Büyükşehir Belediyesi ve Boğaziçi Proje Mühendislik, 2019). Bu bağlamda taksi talebini doğrudan hesaplamak mümkün değildir. Taksi yolculuk talebini karşılamak amacıyla nüfus, istihdam ve sosyoekonomik faktörlerden kaynaklanan yolculukları bir arada değerlendirmek gerekmektedir. Ayrıca yolcuların kullanım alışkanlıkları, gelir düzeyleri, acil durumlar vb. gibi faktörler de taksi kullanım talebinin oluşmasında etkili olmaktadır (Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2019).

2.10. Taksi Sayılarının Değerlendirilmesi

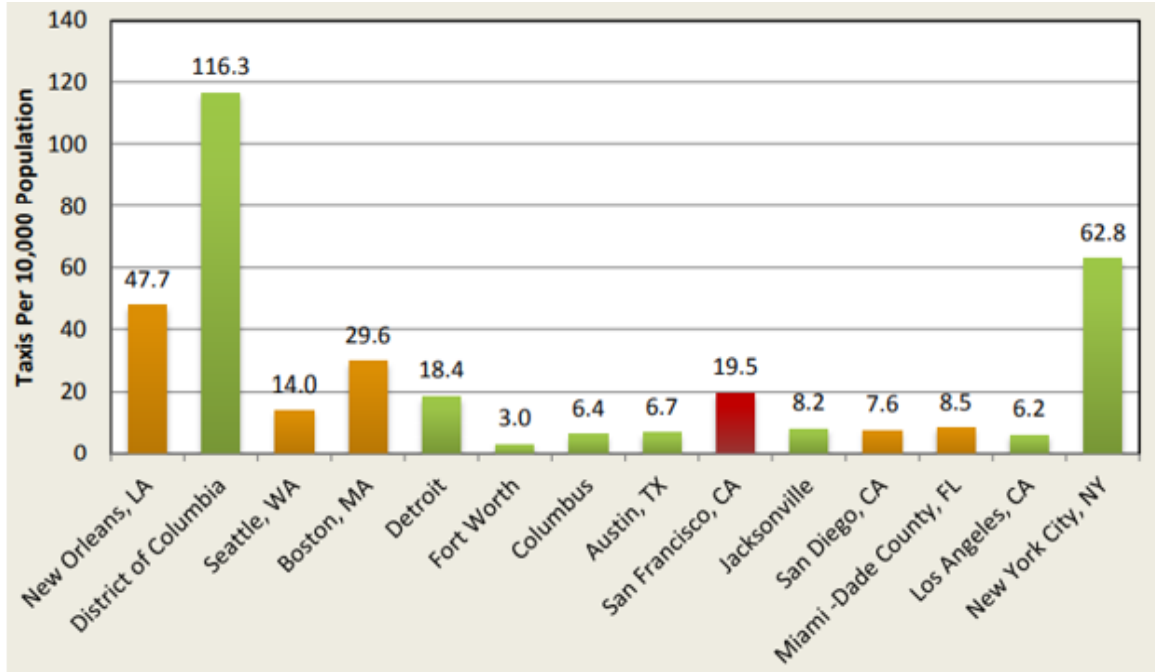
Bu bölümde öncelikle gelişmiş ülkelerdeki taksi sayısı politikaları üzerinde durulmuştur. Bu kapsamda incelenen 2001 yılında yapılan bir araştırma göstermiştir ki kullarımdaki taksi sayısı son yıllarda artma eğilimindedir. Romanya’da 1989 yılından itibaren taksi sayısındaki artış %100 ü geçerken İngiltere’de 1985’ten sonra büyüme oranı %60’ın üzerinde seyretmiştir. Hollanda 1994 yılından itibaren taksi sayısını neredeyse %20 kadar arttırmıştır. Fakat nüfus yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde bu tarz yüksek oranlı artışlar görülürken, nüfus yoğunluğunun az olduğu bölgelerde taksi sayısında azalmalar görülmüştür. Örneğin Fransa’da taksi sayılarında genel itibari ile çok büyük değişiklikler olmamasına rağmen bazı bölgelerinde %10 seyrinde büyük artışlar, bazı bölgelerinde ise %15 seyrinde büyük düşüşler yaşanmıştır. Almanya örneğinde ise özel otomobil sahipliğinde düşüş gözlenirken, taksi ve kiralama ruhsatı verilen araçlarda istikrarlı bir artış yaşanmıştır. Kanada’nın Quebec şehrinde ise taksi ruhsatı sınırlaması olduğu için taksi sayısının sabit kaldığı belirtilmiştir. Aynı durum Birleşik Krallık dahil birçok ülkede mevcuttur (Transport, 2001).

Schaller, (2005) 118 ABD şehrinde yaptığı bir araştırmada şehirler için ortalama bir taksi sayısı belirlemeye çalışmıştır. Geniş çaplı bir araştırma sonucunda şehirlerdeki 1000 kişi başına düşen taksi sayıları belirlenmiştir. Şekil 2.20’de gösterildiği gibi ordinatta 1000 kişi başına düşen taksi sayısı ve apsiste logaritmik ölçekteki nüfuslar olacak şekilde grafiğe işlenmiştir. Oluşan grafik ABD’deki tüm şehirler için nüfusa göre uygulanabilecek ortak bir taksi sayısı olmadığını göstermektedir (Schaller, 2005).



Şekil 2.20. 118 ABD şehrinde 1000 kişi başına düşen taksi sayısı (Schaller, 2005)

Kuzey Amerika şehirlerinde yapılan başka bir çalışma San Francisco ile yaklaşık nüfusa sahip ABD şehirlerini ve kişi başına düşen taksi sayılarının uygulanabilir olduğu bazı şehirleri karşılaştırmıştır. New York ve Washington DC şehirleri uygulanabilir maksimum taksi sayısını göstermek için karşılaştırmaya dahil edilmiştir. Los Angeles ise California'da olması ve yakın mesafede yer alması nedeniyle dikkate alınmıştır. Çalışma sonucu elde edilen veriler 10000 kişi başına düşen taksi sayılarını y ekseninde gösterecek şekilde Şekil 2.21'deki grafiğe işlenmiştir. Grafikten anlaşıldığı üzere bu şehirlerde de kişi başına düşen taksi sayısının dağılımı çok geniştir. Taksi sayıları coğrafi şartlara ve şehrin tarihine göre değişebilmektedir (Hara Associates, 2013).



Şekil 2. 21. 14 Kuzey Amerika şehrinde 10000 kişi başına düşen taksi sayısı (Hara Associates, 2013)

Taksi plakalarının satış veya kiralama bedelleri de mevcut taksi sayılarının değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Taksi plaka fiyatlarının yüksek değerlere ulaşması o ilde yolculuk talebinden daha az taksi bulunduğunu göstermektedir. Kişi başına düşen taksi sayısı çok olan şehirlere göz atıldığında ise taksi pazarında daha düşük taksi plaka fiyatlarının hâkim olduğu görülmektedir (Hara Associates, 2013).

2.10.1. Taksi sayısının belirlenmesi ve taksi talebini etkileyen faktörler

Taksi ruhsatlarının yönetmelik ile sınırlandırıldığı şehirlerdeki taksi sayısının belirlenmesi toplu taşıma politikasının en önemli aşamalarından biridir (Schaller, 2005). İyi tasarlanmış bir sistemde taksi sayısının ortalama bir zirve saatteki taksi talebini karşılayabilmesi gerekmektedir (Hara Associates, 2013). Verilen taksi ruhsatlarının taksi talebinden fazla olması veya talebin altında kalması durumunda verilen hizmetler ekonomik bir şekilde sürdürülemez (Schaller, 2005).

Taksi sayısı yolculuk talebini aştığı takdirde taksilerin sefer aralıkları artacaktır. Bu bekleme süresi boşa harcanan yakıt ve zaman değeri kaybına neden olacaktır (Hara

Associates, 2013). Taksiler kapıdan kapıya hizmet sundukları için boş yolculukların engellenmesi mümkün değildir. Taksi sayısı fazla olduğunda yolcu aramak için yapılan boş yolculuklar daha da artacaktır. Tüm bunlar taksi hizmetlerinin verimliliğini azaltacaktır. Ayrıca trafikteki taksi fazlalığı trafik sıkışıklıkları, hava kirliliği, kazalar gibi dışsal sorunlara da sebep olmaktadır (W. Zhang ve Ukkusuri, 2016).

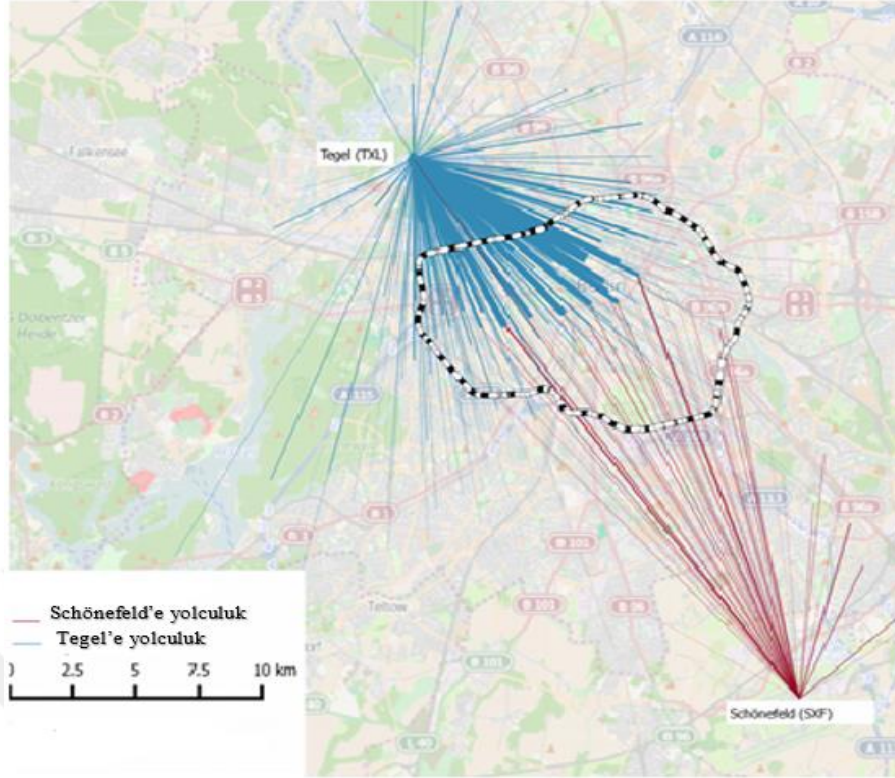
Tam aksine taksi sayısı yolculuk talebi karşısında yetersiz kaldığında ise yolcuların taksi bekleme süreleri artacaktır. Uzun bekleme süreleri yolcuların memnuniyet seviyesini düşürecek hatta bazı yolcular başka ulaşım araçlarını tercih edeceklerdir (Agrawal vd., 2020; Associates, 2013). Birçok şehirde taksi kullanıcıları taksi ruhsatları sınırlı olduğu için taksi bulma konusunda sorun yaşamaktadır (Abbas, 2016). Taksi erişiminde sorun yaşanması özel otomobil kullanımını arttırmaktadır. Çünkü bu sistemleri kullanan kullanıcılar diğer toplu taşıma sistemlerine kıyasla maliyetli olan özel otomobili olan veya olabilecek gelire sahip kişilerdir (Bilgiç, 2020). Yukarıda bahsedilen nedenlerle sürdürülebilir bir ulaşım için taksi hizmeti sağlayıcıları ile taksi kullanıcıları arasında bir denge kurmak zorunludur. Bu denge ancak kullanıcıların taksi talebine göre ihtiyaç duyulan taksi sayısını doğru tahmin ederek kurulabilir (Abbas, 2016).

ABD şehir ve ilçelerinde ruhsat verilecek taksi sayısını belirlemek için kullanılan birkaç yöntem vardır. Bu yöntemlerden en basiti 1930 yıllardan itibaren New York, Chicago, Boston gibi büyük şehirlerde görülen ruhsat verileceği sırada çalışmakta olan taksi plakalarını dondurarak tahdit altına alma yöntemidir (Schaller, 2005). Taksi sayısını belirlemede esas tercih edilen yöntem ise yolculuk yaratım modellemeleri oluşturmaktır. Bu modeller seçilen bölgenin gözlenebilir özellikleri ile toplam yolculuk sayısını tahmin etmeye çalışırlar. Modellemeyi oluşturmak yolculuk talebi tahminlerinin ilk adımıdır. Modeller toplam yolculuk sayısı ile kullanılan modun hizmet seviyesi, modun erişebilirlik düzeyi, analiz bölgesinin demografisi (nüfus yapısı) ve sosyoekonomisi (istihdam, kişi başına düşen gelir, eğitim düzeyi) vb. faktörler ile ilişkilendirir (Yang ve Gonzales, 2014).

Taksi yolculuğu yaratım modellemeleri üzerine yapılan sınırlı sayıda çalışma vardır (Abbas, 2016). Çalışmalar taksi talebini etkileyen temel faktörleri bulmaya yöneliktir (J. Zhang ve Lu, 2016). Taksi ruhsatı düzenleyicilerine göre taksi talebini etkileyen en temel unsur nüfustur. Genellikle şehirlerdeki taksi sayıları aynı büyüklükteki şehirler ile

karşılaştırılmaktadır. Ayrıca farklı büyüklükteki şehirlerin taksi nüfus oranlarına da bakılabilir. Ancak daha önce de bahsedildiği gibi standart bir taksi nüfus oranı yoktur. Benzer büyüklükteki şehirlerdeki taksi sayıları birbirinden çok farklı olabilir. Örnek vermek gerekirse Houston'da 2245 taksi bulunurken Washington da taksi sayısı 1145tir, Salt Lake City şehri ise sadece 268 taksi ile hizmet vermektedir (Schaller, 2005).

Bir çalışmada çoklu doğrusal regresyon modelleri kurularak 118 ABD şehrini kapsayan geniş çaplı bir taksi sayısı analizi gerçekleştirilmiştir (Schaller, 2005: Yang ve Gonzales'den (2014)). Schaller (2005), kurduğu modellemelerde bağımsız değişkenleri nüfus, istihdam, özel araç sahipliği, geleneksel toplu taşıma kullanımı, havaalanı yolculuk hacmi ve taksi kullanımının kullanıcılara olan maliyeti şeklinde seçerek bu değişkenlerin taksi talebini nasıl etkilediklerini incelemiştir. Otopark mevcudiyeti, taksi sistemlerinin kalitesi gibi değişkenlerin modelde test edilemediği belirtilmiştir. Modelin sonuçları raporlanırken test edilen bağımsız değişkenlerden metro yolculukları, havaalanı taksi yolcuğu hacmi ve özel otomobil sahibi olmayan ailelerin sayısı güçlü faktörler olarak belirlenmiştir. Başlangıçta taksi talebini etkileyen en önemli unsur olarak görülen nüfus ve istihdam bağımsız değişkenleri güçlü faktörler olarak tespit edilememiştir. Anlaşıldığı üzere nüfus veya istihdam verilerine göre hesaplanan şehir büyüklükleri taksi talebi tahmininde her zaman en doğru parametre olmayabilir (Schaller, 2005). Analizlere göre havaalanı yolculukları da taksi talebini etkileyen önemli unsurlardan birini oluşturmaktadır (Schaller, 2006). 2002 New York Liman İşletmesi ve 2002 New Jersey Havaalanı Araştırması verilerine göre LaGuardia Havaalanı'nı kullanan yolcuların %35'i, John F. Kennedy Uluslararası Havaalanı'nı kullanan yolcuların ise %23'ü taksi ile alana gelmişlerdir (Schaller, 2006). Bischoff (2019) ise yaptığı çalışmada Berlin'deki Tegel ve Schönefeld havalimanlarına yapılan taksi yolculuklarının şehirdeki tüm taksi yolculuklarının büyük bir bölümünü oluşturduğunu belirtmiştir. Şekil 2.24'te Tegel Havalimanına olan taksi talepleri mavi oklar ile Schönefeld Havalimana olan taksi talepleri kırmızı oklar ile gösterilmektedir. Tegel havalimanının demiryolu bağlantısının olmaması ve şehre yakınlığı yapılan sefer sayısını artırmaktadır. Havaalanına olan uzaklık arttıkça maliyet artacağından Schönefeld havalimanına gidişte taksi kullanma olasılığı azalma eğilimi göstermektedir (Bischoff, 2019).



Şekil 2.22. Berlin merkezden havaalanı taksi yolculukları (Bischoff, 2019)

Musavi vd. (2012) analizlerinde yolculuk modu ayırımı yapmaksızın yolculuk talebi için en etkili faktörlerin demografik özellikler (hane halkı sayısı, cinsiyet oranı vb.), sosyoekonomik özellikler (istihdam, gelir durumu, özel otomobil sahipliği oranı vb.) ve kentsel özellikler (nüfus yoğunluğu, toplu taşıma modlarına olan uzaklık vb.) olduğunu belirlemiştir. Taksilerin daha çok özel otomobil sahipliği olmayan kişiler tarafından tercih edildikleri düşünülmektedir. 2001 Ulusal Hane Halkı Seyahat araştırmasına göre bu oran taksi yolculukların %39'una karşılık gelmektedir (Schaller, 2005).

Bir diğer çalışmada Hara Taksi Talebi Modeli ile farazi bir şehrin gelecekte ihtiyacı olacak taksi sayısı tahmin edilmiştir. Modelde gelecekteki nüfus taksi talebi için itici faktör olarak ele alınmıştır. Her bir bağımsız değişkendeki %1'lik artış için taksi talebinde oluşan ortalama değişimler belirlenmiştir. Nüfustaki artış taksi talebinde %1'lik bir artışa, alt gelirli kullanıcı sayısındaki artış taksi talebinde %0,3'lük bir artışa, özel otomobil sahipliği maliyetindeki artış taksi talebinde %3,8'lik bir artışa karşılık gelmektedir. Taksi kullanım maliyetindeki artış ise taksi talebinde %1,4'lük bir azalmaya sebep olmaktadır (Abbas, 2016).

3. YÖNTEM

Bu kısımda öncelikle taksi sayısı modelinin kurulacağı regresyon analizinden bahsedilerek analizde kullanılan klasik ve alternatif istatistikî yöntemler teorik olarak incelenmiştir.

3.1. Regresyon Analizi

Yolculuk yaratım modellemesi için yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri regresyon yöntemidir. Eğer analiz bölgesi ile ilgili ayrıntılı veri mevcut ise regresyon analiz yöntemi kullanılarak yolculuk talepleri doğru tahmin edilmektedir (Yang ve Gonzales, 2014). Regresyon analizi, iki ya da daha fazla değişken arasındaki sebep sonuç ilişkisini inceleyerek tahmin yapabilmek amacıyla matematiksel bir model kuran istatistik analiz tekniğidir. Ek olarak model kurulduktan sonra modelin yeterliliğini kontrol eden analizler ve testleri içermektedir (Şahinler, 2000;Yavuz'dan, (2006)). Modelde kurulan bağıntılar regresyon denklemi ismini alır. Regresyon denklemindeki değişkenlerden etkileyen ve araç değişken olan bağımsız değişken veya değişkenleri (X), etkilenen ve amaç değişken olan ise bağımlı değişken (Y) olarak isimlendirilir. $Y=f(x)$ fonksiyonu ile bağımsız değişkende meydana gelen değişimlerin bağımlı değişkene etkisi ortaya koyulmaktadır (Tarı, 1999;Yörübulut'dan, (2019)).

Regresyon analizinde değişkenler arasında kurulan denklemler yardımıyla elimizde verisi bulunmayan başka bir değişken için bağımlı değişkenin ortalama değerini tahmin etmek mümkün olmaktadır. Bu tahmini değer kesin olmamakla birlikte bir olabilirlik tahminidir. Kurulan bağıntılarla tahmin değeri ile gerçek değer arasındaki farkın (hatanın) istenen olasılıkla hangi sınırlar içerisinde kalacağı yani tahminlerin güven aralıkları belirlenmektedir (Tarı, 1999;Yörübulut'dan, (2019)).

3.1.1. Doğrusal regresyon analizi

Regresyon analizleri $y=f(x)$ fonksiyonunun türüne göre sınıflandırılmaktadır. Basit doğrusal regresyon analizi tek bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi, çoklu doğrusal regresyon analizi (ÇDR) ise tek bağımlı değişken ile birden çok bağımsız değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi modellemektedir. Eğer fonksiyon doğrusal değilse “Doğrusal olmayan (nonlinear) regresyon analizi” modeli kullanılacağı ve kullanılacak denklemin türünün önceden belirlenebileceği ifade edilmiştir (Tarı, 1999: Yörübulut'dan, (2019)). Çünkü değişkenler arasında doğrusal bir ilişki olmadığında veya çok zayıf seviyede olduğunda kurulan model, model üzerinde yapılan testler ve analizler yanıltıcı olabilmektedir (Yavuz, 2006).

Y bağımlı değişkenini sadece bir bağımsız değişken ile açıklayan basit doğrusal regresyon analiz modeli aşağıda gösterilmiştir:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \quad (3.1)$$

Denklemden β_0 sabit terim, β_1 regresyon katsayısı, ε ise hata terimini ifade etmektedir (Tarı, 1999:Yörübulut'dan, (2019)).

Gujarati'ye (1995) göre modelde $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1}$ doğrusal fonksiyonuna kuram belirsizliği, değişkenlere ait verilerin bulunamaması, Y fonksiyonundaki rastgelelik, ölçme hatalarının oluşması, değişkenlerin bileşik etkisinin çok küçük veya rastlantısal olması gibi etkenler analize hata terimi eklenmesine neden olmuştur. Ayrıca regresyon modelinin oldukça basit olması istenmektedir. Y bağımlı değişkeni birkaç değişken ile büyük ölçüde açıklanabiliyorsa etkisi kuvvetli olmayan diğer değişkenlerin hata terimi ile karşılanabildiği tespit edilmiştir (Küçükmustafa, 2014). Farrar ve Glauber (1967) ε ile gösterilen hata terimini $E(\varepsilon) = 0$ ve $Var(\varepsilon) = \sigma^2$ koşullarını sağlayan rasgele bir hata vektörü olarak tanımlamıştır (Yıldız, 2019).

Basit doğrusal regresyon analizi modelindeki hata teriminin denklemi şu şekildedir:

$$\varepsilon = Y - \check{Y} \quad (3.2)$$

Hata terimini veren denklemde Y gerçek gözlem değerini, \check{Y} regresyon analizi ile tahmin edilen değerleri ifade etmektedir (Tarı, 1999:Yörübulut'dan, (2019)).

Genel olarak ÇDR analizleri aşağıdaki gibi modellenmektedir:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 X_{i3} + \dots + \beta_p X_{ip} + \varepsilon_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (3.3)$$

Denklemde basit doğrusal regresyon denkleminde olduğu gibi ε hata terimini, n gözlem sayısını, p bağımsız değişkenlerin sayısını, B_j ise ($j=1, \dots, p$) j. bağımsız değişkene karşılık gelen regresyon katsayılarını ifade etmektedir (Tarı, 1999:Yörübulut'dan, (2019)).

3.2. Regresyon Analizinde Parametre Tahmin Yöntemleri

Gujarati'ye (1995) göre regresyon analizinde tahmin ediciler seçilen bir örnekleme ele alarak kitle parametresini tahmin eden yöntemler olarak ifade edilmektedirler. Örneklem istatistiği olarak da isimlendirilebilirler (Küçükmustafa, 2014).

Parametreler birçok farklı yöntemle tahmin edilebilmektedirler. Bu yöntemlerle yapılabilecek en iyi tahminin kitle parametresine en yakın ve yansızlık, en küçük varyans, etkinlik gibi istatistiksel özellikleri taşıyan test istatistiği olduğu belirtilmiştir. Eğer bu özellikler sağlanmamışsa parametre tahminleri doğru bir şekilde yapılamayacağı ifade edilmiştir. Regresyon analizi yapılırken regresyon katsayısının tahmin edicisinin beklenen değerinin (ortalaması) kitle parametresine eşit olması beklenmiştir. Eğer bu eşitlik gerçekleşirse tahmin edicilerin kitle parametresinin yansız bir tahmin edicisi oldukları belirtilmektedir. Tahmin edici yanlılığı ise tahmin edicinin beklenen değeri ile tahmin edilen parametre arasındaki fark şeklinde tanımlanmıştır. Yansızlık özelliği denklem (3.4)'te, yanlılık özelliği denklem (3.5)'te gösterilmiştir (Küçükmustafa, 2014):

$$E(\hat{\beta}) = \beta \quad (3.4)$$

$$\text{Sapma } (\hat{\beta}) = E(\hat{\beta}) - \beta \quad (3.5)$$

Bu denklemlerde $E(\hat{\beta})$ tahmin edicisinin beklenen değerlerinin ortalamasını ifade etmektedir (Küçükmustafa, 2014).

Yansızlık özelliği sadece ortalamayı temel aldığı için doğru bir parametre tahmini açısından tek başına yeterli olmadığı gözlemlenmiştir. Başta en küçük varyans özelliği olmak üzere diğer özelliklerle tamamlanmalıdır (Tarı, 2002: Küçükmustafa'dan, (2014)). En küçük varyans özelliği ise yanlı ya da yansız herhangi iki tahmin ediciden tahmin hatasının varyansını minimum değere ulaştırıran tahmin edicinin seçilmesi olarak ifade edilmiştir. Yine bu özellik de tek başına yeterli olmamaktadır. Etkinlik, yansızlık ve en küçük varyans özelliklerinin birleşimi olarak ifade edilmektedir. Sınıksaran'a (2011) göre birden fazla yansız tahmin edici arasında bir seçim ölçütüdür (Küçükmustafa, 2014).

Yapılan çalışmalarda ve ulaştırma ana planlarında yolculuk yaratım modellemeleri kurulurken model parametrelerinin tahmininde en küçük kareler metodunu temel alan basit ya da çoklu doğrusal regresyon analizleri tercih edilmektedir (Karakuş vd., 2012: Kara'dan (2019)). Ancak en küçük kareler metodunun kabul ettiği varsayımlar bazı durumlarda sağlanamamaktadır. Bu nedenle bazı yanlı tahmin modelleri geliştirilmiştir (Kara, 2019).

3.2.1. En küçük kareler tahmin edicisi

Çalışmanın bu bölümünde model parametrelerini bulmak için kullanılan en eski ve en yaygın yöntem olan en küçük kareler yöntemi üzerinde durulacaktır. EKK regresyon analizi yönteminin Carl F. Gauss tarafından bulunduğu görülmektedir (Gujarati,1995: Küçükmustafa'dan (2014)).

Türkay'a (2004) göre yöntem hata terimlerinin kareleri toplamının minimum düzeyde tutulması hedefine dayandırılmaktadır. Çünkü ancak hata en aza indirildiğinde

tahmin edilen regresyon doğrusu gerçek regresyon doğrusuna en yakın doğru olabilecektir. EKK yönteminde amaçlanan modelleme aşağıda gösterilmiştir (Küçükmustafa, 2014):

$$\text{Min } \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2, i=1, 2, \dots, n \quad (3.6)$$

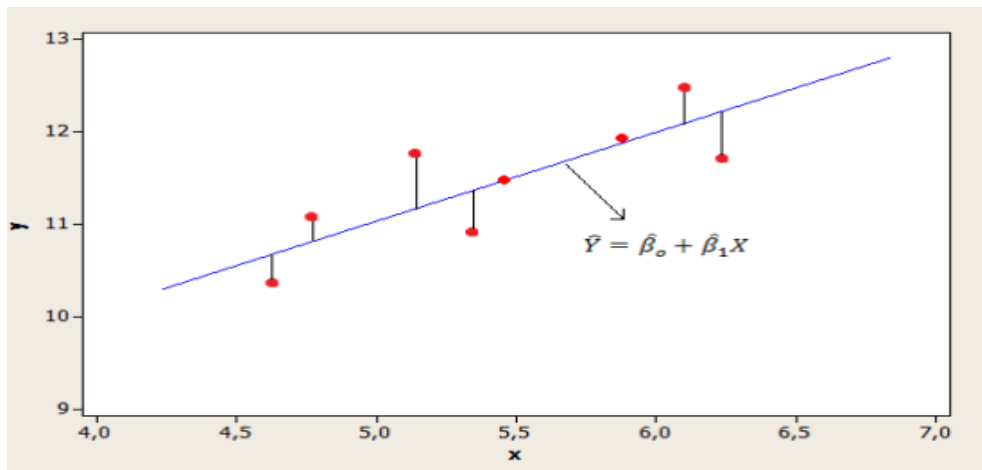
Burada ε_i hata terimlerini ifade etmektedir. Denklem (3.1)'deki minimalizasyon sonucunda β katsayıları elde edildiği gözlenmiştir. Bu katsayılar β regresyon katsayılarının EKK tahmin edicileri olarak isimlendirilmektedir (Küçükmustafa, 2014).

EKK tahmin edicilerin denklemleri ise şu şekildedir:

$$\beta_{\text{EKK}} = (X'X)^{-1} X'Y \quad (3.7)$$

Bu denklemde X' , X bağımsız değişken matrisinin transpozudur (Kara, 2019).

EKK tahmin edicisinin basit doğrusal regresyon analizinde amaçlanan modellemesi grafiksel olarak şekil 3.1'de gösterilmiştir. Grafikte tahmin edilen doğru bağımsız değişken noktalarına en yakın olan tek doğrudur. Bir başka deyişle bu noktaların olası tüm tahmin doğrularına olan dik uzaklıklarının kareleri toplamının minimum olduğu tek doğru EKK regresyon analizi yöntemiyle elde edilmiştir (Küçükmustafa, 2014). EKK tahmin edicileri yansız regresyon tahmin edicileri arasında en küçük varyanslı en iyi tahmin edicilerdir. Bu durum literatürde Gauss-Markov teoremi şeklinde geçmektedir (Öztürk ve Türkay, 2005).



Şekil 3.1. Basit doğrusal regresyon analizi EKK yöntemi (Küçükmustafa, 2014)

EKK regresyon analiz yöntemi temelde birtakım varsayımlara dayandırılmaktadır (Albayrak, 2014). Bu yöntem ile doğrusal regresyon modellemeleri kurulurken hata terimlerinin ortalamasının sıfır olduğu, hata terimlerinin varyansı sabit olan bir normal dağılıma sahip olduğu ve rastsal olduğu, hata terimleri arasında oto korelasyon (ardışık bağımlılık) sorununun olmadığı, bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantı sorunlarının (kolinearite) olmadığı gibi varsayımlar yapılmakta olduğu gözlemlenmiştir (Albayrak, 2006: Bayata'dan (2010)). Gauss, EKK yönteminin ancak bu varsayımlar altında yöntemin en doğru sonucu verdiği belirtmiştir (Rousseeuw ve Leroy, 1987: Küçükmustafa'dan, (2014)). Eğer doğrusal regresyon modellemesinin temel aldığı bu varsayımlar sağlanamazsa yapılan tahminlere güvenilememektedir (Albayrak, 2014).

Kullanılan tahmin modelinin anlamlılığı, tahmin sonuçlarının tutarlılığı, modeldeki bağımsız değişkenlerin seçimi ve bu bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklayabilme oranını belirlemek amacıyla aşağıdaki kavramlar üzerinde durulmuştur (Yörübulut, 2019).

3.2.1.1. Belirtme katsayısı

Belirtme Katsayısı (R^2) kurulan doğrusal modelin gerçekte ne kadar uyumlu olduğunu açıklayan bir ölçüttür (Tarı, 1999:Yörübulut'dan, (2019)). Alpar'a (2003) göre belirtme katsayısı çoğu istatistik modelinin de belirleyici bir kriteridir. Literatürde çoklu belirlilik katsayısı olarak da geçen bu katsayı bağımlı değişkende gözlenen değişimin bağımsız değişkenlerden kaynaklanma oranını vermektedir (Bayata, 2010).

Doğrusal regresyon analizinde ölçülen değişkenler ile bu noktalara en yakın geçirilen doğrunun değerleri arasında oluşan sapma fark olarak ifade edilmektedir. Bağımsız değişken veya değişkenlerle bağımlı değişken arasında doğrusal bir ilişki olmaması durumunda orijinal varyansın bu fark varyansına oranı 1 değerini almaktadır. Eğer doğrusal bir ilişki kurulabilmişse varyans oranı 0 olmaktadır. Belirtme katsayısı 1 sayısından bu varyans oranı çıkartılarak elde edilmiştir ve 0 ile 1 değer aralığında yer almaktadır. 1'e yakın olması varyansın büyük bir kısmı doğrusal regresyon analizi ile açıklanabildiği anlamına gelmektedir (Civelekoğlu, 2006). Yani diğer bir ifade ile bağımlı değişkendeki değişimlerin daha büyük bir yüzdesinin bağımsız değişkenler tarafından açıklandığı anlamına

gelmektedir. Yapılan analizlerin sonucunda genel olarak R^2 değerinin büyük olması istenmekte beraber regresyon doğrusu ile verilerin uyumu %50'nin altında kötü, %50-%70 aralığında orta, %70-80 aralığında iyi, %80'nin üstünde çok iyi olarak kabul edilmektedir (Tarı, 1999: Yörübulut'tan, (2019)).

Yolculuk modeli çalışmasında 0,8'den büyük bir R^2 elde etmek çok zordur, çünkü yanıt değişkenini etkileyen birçok başka bağımsız değişken var olabilir. Ancak ulaştırma planlamalarında mümkün olan en basit model aranmaktadır. Bu yüzden modeller geliştirilirken sadece R^2 değerine bakılmaz. Uygun bir model seçmek için kullanılan diğer kriterler de göz önünde bulundurulur. Modelde mümkün olan en az sayıda değişken kullanmak için istatistiksel olarak en anlamlı açıklayıcı değişkenler t-istatistiği veya p değeri ile belirlenmektedir (Yang ve Gonzales, 2014).

3.2.1.2. Korelasyon katsayısı

Belirtme katsayısının karekökü alınarak elde edilen r parametresi ise 'korelasyon katsayısı' şeklinde adlandırılmaktadır (Civelekoğlu, 2006). Bu katsayı bağımlı değişken ile bağımsız değişkenlerin ilişkisini incelemektedir. Değişkenler arasında bir bağlantı olup olmadığı, bağlantı varsa hangi yönde olduğunu göstermektedir (Tarı, 1999:Yörübulut'dan, (2019)). Korelasyon analizinde tek bir bağımsız değişken varsa basit korelasyon analizi, birden çok bağımsız değişken var ise çoklu korelasyon analizi adını almaktadır (Yörübulut, 2019).

Korelasyon katsayısı -1 ile 1 değer aralığında yer almaktadır. Negatif değerler bağımsız değişkenlerle bağımlı değişken arasında ters yönlü ilişki olduğunu göstermektedir. Katsayı değeri pozitifse bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki de aynı yönlüdür. Katsayı 0 ya da 0'a yakın bir değer aldığı anda bağımsız değişkenle bağımlı değişken arasında herhangi bir ilişki söz konusu değildir (Civelekoğlu, 2006).

3.2.1.3. Tahminin standart hatası

Veri kümesindeki her bir değişkenin ortalamaya göre hangi uzaklıkta olduğunun ölçüsü olan standart sapmanın denek sayısının kare köküne bölünmesi ile elde edilmektedir. Standart hata 0 ya da 0'a yakın bir değer aldığıında seçilen örneklem değerlerinin birbirlerini ve kitle parametresini tam olarak karşıladığı söylenmektedir (Tarı,1999: Yörübulut'tan, (2019)).

3.2.1.4. Katsayıların anlamlılık testi

Regresyon modelindeki her bir bağımsız değişkene ve sabit terime karşılık gelen regresyon katsayılarının ayrı ayrı istatistiksel anlamlılık testi genellikle t dağılışı yardımıyla yapılmaktadır (Yörübulut, 2019). Kitle parametresinin varyansı belli olmadığı ve gözlem sayısı 30'dan az olduğu durumlarda bu test kullanılmaktadır. Eğer varyans belli ve gözlem sayısı 30'dan fazla ise Z dağılışı testi tercih edilmektedir (Kalaycı,2010: Tunç'dan (2018)).

İmir, (1986) test istatistiğini denklem 3.8'deki gibi göstermiştir:

$$t = \hat{\beta}_k - \frac{\hat{\beta}_k - \beta_k}{\sigma_{\hat{\beta}}} \quad (3.8)$$

Bu denklemde $\hat{\beta}_k$ test edilen parametrenin değerini, $\sigma_{\hat{\beta}}$ ise test edilen parametrenin standart hatasını göstermektedir (Kara, 2019).

Parametreler için hesaplanan t değerleri kritik değerden büyükse o parametreye karşılık gelen bağımsız değişken veya değişkenler modelde yer alabilir (Yörübulut, 2019). Modeldeki herhangi bir β regresyon katsayısı 0 olursa ($H_0: \beta_j = 0$) bu katsayıya denk gelen bağımsız değişkeni Y bağımlı değişkenini açıklayamaz. Bu durumda bu bağımsız değişken modelden çıkartılmalıdır (Tunç, 2018).

3.2.1.5. Regresyon modelinin anlamlılık testi

Regresyon modelinin anlamlılığı olarak ifade edilen bağımsız değişken veya değişkenlerin bağımlı değişkeni ne kadar açıklama oranı F testi ile test edilmektedir (Yörübulut, 2019). İmir, (1986) F test istatistiğini denklem 3.9'daki gibi göstermiştir:

$$F_{hesap} = \frac{\frac{R^2}{k+1}}{\frac{1-R^2}{k+1}} \quad (3.9)$$

Bu denklemde R^2 belirtme katsayısını, k bağımsız değişken sayısını, n gözlem sayısını göstermektedir (Kara, 2019).

t testinde olduğu gibi F testinde de hesaplanan t değeri tablodaki değer ile karşılaştırılarak yorum yapılmaktadır. Elde edilen sonuçlar değerlendirilirken hesaplanan F_{hesap} değeri F tablosundan okunan kritik F değeri ile karşılaştırılır. Hesaplanan değer daha büyük ise regresyon modeli anlamlıdır (Yörübulut, 2019).

3.2.1.6. Çoklu doğrusal bağlantı (kolinearite) sorunu

Daha önce bahsedildiği gibi EKK yöntemi birtakım varsayımlara dayandırılmıştır. Ancak regresyon modeli kurulurken örneklem seçme ve verileri oluşturma aşamalarında hatalar yapılabilmektedir. Bu hatalar sonucu analizin dayandırıldığı bazı varsayımlardan sapmalar meydana gelmektedir. Doğrusal regresyon analizinde bağımsız değişkenler arasında ilişki olmadığı varsayımından sapılması çoklu doğrusal bağlantı (ÇDB) sorununa neden olmaktadır. EKK regresyon analizinde en çok karşılaşılan sorunlardandır (Örk Özel ve Gezer, 2020).

ÇDB sorunu modeldeki bağımsız değişkenler arasında tam ya da tam olmasa da yüksek ilişki olması olarak ifade edilmektedir (Altaş ve Çinko, 2003). Diğer bir ifade ile Gujarati'ye (1995) göre çoklu doğrusal bağlantı sorunu bağımsız değişkenlerin yüksek

korelasyonu anlamına gelmektedir (Bayata, 2010). Tam çoklu bağlantı olması durumunda X bağımsız değişkenlerinin bir sütunu diğer sütunların doğrusal bir bileşeni olarak ifade edilebildiği için $X'X$ matrisinin rankı X bağımsız değişkenlerinin sayısından az olmakta ve $(X'X)^{-1}$ değeri hesaplanamamaktadır (Altaş ve Çinko, 2003). Güçlü çoklu bağlantı olması durumunda $(X'X)^{-1}$ değeri hesaplanabilir ancak model üzerinde olumsuz etkileri olmaktadır (Montgomery vd., 2012: Tunç'tan (2018)). Parametre tahminlerinde yüksek varyanslar görülmekte ve sapmalar artmaktadır. Bağımsız değişkenlerin regresyon katsayıları ters işaretli çıkmakta ve t istatistik testine göre anlamsızlaşmaktadır. Ayrıca R^2 değeri yüksek olduğu için modelin anlamlılığı yanıltıcı olabilmektedir (Altaş ve Çinko, 2003; Gujarati, 2004: Kara'dan, (2019)).

Çoklu doğrusal bağlantı sorununu belirlemenin birçok yolu vardır. Bunlardan birkaçını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- 1- Bağımsız değişkenler arasında yüksek korelasyon olması çoklu bağlantı sorununa işaret edebilir ($r > 0,75$) (Kalaycı, 2006: Bayata'dan, (2010)).
- 2- Çoklu bağlantı sorunu olması durumunda R^2 değeri yüksek olmasına rağmen regresyon katsayılarının t testi sonuçları anlamsız çıkabilmektedir (Kalaycı, 2006: Bayata'dan, (2010)).
- 3- Varyans şişirme faktörü olarak geçen VIF (variance inflation factor) parametresi çoklu doğrusal bağlantı sorununun bir ölçüsüdür. Genel olarak,

$$VIF_j = \frac{1}{1-R_j^2} \quad (3.10)$$

ile hesaplanır. Denklemden R_j^2 , j. bağımsız değişkenin diğer değişkenlerle olan belirtme katsayısını ifade etmektedir. Modelde çoklu doğrusal bağlantı sorunu mevcut değilse bu katsayı sıfır olacağından VIF değeri 1 olmaktadır (Tarı, 2010: Kara'dan (2019)). Herhangi bir VIF değerinin 10'dan büyük olması durumunda çoklu doğrusal bağlantı sorunu olduğu kabul edilmektedir (Topal vd., 2010).

- 4- VIF değeri ile ilişkilendirilebilecek diğer bir parametre tolerans değeridir. Genel olarak,

$$T = 1 - R^2 \quad (3.11)$$

ile hesaplanmaktadır. Tolerans değerinin düşük çıkması ise yüksek VIF anlamına gelmektedir (Gujarati, 2004: Bayata'dan, (2010)).

- 5- XX' korelasyon matrisinin determinant değeri 0 ile 1 değer aralığında yer almaktadır. Bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantı sorunu varsa XX' korelasyon matris determinantı 0 olmaktadır. Bu değer 1'e yaklaşması modelde doğrusal çoklu bağlantı sorununun önemini yitirdiğini ifade etmektedir (Farrar ve Glauber, 1967: Kurnaz'dan, (2011)).
- 6- Bağımsız değişkenlerin regresyon katsayılarının işaretinin literatürdeki çalışmalar sonucu elde edilen teorik beklentinin tersinde çıkması çoklu doğrusal bağlantı sorununa işaret edebilir (Kara, 2019).

Modelde yukarıdaki yöntemler kullanılarak çoklu doğrusal bağlantı sorunu olduğu tespit edilirse bu sorun ortadan kaldırılmalı veya sorunun tamamen ortadan kaldırılması mümkün değilse model üzerindeki olumsuz etkileri azaltılmaya çalışılmalıdır. Bu amaçla literatürde birçok yöntem bulunmaktadır ancak her yöntemin uygulama şekli farklıdır ve aynı zamanda model için başka olumsuz etkileri olabilmektedir (Tunç, 2018). İlk olarak Farrar ve Glauber, (1967) ek veriler toplayarak kurulan örneklem büyüklüğünü genişletmeyi önermişlerdir. Ancak modelde kısıtlamalar varsa istenilen ek verilere ulaşmak mümkün olmamaktadır. Diğer bir yöntemde çoklu doğrusal bağlantı sorununa sebep olduğu düşünülen bağımsız değişkenler belirlenerek modelden çıkartılır. Ancak bu durumda farkında olunmadan bağımlı değişkeni yüksek oranda açıklayan bağımsız değişken veya değişkenler modelden çıkartılmış da olabilir. Bağımsız değişkenler üzerinde dönüşümler yapmak da çoklu doğrusal bağlantı sorunu çözümü için bir yol olabilir. Ancak bu sefer de bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasındaki ilişkiler değişebilmektedir. Bütün bu olumsuz etkiler göz önünde bulundurulduğunda veri kümesinde hiçbir değişiklik yapmadan,

tüm bağımsız değişkenleri modelde kullanarak çoklu doğrusal bağlantı sorununa çözüm olabilecek yöntemler geliştirilmiştir (Kurnaz, 2011). EKK tahmin edicisi yöntemi yerine yanlı ancak daha kararlı parametre tahminleri yapan regresyon tahmin edicileri kullanılmaktadır (Örk Özel ve Gezer, 2020). Bu yanlı tahmin edicileri arasında en çok tercih edilen model Hoerl ve Kennard'nin (1970a) önerdiği Ridge Regresyon (RR) tahmin edicisidir (Yıldız, 2019).

3.2.2. Ridge regresyon tahmin edicisi

Doğrusal regresyon analizinde çoklu bağlantı sorunu olması durumunda EKK yöntemi en iyi yansız tahmini yapmaktadır. Ancak verdiği varyans çok büyük olduğu için yapılan tahmin kararsız olmaktadır (Kurnaz, 2011). Ridge tahmin edicisi $X'X$ matrisine pozitif k yanlılık değerleri ekleyerek bu varyans değerini azaltmayı hedeflemektedir (Yıldız, 2019). Hoerl ve Kennard'e (1970a) göre Ridge tahmin edicisinin denklemi şudur (Özkale, 2007):

$$\hat{\beta}_R = (X'X + kI)^{-1} X'Y \quad (k \geq 0) \quad (3.12)$$

EKK tahmin edicisi denklem 3.5'te $\hat{\beta} = (X'X)^{-1} X'Y$ olarak ifade edilmişti. Denklem 3.12'de $X'Y = (X'X) \hat{\beta}$ şeklinde yerine koyulursa Ridge tahmin edicisi ile EKK tahmin edicisi arasındaki ilişki şu şekilde yazılır (Yıldırım, 2010):

$$\hat{\beta}_R = ([I + k(X'X)^{-1}]^{-1} \hat{\beta} = Z_k \hat{\beta} \quad (3.13)$$

Denklemden $\hat{\beta}_R$, β 'nin yanlı tahmin edicisi, k ise yanlılık parametresidir. (Örk Özel ve Gezer, 2020; Özkale, 2007). $\hat{\beta}_R$, EKK tahminine dayanır ve $k=0$ olduğunda EKK tahmin edicisine ($\hat{\beta}$) eşit olmaktadır (Coşkuntuncel, 2010).

Ridge tahmin edicisi yönteminde k yanlılık parametresinin seçimi önemli bir rol oynamaktadır (Coşkuntuncel, 2010). İyi parametre tahminlerinin elde edilmesi amacıyla k

yanlılık parametresi için hata kareler ortalamasını (HKO) en küçük yapan değer seçilmektedir (Fela, 2013).

$X'X + k*I$ matrisinin koşul sayısı k yanlılık parametresinin azalan bir fonksiyonudur. Bu nedenle koşul sayısını indirgeyecek şekilde yeterince büyük seçilmelidir. Ancak uygulamada oldukça küçük k parametreleri kullanılmaktadır. Seçilen parametrenin büyüklüğü çoklu doğrusal bağlantı sorunu ile ilişkili olan kötü koşulluluk sorununu düzeltemeyebilir. Bu nedenle kararsız Ridge tahminleri elde edilebilir (Kurnaz, 2011).

Farklı yöntemler kullanılarak k yanlılık parametreleri elde edilmektedir. Bu k parametre denklemlerinden bazıları şu şekilde sıralanabilir:

- 1- Hoerl ve Kennard (1970a) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik (Kara, 2019):

$$k_{HK} = \frac{\hat{\sigma}^2}{a_{\max}^2} \quad (3.14)$$

- 2- Hoerl vd. (1975) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik (Örk Özel ve Gezer, 2020):

$$k_{HKB} = \frac{p \hat{\sigma}^2}{\hat{\beta}'\hat{\beta}} \quad (3.15)$$

- 3- Lawless ve Wang (1976) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik (Örk Özel ve Gezer, 2020):

$$k_{LW} = \frac{p \hat{\sigma}^2}{\sum_{i=1}^p \lambda_i \hat{a}_i^2} \quad (3.16)$$

- 4- Ridge İzi yöntemi ile elde edilecek k parametresi:

Hoerl ve Kennard (1970b) k yanlılık parametresi seçiminde grafiksel bir yöntem olan Ridge izi yöntemini geliştirmiştir. Ridge izi yönteminde $k \geq 0$ olacak şekilde k yanlılık

parametre değerleri X eksenine, Ridge regresyon katsayıları $\hat{\beta}_R$ değerleri y eksenine yerleştirilmektedir. Böylece ridge izi grafiği elde edilmektedir. k yanlılık parametresinin belli bir artışından sonra $\hat{\beta}_R$ tahmin edicilerinin y eksenine paralel konuma ulaştığı noktadan çizilen düşey çizgiye karşılık gelen k değeri k yanlılık parametresi olarak seçilmektedir (Kurnaz, 2011).

3.2.3. Parametre tahmin edicilerinin değerlendirilmesi

Literatürde birçok regresyon tahmin edicisi mevcut olduğundan hangisinin kurulacak model için daha iyi bir tahmin edici olduğunu belirlemek gerekmektedir (Kurnaz, 2011). Ancak tahmin ediciler değerlendirilirken sadece parametre tahminlerinin işaretlerinin teorik beklenti ile örtüşmesi veya standart hata büyüklüğünün sifıra yakın olması gibi parametrelere bakmak yeterli değildir (Örk Özel ve Gezer, 2020). Tahmin edicileri karşılaştırırken kullanılan birtakım ölçütler bulunmaktadır (Kurnaz, 2011). Bu ölçütlerden bir tanesi Gauss tarafından 1809 yılında ileri sürülen hata kareler ortalamasının (HKO) minimum değeri almasıdır (Özkale, 2007). Modelde çoklu doğrusal bağlantı sorunu ile karşılaşıldığında kararlı tahminler yapacak en etkin parametre tahmin edicisi hata kareleri ortalamalarının (HKO) karşılaştırılması ile belirlenebilir (Örk Özel ve Gezer, 2020).

EKK tahmin edicisinden elde edilen modelin gelecek tahminler için teorik performans ölçütü aşağıda gösterilmektedir (Alpar, 1997: Kara'dan, (2019)):

$$HKO = \hat{\sigma}^2 \sum_{i=1}^p \frac{1}{\lambda_i} \quad (3.23)$$

Denklemden p bağımsız değişken sayısı, λ_i ($i=1,2,3, \dots,p$) $X'X$ 'e ait öz değerler, $\hat{\sigma}$ ise varyans değeridir (Alpar, 1997: Kara'dan, (2019)).

RR tahmin edicisinden elde edilen modelin gelecek tahminler için teorik performans ölçütü aşağıda gösterilmektedir (Alpu vd., 2010):

$$HKO = \hat{\sigma}^2 \sum_{i=1}^p \frac{\lambda_i}{(\lambda_i + k)^2} + \sum_{i=1}^p \frac{k^2 a_i^2}{(\lambda_i + k)^2} \quad (3.24)$$

Denklemdede α , $P'\beta$ vektörünün elemanları; λ_i , $X'X$ 'e ait öz değerler; $\hat{\sigma}^2$, varyans; k ise Ridge yanlılık katsayısıdır (Alpu vd., 2010).



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümle klasik ve yanlı regresyon teknikleri kullanılarak 21 Türkiye iline ait analiz bölgesinde ideal taksi sayısının belirlenmesine yönelik tahmin modelleri oluşturulmuştur. Kullanılan modellerin tahmin performansları değerlendirilmiştir. Bu amaca yönelik ilk olarak seçilen illerin demografik ve sosyoekonomik yapıları incelenmiştir. Bir sonraki aşamada modelleme yapılırken belediyelerden elde edilen verilerde çoklu bağlantı sorunu tespit edilmiştir. Bu durumda EKK yöntemi yanlı tahminler vereceği için alternatif olarak RR ile de tahmin parametreleri elde edilmiştir. Daha sonra tahmin yöntemlerinin teorik HKO değerleri kıyaslanarak performansları karşılaştırılmıştır.

4.1. Taksi Sayısının Modellenmesi

Kentlerin merkez ilçelerindeki taksi sayısını etkileyen faktörlerin incelendiği bu çalışmada, Belediyelerden ve Şoförler ve Otomobilciler Federasyonlarından elde edilen ara toplu taşıma sayılarına ait veriler ile 2020 Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK) ve Yüksek Öğretim Kurumu'ndan (YÖK) elde edilen istatistiksel veriler kullanılmıştır. Eldeki verilerle oluşturulan taksi sayısı modellemesinin analiz aşamaları aşağıdaki şekilde gösterilmektedir:

- 1- Verilerin toplanması ve düzenlenmesi: 2020 yılına ait verilerin Türkiye İstatistik Kurumu'ndan, Belediyelerden, Şoförler ve Otomobilciler Federasyonlarından ve Yüksek Öğretim Kurumu'ndan (YÖK) alınması.
- 2- Bağımsız değişkenlerin tespiti ve model seçimi: Taksi yolculuk talebi modellemesi için taksi sayılarını açıklayabilecek değişkenlerin belirlenmesi ve regresyon modelinin doğrusal olarak seçilmesi.
- 3- Modelin istatistiksel olarak analiz edilmesi: Geçerli bir analiz alanı oluşturulması, bağımsız değişkenlerin korelasyon analizi, modelin anlamlılığının değerlendirilmesi.

- 4- Regresyon modellerinin test edilmesi: En Küçük Kareler ve Ridge tahmin edicisi yöntemlerinin verilere uygulanması ve performanslarının değerlendirilmesi. Ardından yolculuk modellemesi için kullanılacak analiz yönteminin seçilmesi.
- 5- Taksi sayısının belirlenmesi: Seçilen yolculuk üretim modeli ile merkez ilçelerdeki ideal taksi sayısı tahminlerinin yapılması ve mevcut sayılar ile karşılaştırılması.

4.2. Verilerin toplanması ve düzenlenmesi

Ulaştırma yatırımlarının maliyetleri oldukça yüksektir ve bu nedenle ilk olarak kamu yararı hedeflenmektedir. Bu tip ulaştırma çalışmalarını öncelikle 250.000 nüfus üzerindeki belediye ve büyükşehir belediyelerinin yapması daha faydalı ve verimli olacaktır. (Türkiye Belediyeler Birliği, 2014) Bu kapsamda çalışmada ideal taksi sayısı modelinin oluşturulması için nüfusu 500 bin ile 2 milyon aralığında değişen Afyonkarahisar, Aydın, Batman, Çanakkale, Çorum, Denizli, Elâzığ, Eskişehir, Kahramanmaraş, Kayseri, Kütahya, Malatya, Manisa, Mardin, Ordu, Sakarya, Sivas, Tokat, Trabzon, Van ve Zonguldak olmak üzere 21 şehir analiz bölgesi olarak seçilmiştir. Seçilen illerin sosyoekonomik özelliklerine ait bilgiler toplanmıştır.

Çalışmada illerin belediyelerinden ve Türkiye Şoförler ve Otomobilciler Federasyonlarından 4982 sayılı Bilgi Edinme Hakkı Kanunu kapsamında elde edilen bilgiler kullanılmıştır. İllerin merkez ilçelerinde çalışan taksilerin ve diğer ara toplu taşıma araçlarının sayısı öğrenilmiştir. 2020 TÜİK verilerinden elde edilen illerin ve merkez ilçelerinin nüfusları ve merkez ilçelerdeki taksiler ve ara toplu taşıma araçlarına ait tablo Çizelge 4.1.'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. 21 ile ait nüfus ve ara toplu taşıma bilgileri (TÜİK, 2020)

İl	İl Nüfusu	Merkez İlçelerin Toplam Nüfusu	Merkez İlçelerdeki Taksi Sayısı	Merkez İlçelerdeki Dolmuş Sayısı	Merkez İlçelerdeki Minibüs Sayısı
Afyonkarahisar	736912	313063	221	362	0
Aydın	1119084	292716	159	0	409
Batman	620278	471498	149	0	334
Çanakkale	541548	184184	136	0	0
Çorum	530126	299315	201	0	0
Denizli	1040915	664154	371	0	763
Elâzığ	587960	440513	559	0	383
Eskişehir	888828	786533	468	168	211
Kahramanmaraş	1868757	664958	144	38	0
Kayseri	1421455	982781	783	0	0
Kütahya	576688	272513	162	0	0
Malatya	806156	635137	796	0	282
Manisa	1450616	420015	195	168	636
Mardin	854716	182400	290	0	84
Ordu	761400	224100	251	0	277
Sakarya	1042649	279127	385	315	426
Sivas	635889	382520	405	0	0
Tokat	597861	203395	183	0	0
Trabzon	811901	330373	169	689	0
Van	1149342	496623	413	0	591
Zonguldak	591204	121157	336	0	277

Çalışma kapsamında ele alınan sosyoekonomik faktörlerden istihdam edilen kişi sayısı ve kişi başına düşen gelir Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. İldeki öğrenci sayıları Çizelge

4.3'te gösterilmektedir. İldeki motorlu taşıt, otomobil ve motosiklet sayıları ise Çizelge 4.4'te yer almaktadır.

Çizelge 4.2. 21 ile ait istihdam ve gelir bilgileri (TÜİK, 2020)

İl	İlde İstihdam Edilen Kişi Sayısı	İlde Kişi Başına Düşen Gelir (TL)
Afyonkarahisar	252675	36110
Aydın	347904	37889
Batman	92582	23399
Çanakkale	170625	53680
Çorum	184736	31586
Denizli	354816	46529
Elâzığ	167200	32228
Eskişehir	260445	55608
Kahramanmaraş	283185	34106
Kayseri	379494	44211
Kütahya	206632	41820
Malatya	225500	30423
Manisa	516580	49467
Mardin	141596	28863
Ordu	252255	30267
Sakarya	317892	49757
Sivas	175934	34989
Tokat	198792	26902
Trabzon	254265	37314
Van	258000	18708
Zonguldak	184619	36693

*2020 il bazlı istihdam oranının 2013 TÜİK il bazlı temel iş gücü göstergelerindeki istihdam oranının benzer olacağı kabulü yapılmıştır. Bu orana göre 2020 yılında İstihdam edilen kişi sayısı değerleri tabloda gösterildiği şekilde hesaplanmıştır.

Çizelge 4.3.21 ile ait öğrenci sayısı bilgileri (YÖK, 2020)

İl	2019-2020 İldeki Üniversite Öğrencisi Sayısı	2019-2020 İldeki Ortaöğretim Öğrenci Sayısı	2019-2020 İldeki Ortaokul Öğrencisi Sayısı	2019-2020 İldeki İlkokul Öğrencisi Sayısı
Afyonkarahisar	41607	46188	46309	42032
Aydın	50832	62249	61073	55337
Batman	12229	54696	60961	53621
Çanakkale	45996	26159	24970	23135
Çorum	16481	34789	30636	27374
Denizli	52881	63370	60504	54904
Elâzığ	40507	41928	39395	34555
Eskişehir	68607	51711	45711	41928
Kahramanmaraş	33466	93189	102095	95859
Kayseri	72032	107645	105197	96681
Kütahya	45972	34939	29925	26676
Malatya	38019	62135	57092	51483
Manisa	45919	85556	84711	77918
Mardin	12378	68130	82592	77795
Ordu	17058	45863	42618	36802
Sakarya	68575	69394	63483	57697
Sivas	50304	44990	39165	33639
Tokat	29486	39961	34032	28993
Trabzon	53210	52341	45875	41273
Van	24949	91171	113796	100708
Zonguldak	33562	35886	32682	28075

Çizelge 4.4. 21 ile ait motor taşıt bilgileri (TÜİK, 2020)

İl	İldeki Toplam Motorlu Taşıt Sayısı	İldeki Otomobil Sayısı	İldeki Motosiklet Sayısı
Afyonkarahisar	230313	90642	41838
Aydın	475929	189265	140453
Batman	45916	15335	7080
Çanakkale	239658	95016	64068
Çorum	176716	83406	18397
Denizli	427378	206234	74671
Elâzığ	133025	76256	7743
Eskişehir	297977	174166	33739
Kahramanmaraş	246201	139499	21560
Kayseri	392834	245646	19334
Kütahya	215654	107621	32390
Malatya	185694	99822	11113
Manisa	611062	222683	188848
Mardin	76605	23147	8142
Ordu	144228	78400	7360
Sakarya	299175	153066	34558
Sivas	165697	86545	7896
Tokat	186979	86149	19914
Trabzon	209014	115532	7748
Van	76584	27065	3412
Zonguldak	159177	97374	12887

4.3. Bağımsız Değişkenlerin Tespiti ve Regresyon Modelinin Seçimi

Çalışmanın bu bölümünde taksi talebini etkileyeceği öngörülen bazı demografik (nüfus) ve sosyoekonomik (istihdam, kişi başına düşen gelir, eğitim seviyesi) değişkenler

üzerinde durulmuştur. Taksi yolculuklarını açıklayabilecek toplu taşıma kullanımı, havaalanı yolculukları ve taksi maliyetleri gibi farklı değişkenler olsa da diğer yolculuk ile ortak açıklayıcı değişkenler de mevcuttur. Musavi vd (2012) yolculuk talebi ile ilgili çalışmasında tüm yolculuk taleplerinin demografik, sosyoekonomik ve kentsel özelliklerden etkilendiği belirtilmektedir (Musavi vd., 2012).

Nüfus değişkeni birçok ulaştırma planlamacısına göre yolculuk talebini etkileyen en temel değişken olarak görülmektedir. Ancak literatür araştırması yapıldığında görülmektedir ki nüfus, taksi yolculuk talebi modellemesinde tek başına yeterli bir parametre değildir (Schaller, 2005). Birleşik Krallık şehirlerinden elde edilen verilere göre daha yüksek nüfus yoğunluğunun her zaman daha yüksek otomobil sahipliği anlamına gelmediği görülmektedir (Sillaparcharn, 2007). Bu nedenle önerilen tahmin edici modellemelerine nüfus dahil edilmemiştir.

Nüfusla birlikte yolculuk talebini doğrudan etkileyen bir başka değişken istihdam durumudur. İstihdam durumu taksi yolculuk talebini için de açıklayıcı bir değişkendir. Taksilerin işe gidip gelmek ile özel otomobil yolculukları arasındaki boşluğu kapattıkları bilinmektedir (Abbas, 2016). Taksiler daha çok iş yolculukları üzerinde etkilidir (Schaller, 2005). Bazı durumlarda işe taksi ile gidip gelmek özel otomobil sahipliği maliyetinden daha uygun bir alternatif olarak görülebilmektedir (Kattan, 2010).

İstihdam durumu ile yüksek oranda ilişkili olan gelir durumu, taksi yolculuk talebini etkileyen bir başka değişken olarak ele alınmaktadır. Kişi başına düşen gelir arttıkça taksi yolculuk talebinin artması beklenmektedir. Çünkü taksi yolculukları maliyetleri nedeniyle genellikle orta ve yüksek gelirli kişiler tarafından tercih edilmektedir (Bilgiç, 2020).

Yolculuk talebini etkilediği düşünülen diğer parametre şehirlerdeki öğrenci sayısıdır. Öğrenci sayısı özellikle çok yüksek öğrenci oranı olan şehirlerde taksi yolculukları dahil tüm yolculuk taleplerine dahil edilmesi gereken bir değişken olarak kabul edilebilmektedir. Öğrenci sayısının artması şehirdeki kişisel hareketliliği arttırmaktadır (Kara, 2019). Daha fazla kişisel hareketlilik daha fazla taksi yolcuğu ile ilişkilendirilebilir (Correa vd., 2017).

Genel olarak motorlu araç sahipliği ve kullanım maliyetleri de taksi yolculuk talebini etkileyebilir. Türkiye’de toplam motorlu taşıt sayısının %54,3’ünü özel otomobil, %14,5’ini motosiklet oluşturmaktadır (TÜİK, 2020). Gelir durumu arttıkça özel otomobil sahipliği artmaktadır. Ancak insanlar daha çok özel otomobile sahip oldukça motorlu araçlar arasında geçiş olabileceğinden motosiklet sahipliği azalmaktadır (Sillaparcharn, 2007). Bu bağlamda çalışmada özel otomobil sahipliği ve motosiklet sahipliği 2 ayrı değişken olarak alınmıştır. Çünkü taksiler özel otomobile alternatif olarak kapıdan kapıya esnek ve konforlu hizmet sağlayan sistemlerdir (Hochmair, 2016). Motosikletler ise özel otomobil satın almaya gücü yetmeyen veya taksi maliyetini karşılayamayan kişiler tarafından alternatif olarak tercih edilmektedir (Sillaparcharn, 2007).

Taksi yolculukları modellemelerinde yer alan diğer parametre toplu taşıma kullanımınıdır. Toplu taşıma kullanımını etkileyen erişebilirlik, hizmet kalitesi gibi faktörler insanların toplu taşıma yerine taksiyi tercih etmelerine neden olabilir (Yang ve Gonzales, 2014). Ancak toplu taşıma kullanımı ile ilgili yeterli veri bulunmaması nedeniyle önerilen tahmin edici modellemelerine dahil edilmemiştir.

Parametrelerin yukarıda bahsedilen etkileri göz önüne alındığında modeldeki bağımsız değişkenler şu şekilde belirlenmiştir:

- **Özel Otomobil Sayısı (ÖOS):** İlde kişi başına düşen özel otomobil sayısını göstermektedir.
- **İstihdam Oranı (İO):** İlde istihdam edilen kişi sayısının il nüfusuna oranıdır.
- **Kişi Başı Gelir (KBG):** İlde kişi başına düşen gelirin 10^5 ’e bölünerek normalize edilmiş halini ifade etmektedir.
- **Öğrenci Sayısı (ÖO):** İldeki toplam öğrenci sayısının il nüfusuna oranıdır. İllerde üniversite, ortaöğretim, ortaokul ve ilkokul öğrenci sayıları arasında yüksek korelasyon vardır. Çoklu doğrusal bağlantı sorunundan kaçınmak için modele sadece toplam öğrenci sayısının oranı dahil edilmiştir.

- **Motosiklet Sayısı (MS):** İlde kişi başına düşen motorlu taşıt sayısını göstermektedir.

Bağımlı değişken ise şu şekilde belirlenmiştir:

- **Taksi Sayısı (TS):** İlde 1000 kişi başına düşen taksi sayısını göstermektedir.

Taksi sayısı modeli oluşturulurken bu çalışma için doğrusal regresyon analizi seçilmiştir. Çünkü bağımsız değişken sayısının fazla olması polinom, üstel gibi fonksiyon türlerinin seçilmesi halinde hesapları karmaşık hale getirecektir. Ayrıca bağımsız değişkenlerin yıllar içerisindeki değişimi doğrusal modele yatkın olarak gözlemlenmiştir. Bu bağlamda çalışmada taksi sayılarını açıklayan doğrusal denklem modeli şu şekilde gösterilebilmektedir:

$$TS = \beta_1 \text{ÖOS} + \beta_2 \text{İO} + \beta_3 \text{KBG} + \beta_4 \text{ÖO} + \beta_5 \text{MS} + \varepsilon \quad (4.1)$$

Denklemden β bağımsız değişkenlerin katsayıları, ε ise hata terimleridir. Modelde kişi başına düşen gelirin teorik olarak sıfır olduğu yerlerde taksi kullanımını olmayacağı için sabit terim kullanılmamıştır.

4.4. Modelin İstatistik Analizleri

Bu çalışma kapsamında 21 Türkiye ili inceleme kapsamına alınmıştır. Merkez ilçelerdeki ideal taksi sayısı modellenmesi yapılırken Eskişehir ili kontrol verisi olarak baz alınmıştır ve bu nedenle regresyon analizleri kapsamında modellemeye dahil edilmemiştir. Modelin veri kümesi 20 Türkiye ili olarak belirlenmiştir.

4.4.1. Çoklu doğrusal regresyon analizi

Merkez ilçelerdeki taksi sayısını modellemek üzere tahmin denklemi oluşturmak için 5 bağımsız değişken ve 20 il veri kümesi ile en küçük kareler tahmin edicisi yöntemine

dayalı çoklu doğrusal regresyon modeli kurulmuştur. Kurulan çoklu doğrusal regresyon modelinin istatistik analizine ait bilgiler Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da yer almaktadır.

Çizelge 4.5. Çoklu doğrusal regresyon model özeti

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,8811
R Kare	0,7764
Ayarlı R Kare	0,6500
Standart Hata	0,5842
Gözlem	20

Çizelge 4.6.Çoklu doğrusal regresyon Anova Testi sonuçları

ANOVA			
	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>
Regresyon	5	10,41404	0,00025
Fark	15		
Toplam	20		

Çoklu doğrusal regresyon modelinin uyumunu belirlemek için belirtme katsayısı (R^2) ve tahminin standart hatasına ait bilgilere bakılmaktadır. Modeldeki regresyon doğrusu ile verilerin uyum oranı %77 olarak bulunmuştur. Tahminin standart hatası sıfıra yakın bir değer almıştır. Hesaplanan anlamlılık F değeri ($p=0,00025$) %95 güven aralığında kritik değerden (0,05) küçüktür. Genel olarak bakıldığında model istatistiksel olarak anlamlıdır.

MATLAB R2020a yazılımında kodlanan çoklu doğrusal regresyon analizi ile elde edilen katsayı değerleri ise Çizelge 4.7'de gösterilmiştir.

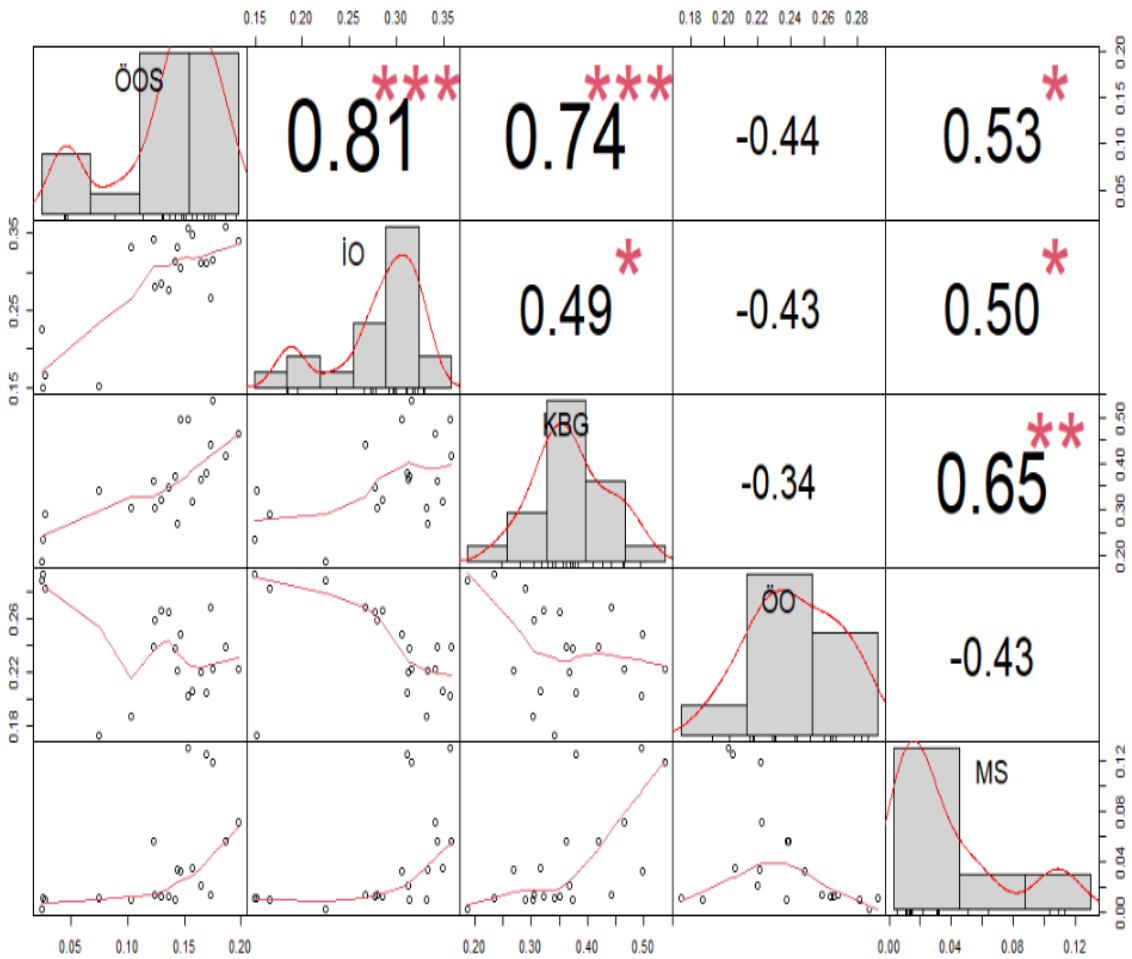
Çizelge 4.7. En küçük kareler tahmin edicisi için katsayı değerleri

ÖOS (β_1)	İO (β_2)	KBG (β_3)	ÖO (β_4)	MS (β_5)
0,7126	1,7795	0,6023	1,4777	-6,5133

Çizelge 4.7’de görüldüğü gibi En Küçük Kareler tahmin edicisiyle elde edilen katsayılarından sadece MS değerini negatif olarak etkilemektedir. ÖOS, İO, KGB ve ÖS değerleri ise TS değeri ile pozitif yönlüdür.

4.4.2. Korelasyon analizi

En Küçük Kareler tahmin edicisinin tutarlı sonuç verebilmesi için bağımsız değişkenler arasında yüksek ilişki olmaması gerekmektedir. Bu nedenle modeldeki bağımsız değişkenlerin arasındaki ilişkiyi tespit etmek ve birbiriyle çok yakından ilişkili faktörleri çıkarmak üzere RStudio istatistiksel analiz programında Korelasyon Analizi testi uygulanmıştır. Elde edilen korelasyon tablosu Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



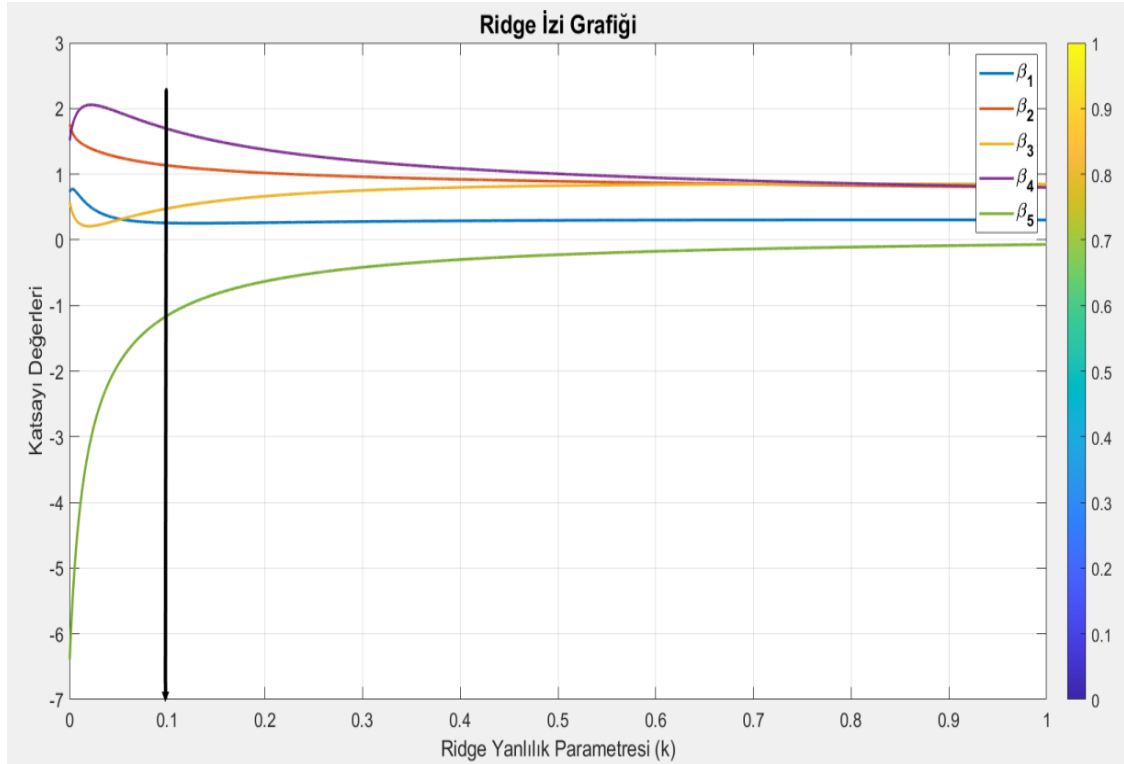
Şekil 4.1. 20 Türkiye ili verilerine ait korelasyon analizi tablosu

Şekil 4.1. incelendiğinde birden fazla bağımlı değişken arasında korelasyon sorununun var olduğu görülmektedir. %100 güven aralığında özel otomobil sahipliği ile istihdam oranı arasında %81, kişi başına düşen gelir arasında %74 oranında yüksek korelasyon mevcuttur. %99 güven aralığında kişi başına düşen gelir bağımsız değişkeni ile motosiklet sahipliği bağımsız değişkeni arasında %65 korelasyon bulunmaktadır. Motosiklet sahipliği %95 güven aralığında özel otomobil sahipliği ile %53 oranında, istihdam oranı ile %50 oranında ilişkilidir. İstihdam oranı ile kişi başına düşen gelir arasında %95 güven aralığında %49 oranında korelasyon bulunmaktadır. Özellikle %75 oranından yüksek olan özel otomobil sahipliği ile istihdam oranı arasındaki ilişkinin modelde çoklu doğrusal bağlantı (kolinearite) sorunu yaratabileceği ön görülmektedir. Bu durumda bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantı sorununun olmadığı varsayımını yapan en küçük kareler tahmin edicisi etkinliğini kaybetmektedir. Bu nedenle çalışmada daha tutarlı sonuçlar veren alternatif bir yöntem ile regresyon analizi yapılmasına karar verilmiştir.

4.4.3. Ridge regresyon analizi

Regresyon modellemesi yapılırken veri kümesinde çoklu doğrusal bağlantı sorunu olması durumunda kararsız tahminler yapan EKK tahmin edicisi yerine yanlı ancak daha kararlı parametre tahminleri yapan Ridge Regresyon tahmin edicisi kullanılmaktadır (Örk Özel ve Gezer, 2020).

Daha önceki bölümde Şekil 4.1’de görüldüğü gibi bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı sorunu tespit edilmiştir. Bu sorunu gidermek amacıyla regresyon modellemesi için Ridge Regresyon tahmin edicisi tercih edilmiştir. Yöntemde k yanlılık parametresi seçimi için kullanılan Ridge İzi Grafiği Şekil 4.2.’de gösterilmektedir. Grafiğin X ekseninde [0 1] aralığında 0,2 artışla k yanlılık değerleri, Y ekseninde [-3 8] aralığında 5 bağımsız değişkenin k yanlılık değerlerine karşılık gelen katsayı değerleri yer almaktadır. Ridge Regresyon yöntemine göre bağımsız değişken katsayılarının değişiminin durağanlaşmaya başladığı nokta yaklaşık 0,1 değeri olarak belirlenmiştir. Bu değer ‘Ridge Yanlılık Parametresi (k)’ olarak kabul edilmiştir.



Şekil 4. 2. Ridge regresyon tahmin edicisi Ridge izi grafiği

MATLAB R2020a yazılımında 0,1 yanlılık parametre değeri ile kodlanan Ridge Regresyon tahmin edicisi ile elde edilen katsayı değerleri Çizelge 4.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Ridge Regresyon tahmin edicisi için katsayı değerleri

ÖOS(β_1)	İO (β_2)	KGB (β_3)	ÖO (β_4)	MS (β_5)
0,2576	1,1339	0,4766	1,6912	-1,1546

Çizelge 4.8 incelendiğinde Ridge Regresyon tahmin edicisiyle elde edilen katsayılarından ÖOS, İO, KGB ve ÖS değerlerinin TS değerini pozitif olarak etkilediği görülmektedir. Sadece MS değeri TS değeri ile negatif yönlüdür.

Tahmin edicilerden elde edilen katsayı değerleri karşılaştırıldığında En Küçük Kareler tahmin edicisi ve Ridge tahmin edicisi yöntemlerinde bağımsız değişkenlerin işaretinin değişmediği gözlemlenmiştir.

4.4.4. Regresyon modellerinin test edilmesi ve taksi sayısını etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi

Taksi sayısı modellemesinde En Küçük Kareler ve Ridge Regresyon olmak üzere 2 ayrı tahmin edici kullanılmıştır. Nihai tahmin modellemesi için hangisinin daha iyi bir tahmin edici olduğunu belirlemek amacıyla her birinin teorik HKO değerleri hesaplanmıştır. MATLAB R2020a yazılımında kodlanarak elde edilen teorik HKO değerleri Çizelge 4.9'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.9. Tahmin edicilerin hesaplanan teorik HKO değerleri

	EKK	RR
HKO	77,5385	31,7318

Yukarıdaki HKO değerleri incelendiğinde En Küçük Kareler tahmin edicisinin HKO ($HKO_{EKK} = 77,5385$) değerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Veri kümesinde çoklu doğrusal bağlantı sorunu var olduğu için bu sonuç olasıdır. Ridge tahmin edicisi ($HKO_{RR} = 31,7318$) çoklu bağlantı sorununun olumsuz etkisini büyük oranda azaltarak EKK tahmin edicisine oranla yaklaşık %60 daha etkin bir tahminde bulunmuştur. Bu nedenle taksi sayısı tahmin modellemesini en tutarlı şekilde yapacak yöntemin Ridge regresyon analizi olduğuna karar verilmiştir.

Ridge tahmin edicisi ile hesaplanan katsayıların değerlendirilmesi ise şu şekildedir:

- ÖOS değerinin katsayısı TS değeri ile pozitif yönlüdür. ÖOS değeri arttıkça TS değerinde de artma gözlenmektedir. Özel otomobil sahipliğinin taksi sayısını olumlu etkilemesi sonucu taksilerin tamamlayıcı bir seyahat modu olduğu anlamına gelmektedir (Yang vd., 2016). Taksiler, özel otomobil konforunda ve esnekliğinde seyahat imkânı sağlayan sistemlerdir. Bu nedenle yolculuk talep yönetimi kapsamında özel otomobil yolculuğunu sınırlamak amaçlı otopark politikaları, ücretlendirmeler, yayalaştırma vb. politikaların uygulandığı yerlerde özel otomobil kullanıcıları tarafından sıklıkla tercih edilebilirler.

- İO değerinin katsayısı TS değeri ile pozitif yönlüdür. Bu İO değeri arttıkça TS değerinin de artması anlamına gelmektedir. Bütün tahmin edici modellerinde istihdam oranının artması taksi sayısını olumlu yönde etkilemektedir. Bu sonuç olası bir durumdur, çünkü istihdam oranının yüksek olduğu yerler insan faaliyetlerinin de yüksek olduğu bölgelerdir. Bu bölgelerdeki insanların taksi dahil tüm seyahat modlarını kullanma olasılıkları daha yüksektir (Yang ve Gonzales, 2014). Bu daha fazla insanın (havalimanlarında veya başka yerlerde) taksi talebini artırdığı veya çok sayıda potansiyel müşteriye sahip alanlarda (havaalanı dahil) taksilerin daha sık kullanıldığı anlamına gelebilir. Ayrıca literatürdeki çalışmalara bakıldığında taksi kullanımının konut ve park alanlarında azaldığı gözlenmektedir, taksiler daha çok ticari alanlardaki iş gezileri ile ilişkilendirilmektedir (Hochmair, 2016).
- KBG değerinin katsayısı TS değeri ile pozitif yönlüdür. KBG değerindeki bir artış TS değerindeki artış meydana getirmektedir. Bütün tahmin edici modellerinde kişi başına düşen gelirin artması taksi sayısını olumlu şekilde etkilemektedir. Taksi yolculuklarının bir dereceye kadar geliri temsil edebileceği göz önünde bulundurulursa sonucun pozitif çıkması olası bir durumdur. Korelasyon analizi tablosuna göre (Bkz. Şekil 4.1) kişi başına düşen gelirin istihdam oranı ile korele olduğu görülmektedir. Kişi başına gelir aynı zamanda konaklama, yemek, eğlence gibi insan faaliyetleri ile ilişkilendirilebilir (Z. Yang vd., 2016). İnsan faaliyetlerinin yüksek olduğu bölgelerde taksi kullanımı artmaktadır (C. Yang ve Gonzales, 2014).
- ÖO değerinin katsayısı TS değeri ile pozitif yönlüdür. ÖO değerleri arttıkça TS değerlerinin arttığı görülmektedir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde eğitim fırsatlarını ekonomik faaliyetlerin düzeyi ile ilişkilendirmek mümkündür. Daha fazla ekonomik faaliyet daha fazla taksi hizmeti gerektirmektedir (Correa vd., 2017). Ayrıca öğrencilerin yaş aralıkları da taksi talebi üzerinde etkili olabilmektedir. Literatürde genç yaş gruplarının orta yaş gruplarına göre taksiye binme olasılıklarının daha yüksek olduğu görülmektedir (C. Yang ve Gonzales, 2014).
- MS değerinin katsayısı TS değeri ile negatif yönlüdür. Bu MS değeri arttıkça TS değerinin azalması anlamına gelmektedir. Bu durumu gelir artışı ile ilişkilendirmek mümkündür. Motosiklet sahipliği başlangıçta gelir artışı ile artmaktadır. Gelir belli

bir seviyeye ulaştığında ise motosiklet sahipliğinin azalmaya başladığı görülmektedir (Sillaparcharn, 2007). Kişi başına düşen gelirin taksi sayısını pozitif etkilediği düşünülmürse motosiklet sayısının artmasının dolaylı olarak taksi sayısının azalışında etkili olduğu söylenebilmektedir.

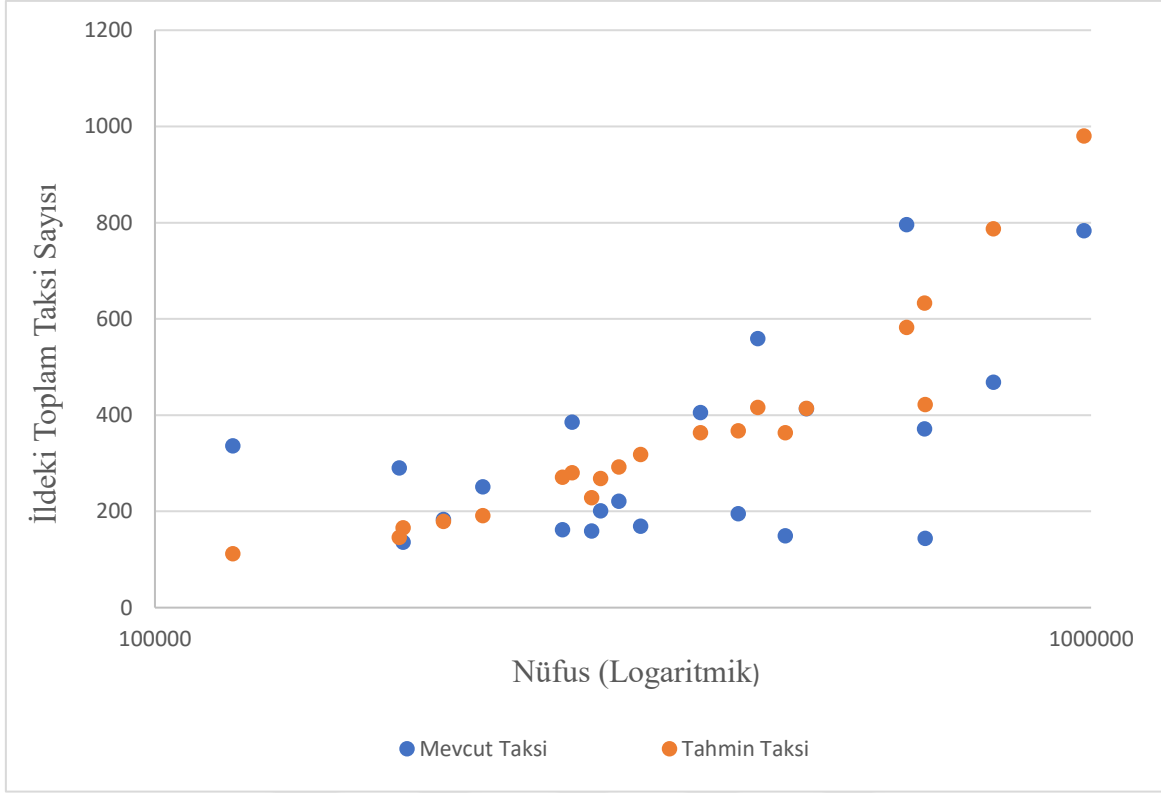
4.4.5. Taksi sayısının belirlenmesi

Çalışmanın bu bölümünde illerin merkez ilçelerindeki ideal taksi sayısı belirlenmiştir. Modelleme yapılırken, tahminlerde HKO değeri açısından en iyi performansı veren Ridge Regresyon tahmin edicisi kullanılmıştır. RR tahmin edicisi modelinde toplamda 5 bağımsız değişken yer almıştır. Önerilen taksi sayısı modeli istenilen istatistik özelliklere sahiptir ve tüm katsayılar teorik beklenti ile aynı işarete sahiptir. Regresyon modelinin denklemi aşağıdaki gibidir:

$$0,2576 \beta_1 + 1,1339 \beta_2 + 0,47666 \beta_3 + 1,6912 \beta_4 - 1,1546 \beta_5 \quad (4.1)$$

Denklemden β_1 özel otomobil sahipliği, β_2 istihdam oranını, β_3 kişi başına düşen gelir, β_4 öğrenci oranı, β_5 motosiklet sahipliği değişkenlerinin katsayılarını ifade etmektedir.

Şehirlerdeki sosyoekonomik değişkenlere bağlı merkez ilçelerdeki taksi sayısına ait RR modeline göre 2020 yılı taksi sayısı tahminleri Çizelge 4.9'da hesaplanmıştır. Hesaplamaya kontrol verisi olarak seçilen ve modele dahil edilmeyen Eskişehir iline ait taksi sayısı tahmini dahil edilmiş ve koyu renkte gösterilmiştir. Merkez ilçelerdeki taksi sayısı ile önerilen taksi sayısı modeli ile tahmin edilen ideal taksi sayısı arasındaki fark karşılaştırılmıştır. (Çizelge 4.10) Bu fark mevcut ve tahmin edilen ideal taksi sayılarının işlendiği grafikte aşağıdaki gibi gözlemlenmektedir. (Şekil 4.3)



Şekil 4.3. Ridge regresyon modelinde tahmin edilen taksi ve gerçek taksi sayısı grafiği

Şekil 4.3 incelediğinde şehirlerde tahmin edilen ideal taksi sayılarının nüfusa göre artan bir grafik çizmediği görülmektedir. Sonuçlar daha önceki çalışmaları destekler nitelikte olup nüfusa oranlayabileceğimiz standart bir taksi sayısı belirlemenin mümkün olmadığını göstermektedir. (Bkz. Şekil 2.22 ve Şekil 2.23) Her şehrin kendi yapısına göre ihtiyaç duyduğu taksi sayısı değişiklik göstermektedir.

Çizelge 4.10. Merkez ilçelerde mevcut ve ideal taksi sayısı

İl	Merkez İlçelerdeki Taksi Sayısı	Merkez İlçelerdeki İdeal Taksi Sayısı Tahmini	Fark	Merkez İlçelerde 1000 Kişi Başına Düşen Mevcut Taksi Sayısı	Merkez İlçelerde 1000 Kişi Başına Düşen İdeal Taksi Sayısı
Afyonkarahisar	221	292	71	0,71	0,93
Aydın	159	228	69	0,54	0,78
Batman	149	363	214	0,32	0,77
Çanakkale	136	166	30	0,74	0,90
Çorum	201	268	67	0,67	0,90
Denizli	371	633	262	0,56	0,95
Elâzığ	559	416	-143	1,27	0,94
Eskişehir	468	787	319	0,60	1,00
Kahramanmaraş	144	422	278	0,22	0,63
Kayseri	783	980	197	0,80	1,00
Kütahya	162	271	109	0,59	0,99
Malatya	796	582	-214	1,25	0,92
Manisa	195	367	172	0,46	0,87
Mardin	290	146	-144	1,59	0,80
Ordu	251	191	-60	1,12	0,85
Sakarya	385	280	-105	1,38	1,00
Sivas	405	363	-42	1,06	0,95
Tokat	183	179	-4	0,90	0,88
Trabzon	169	318	149	0,51	0,96
Van	413	414	1	0,83	0,83
Zonguldak	336	112	-224	2,77	0,92

Çizelge 4.10 incelendiğinde Afyonkarahisar, Aydın, Batman, Çanakkale, Çorum, Denizli Eskişehir, Kahramanmaraş, Kayseri, Kütahya Manisa ve Trabzon olmak üzere 12 ilde taksi sayısının taksi talebi altında kaldığı görülmektedir. Elâzığ, Malatya, Mardin, Ordu, Sakarya, Sivas, Zonguldak olmak üzere 7 ilde taksi sayısı taksi talebini aşmaktadır. Tokat ve Van olmak üzere 2 ilde yaklaşık olarak ideal sayıda taksi bulunduğu gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak orta ölçekli Türkiye illerinde taksi talebi ve arzı oldukça dengesizdir. Taksi arzının yetersiz kaldığı şehirlerde yolcuların bekleme süreleri, taksi arzının talebi aştığı illerde taksi sürücülerinin yolcu beklerken yapacakları boş yolculuklar artacaktır. Tüm bunlar zaman değeri kaybı ve boşa harcanan yakıt anlamına gelmektedir. (Hara Associates, 2013) Bu nedenle, bir taksi talep tahmin modellemesi, şehirlerdeki bu arz-talep dengesizliğinin önlenmesinde ekonomik açıdan önemli bir rol oynayabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde hızla artan özel otomobil sahipliğinin sadece geleneksel toplu taşıma sistemleri ile karşılanması mümkün olmamaktadır. Yolculuk taleplerini karşılama konusunda toplu taşıma ve özel otomobil kullanımı arasında yer alan ara toplu taşıma sistemlerine ihtiyaç vardır. Özel otomobil konforunda yolculuk sunan ara toplu taşıma sistemleri esneklik seviyeleri ile de geleneksel toplu taşıma sistemlerinin tamamlayıcısıdır.

Ara toplu taşıma sistemleri içerisinde esneklikleri en fazla olan taksiler özel otomobil ve geleneksel toplu taşıma araçlarıyla birlikte şehir içi ulaşımda önemli bir rol oynamaktadır. Taksi plaka ruhsatının sınırlandırıldığı ve süresiz olarak verildiği şehirlerde ihtiyaç duyulan taksi sayısının doğru belirlenmesi çağdaş ulaşım politikalarının en önemli aşamalarından biridir. Belirlenen taksi sayısının taksi yolculuk talebini aşması veya altında kalması ekonomik, çevresel ve sosyal açıdan sürdürülebilir değildir. Taksi sayısının yolculuk talebini aşması sınırlı petrol rezervlerini gelecek nesiller için tehlikeye atmasının yanı sıra gürültü, hava, su kirliliği gibi çevresel sorunlara da sebep olmaktadır. Taksi sayısının taksi yolculuk talebinin altında kalması ise en başta sosyal açıdan sürdürülebilir değildir. Artan bekleme süreleri taksi kullanıcılarının refah seviyesini azaltacaktır. Bu durum aynı zamanda kullanıcıların özel otomobil kullanımına geçiş yapmasına sebep olabilir, bu da trafik ve çevre sorunlarının artmasına yol açabilir.

Taksi sayısını tahmin modellemesi yapılırken öncelikle taksi yolculuğu talepleri belirlenmelidir. Taksi yolculukları talebini etkileyen birçok sosyoekonomik faktör mevcuttur. Dolayısıyla nitelikli istatistik analizler ile bu faktörlerin taksi sayısını açıklamadaki payının tam olarak belirlenmesi faydalı olacaktır. Bu çalışmada 2020 verileri ile 5 bağımsız değişken kullanılarak çoklu doğrusal regresyon analizi yapılarak taksi sayısını açıklayıcı tahmin modellemesi kurulmuştur. Bağımsız değişkenler arasında çoklu iç ilişki sorunu tespit edildiği için alternatif olarak yanlı ancak daha tutarlı tahminler yapan Ridge Regresyon analizi ile 2. model kurulmuştur. Modellerin en küçük kareler ortalamaları karşılaştırıldığında çoklu doğrusal regresyon analizinde en küçük kareler tahmin edicisinin tutarsızlığının yüksek olduğu görülmüştür. Ridge regresyon tahmin edicisi en küçük kareler tahmin edicisine göre yaklaşık olarak %60 daha iyi performans göstermektedir. Burada

Ridge Regresyon analizi ile ulaştırma modellemelerinde hata payı düşük modellerin elde edilebilirliği gözlemlenmiştir. Önerilen model arzu edilen istatistiksel özelliklere sahiptir; yüksek bir R^2 değerine sahiptir, tüm katsayılar beklenen işarete sahiptir ve mantıklı bir değere sahiptir ve modelde kullanılan bağımsız değişkenler istatistiksel olarak anlamlıdır.

Önerilen Ridge regresyon modeline göre tahmin edilen katsayılara ait sonuçlar şu şekildedir; artan istihdam oranı ve kişi başına düşen gelir daha fazla seyahat eğilimi ve dolayısıyla daha fazla taksi yolculuk talebi yaratmaktadır. Farklı araç sahipliğindeki büyümeler taksi yolculuk talebini farklı şekillerde etkilemektedir. Özel otomobil sahipliğinin artması taksi kullanımını artırırken, motosiklet sahipliğinin artması taksi kullanımını azaltmaktadır. Öğrenci sayısının artması ise kişisel hareketliliği arttırdığı için taksi yolculuk talebini arttırmaktadır.

Kurulan Ridge Regresyon tahmin edici modeli ile orta ölçekli 21 Türkiye ilinin merkez ilçelerindeki ideal taksi sayısı tahmin edilmiştir. 12 ilde taksi sayısı taksi talebini karşılamada yetersiz kalırken, 7 ilde taksi sayısı taksi talebini aşmaktadır. Sadece 2 ilde ideal taksi sayısı yakalanmıştır. Türkiye’de taksi ruhsatları ile ilgili uygulanan politikaların ortak bir paydada buluşmadığı ve taksi hizmetlerinde arz-talep dengesizliği yaşandığı açıktır. Bu durum sürdürülebilir ulaştırma politikalarında ele alınması gereken bir konudur. Bu çalışmada bir şehirde ara toplu taşımadan taksiye dönüşüm veya taksi ruhsatı artışı yapılmadan önce taksi yolculuk talep tahminlerinin regresyon analizi ile yapılması önerilmektedir. Modelde bağımsız değişkenler arasında yüksek korelasyon bulunup bulunmamasına göre bu çalışmada test edilen En Küçük Kareler tahmin edicisi ve Ridge tahmin edicisi yöntemleri kullanılabilir.

Çalışmada kurulan taksi sayısı modeli orta ölçekli bir Avrupa şehri olma özelliği taşıyan Eskişehir başta olmak üzere birçok orta ölçekli Türkiye şehri ve bazı Avrupa şehirleri için de kullanılabilir.

Çalışmada modelleme aşamasına aykırı değer tespiti dahil edilmemiştir. Sonraki çalışmalarda veri kümesi genişletilerek ve aykırı değer tespiti yapılarak daha güçlü veriler ile model kurulması önerilmektedir. Çalışmada model için en az bağımsız değişken ile taksi sayısını açıklamak için istatistiksel olarak en anlamlı olan değişkenler seçilmeye

alışılmıştır. Kurulan modeldeki bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranı %77'dir. Farklı çalışmalarda taksi yolculuk talebini etkileyecek farklı parametreler ile taksi sayılarının modellenmesinin denenmesi ve açıklama oranlarının karşılaştırılması önerilmektedir.



KAYNAKLAR DİZİNİ

- Anonim, 1998, Jeepneys, <http://www.latinamericanstudies.org/jeepneys.htm>, erişim tarihi: 09.09.2021
- Anonim, 2008, Kayseri'de yolcu minibüsleri tarih oluyor, <https://www.haberler.com/kayseri-de-yolcu-minibusleri-tarih-oluyor-haberi/> erişim tarihi: 09.09.2021
- Anonim, 2013, ROPKA PAINDLIK TRANSPORT Ropka tööstuspiirkonna paindliku ühistranspordi kontseptsioon, https://moma.biz/files/Paindlik_transport_Ropka.pdf, erişim tarihi: 14.11.2021
- Anonim, 2007, Londra kent merkezine otomobille giriş 21 sterlin oldu, <https://www.haberturk.com/londra-kent-merkezine-otomobille-giris-21-sterlin-oldu-1683384>, erişim tarihi: 16.11.2021
- Anonim, 2018, Büyükşehir'den Engellilere Ulaşım Kolaylığı, https://www.eskisehir.bel.tr/icerik_dvm.php?icerik_id=4278&cat_icerik=1&menu_id=24, erişim tarihi: 14.11.2021
- Anonim, 2019, Bursa Şoförler ve Otomobilciler Odası'ndan yeni taksi plakası tahsisine itiraz, <https://www.yenidonem.com.tr/haber/bursa-soforler-ve-otomobilciler-odasi-ndan-yeni-taksi-plakasi-tahsisine-itiraz-69294.html>, erişim tarihi: 14.10.2021
- Anonim, 2020a, Bursa Büyükşehir'e 'S' plaka şoku, <https://enbursa.com/haber/bursa-buyuksehir-e-s-plaka-soku-139247.html>, erişim tarihi: 14.02.2021
- Anonim, 2020b, Büyükşehir'in 400 adet S Plaka plaka alınması ihalesi iptal edildi <http://www.egemanset.com/haber-buyuksehir-in-400-adet-s-plaka-plaka-alinmasi-ihalesini-iptal-edildi>, erişim tarihi: 14.02.2021
- Anonim, 2020c, Adalar'daki faytonlar yaklaşık 90 milyon liraya İBB'ye geçecek, <https://www.ntv.com.tr/turkiye/adalardaki-faytonlar-yaklasik-90-milyon-liraya-ibbye-gececek,7-r0X60oGk6dJuZ7eLE1fA>, erişim tarihi: 20.09.2021
- Anonim, 2021a, İBB'nin taksi teklifi kabul edildi, <https://www.ntv.com.tr/ekonomi/ibbnin-taksi-teklifi-icin-karar,tVFO60Pd90SdnhviHIpRVQ>, son erişim tarihi: 21.09.2021
- Anonim, 2021b, UKOME'de kabul edildi, <https://www.hurriyet.com.tr/ekonomi/son-dakika-750-minibus-ile-250-dolmus-taksi-taksiye-donusecek-41862385>, erişim tarihi: 21.09.2021
- Abbas, K., 2016, Estimation of Taxi Fleet Size: a Generic Algorithm. Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, 7,1, 21–29.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Acar, O., 2007, Toplu taşıma sistemi planlaması bodrum örneği, Şehir Planlama Projesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, s.

Agrawal, K., Maldanna, K., Raj, G. N., 2020, Taxi demand prediction system using machine learning, Mukht Shabd Journal, 9, 6, 721-729, <http://shabdbooks.com/gallery/76-june2020.pdf>, erişim tarihi: 09.09.2021

Albayrak, A. S., 2014, Otokorelasyon durumunda en küçük kareler tekniğinin alternatifi otoregresyon tenikleri ve bir uygulama, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 19, 1, 1-20.

Alonso-Moraa, J., Samaranayakeb, S., Wallara, A., Frazzolic, E., Rus, and D., 2016, On-demand high-capacity ride-sharing via dynamic trip-vehicle assignment, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America Journal, 114, 3, 462-467.

Alpu, Ö., Şamkar, H., Altan, E., 2010, Sağlam ridge regresyon analizi ve bir uygulama, Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 25, 2, 137-148.

Alpar, R., 1997, Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemlere Giriş-I, Bağırhan Yayınevi, p.

Alpar, R., 2003. Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemlere Giriş-I, Nobel Yayınları, Ankara, p.

Altaş, D., & Çinko, M., 2003, Bootstrap yönteminin ridge regresyonda uygulanması, Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 22, 1, 281-292.

Amey, A. M., 2010, Real-time ridesharing: exploring the opportunities and challenges of designing a technology-based rideshare trial for the MIT community, thesis, Massachusetts Institute of Technology, Boston, 190 p.

Anderson, D. N., 2014, "Not just a taxi"? For-profit ridesharing, driver strategies, and VMT, Transportation, 41, 5, 1099-1117.

Hara Associates, 2013, Best Practices Studies of Taxi Regulation Managing Taxi Supply. Hara Associates Inc, 130 p.

Başaran, Ş., 2015, Understanding and modelling traveler tendency to rideshare: a case study of Boğaziçi University, Journal of Chemical Information and Modeling, 53, 9, 1689-1699.

Bayata, H. F., 2010, Trafik kazalarının çok değişkenli istatistiksel yöntemlerle modellenmesi, Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 184 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bilgiç, Ş., 2020, Şehir içi ulaşımında ara toplu taşıma sistemlerinin önemi; Bursa dolmuş sistemi üzerinden bir değerlendirme, Mühendislik Alanında Teori ve Araştırmalar II, Gece Kitaplığı, 299-314.
- Bischoff, J. F., 2019, Mobility as a service and the transition to driverless systems, thesis, Technical University Of Berlin, 148 p.
- Black, W., 2002, Sustainable Transport and Potential Mobility, European Journal of Transport and Infrastructure Research, 2, 4, 179-196.
- Cai, H., Wang, X., Adriaens, P., Xu, M., 2019, Environmental benefits of taxi ride sharing in Beijing. Energy Journal, 174, 1, 503–508.
- Cats, O., Reimal, T., Susilo, Y., 2014, Public Transport Pricing Policy- Empirical Evidence from a Fare-Free Scheme in Tallinn, Estonia, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2415,1, 89–96.
- Cats, O., Susilo, Y. O., & Reimal, T., 2017, The prospects of fare-free public transport: evidence from Tallinn. Transportation, 44, 5, 1083–1104.
- Çerkez, S., 2016, Edirne ili kentiçi ulaştırmasistemleri ve Etus uygulamasının değerlendirilmesi, Yüksek Lisans tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, 132 s.
- Chatterjee, K., Andrews, G., Ricci, M., Parkhurst, G., 2013, Qualitative insights into the effect on travel behavior of joining a carshare, Transportation Research Record, 2359, 1, 76–84.
- Civelekoğlu, G., 2006, Arıtma Proseslerinin Yapay Zekâ ve Çoklu İstatistiksel Yöntemler ile Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 175 s.
- Comini, N., Erbayat, B., Pike, C., 2018, Taxi, Ride-Sourcing and Ride-Sharing Services – Background Note by the Secretariat, SSRN Electronic Journal, 2, 1, 1-38.
- Correa, D., Xie, K., Ozbay, K., 2017, Exploring the taxi and Uber demands in New York City: An empirical analysis and spatial modeling, Transportation Research Board 96th Annual Meeting, Washington DC, United States, p 19.
- Coşkuntuncel, O. (2010). Sosyal Bilimlerde Yanlı Regresyon Tahmin Edicilerinin Kullanılması, Eğitimde ve Psikolojide Ölçme ve Değerlendirme Dergisi, 1, 2, 100-108.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Daus, M. W., ,2009, Testimony of the NYC Taxi and Limousine Commission Commissioner/Chair Matthew W. Daus. April, 1–4.

Daus, M.W., 2013, Ridesharing Applications: Illegal “Hitchhiking-for-hire” or Sustainable Group Riding? A Legal and Policy Primer for Ground Transportation, <http://www.windelsmarx.com/resources/documents/Ridesharing%20%20Report.pdf>, Son erişim tarihi: 09.09.2021

De Witte, A., Macharis, C., Mairesse, O., 2008, How persuasive is “free” public transport? A survey among commuters in the Brussels Capital Region, *Transport Policy*, 15, 4, 216-224.

Dinç, S, 2012, Gelişmekte Olan Kentlerde Ulaşım Sorunlarının Sürdürülebilir Çözümü için Ulaşım Ana Planlarının Önemi: Bursa Örneği, Yüksek lisans tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 148 s.

Doğan, F., 2014, Kent İçi Toplu Taşıma Sistemleri ve Malatya Örneği, Yüksek lisans tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 62 s.

Ekmekçioğlu, D., 2017, Kendini Örgütleyen Sistemlerin Yeniden Tasarımında Bir Süreç Önerisi; Toplu Taşımada Minibüs Örneği, Doktora Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 214 s.

Elbeyli, Ş. (2012). Kentiçi Ulaşımında Bisikletin Konumu ve Şehirler İçin Bisiklet Ulaşımı: Sakarya Örneği, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 123 s.

Elker, C., 1999, Şu Otomobilleri Ne Yapmalı? 2. Ulusal Kentsel Altyapı Sempozyumu: Bildiri Kitabı, TMMOB, s. 177-192.

Elker, C., 2013, Kentsel Ulaşım Politikaları, Elektrikli Raylı Ulaşım Sistemleri Sempozyumu (ERUSİS), Eskişehir, Türkiye

Enoch, M., 2008, Demand Responsive Transport: lessons to be learnt from Less Developed Countries, *Traffic Engineering & Control*, 46, 2, 68-71.

Erol, D., Ceylan, H., 2015, Toplu Taşımada Minibüsten Otobüse Geçişin Konfor ve Çevre Açısından Değerlendirilmesi. 11. Ulaştırma Kongresi, İstanbul, Türkiye

Ersakay Yorulmaz, E., 2016, Adana toplu taşıma sisteminin yapısı ve sürdürülebilir bir toplu taşıma sistemi için yeni öneriler, Yüksek lisans tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 143 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Eryiğit, S., 2012, Sürdürülebilir Ulaşımın Sosyal Boyutunda Bisikletin Yeri, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 293 s.

Fela, Ö., 2013, Bazı Yanlı Tahmin Edicilerinin Karşılaştırılması: Bir Monte Carlo Çalışması, Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi, 17, 1, 1-15.

Gabaldón-Estevan, D., Orru, K., Kaufmann, C., Orru, H., 2019, Broader impacts of the fare-free public transportation system in Tallinn, International Journal of Urban Sustainable Development, 11, 3, 332-345.

Gärling, T., Schuitema, G., 2007, Travel demand management targeting reduced private car use: Effectiveness, public acceptability and political feasibility, Journal of Social Issues, 63, 1, 139-153.

Gerçek, H., Demir, O., 2003, Eskişehir Ulaştırma Ana Planı

Gökaşar, I., Başaran, Ş., 2017, Kent İçi Ulaşımında Yolculuk Paylaşım Uygulamalarının İrdelenmesi, İstanbul Kongre Merkezi, İstanbul

Grieco, M., 2010, Demand- responsive transport, A Dictionary of Transport Analysis, 99-102.

Güler S., 2019, Ulaşımın olmazsa olmazı Taksi ve Dolmuşlar, <https://www.bursahaber.com/ozel-haber/ulasimin-olmazsa-olmazi-taksi-ve-dolmuslar-h2371.html> , erişim tarihi: 21.09.2021

Hatipoğlu, S., 2016, İki farklı kurumda uygulanan yolculuk talep yönetimi stratejilerinin karşılaştırılması, Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 5,1, 60-70.

Hatipoğlu, S., Arıkan Öztürk, E., 2012, An Application on The Effect of Travel Demand Management Strategies on Urban Traffic Load, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 16, 2, 62-68.

Hess, D. B., 2017, Decrypting fare-free public transport in Tallinn, Estonia, Case Studies on Transport Policy, 5, 4, 690-698.

Hochmair, H. H., 2016, Spatiotemporal pattern analysis of taxi trips in New York city. Transportation Research Record, 2542, 1, 45-56.

İlhan, A., Mutlu, A., 2014, Yol Arkadaşı: Android-tabanlı Sistemler İçin Bir Araba İmecesini Uygulaması, Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2, 4, 16-25.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

İlcalı, M., Camkesen, N., Kızıлтаş, M., 2011, Kent İçi Toplu Taşımada Verimliliğin Artırılması, 2.Toplu Taşıma Haftası 4.Ulaşım Sempozyumu ve Sergisi (TRANSİST 2011), İstanbul, Türkiye, 1-2.

İpek, M., 2017, Meslek Folkloru Bağlamında Ankara (Ulus-Rüzgârlı) Dolmuşçuluğu, Yüksek Lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 145 s.

Jegelevicius L., 2020, Is free public transport everything it is cracked up to be, <https://www.euronews.com/2020/03/10/is-free-public-transport-everything-it-is-cracked-up-to-be>, erişim tarihi:10.09.2021

Kahraman, R., 2010, Kent İçi Trafikinde Minibüs ve İstanbul Örneği Analizi, Yüksek Lisans tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 139 s.

Kalpakçı, A., 2013, Ara Toplu Taşıma Sistemlerinin Şehir İçi Otobüs Sistemleri ile Entegrasyonu İzmir Örneği, Yüksek Lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 171 s.

Kara, Ç., 2019, Kent İçi Ulaştırma Planlamasında Hastane Yolculuklarının Yanlı ve Sağlam Regresyon Teknikleriyle Tahmin Modellerinin Geliştirilmesi, Doktora tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 134 s.

Karaağaç, İ., 2017, Hastane Projelerinin Otopark Planlamasında Dikkate Alınacak Hususların İncelenmesi, Yüksek Lisans tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 152 s.

Karakuş, H., Dişli, Y. E., Kınay, T., Hayta, Ö., Kocaman, B. vd., 2012, Kocaeli Ulaşım Ana Planı Sonuç Raporu, T.C. Kocaeli, Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı Ulaşım Planlama Şube Müdürlüğü.

Karaman, O., 2019, Integration of personnel services with public transportation: a case study of Boğazici University, thesis, Boğazici Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 74 p.

Karslı, B., 2019, Sürdürülebilir Bir Toplu Taşıma İçin Sakarya Büyükşehir Belediyesine Ait Belediye Otobüslerinin Performans Analizi, Yüksek Lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 112 s.

Kattan L., Barros de A., Wirasinghe S. C., 2010, Analysis of work trips made by taxi in Canadian cities, Journal of Advanced Transportaion, 44, 11-18.

Katzev, R., 2003, Car Sharing: A New Approach to Urban Transportation Problems, Analyses of Social Issues and Public Policy, 3(1), 65–86.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Kaynak, Z., 2005, Kentsel Alanlarda Ulaştırma Politikaları ve Ulaşımında Sürdürülebilirlik, Lampert Academic Publishing, 188 s.

King, D. A., Goldwyn, E., 2014, Why do regulated jitney services often fail? Evidence from the New York City group ride vehicle project, *Transport Policy*, 35, 186-192.

Kışla, R., 2019, Sürdürülebilir Kentiçi Ulaşım Politikaları ve Akıllı Ulaşım Sistemleri Destekli Paratransit Modelleme, Uzmanlık tezi, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü s.

Kışla, R., Tuba, K., Yıldız, H. S., 2016, Demand Responsive Transport as Being Paratransit Mode: Istanbul Modelling, *Transportation Research Procedia*, 14, 3247-3256.

Knoflacher, H., Ocalır, E. V., 2011, Sürdürülebilir Ulaşım Kavramı Üzerine Tartışmalar. İnşaat Mühendisleri Odası 9. Ulaştırma Kongresi, 51-58.

Koca, S., Mentеше, S., 2020, Eskişehir Merkez İlçelerinde (Oduņpazarı ve Tepebaşı) Topografik faktörlere Göre Yerleşimin Dağılışı, 29, 2, 217-228.

Kortum, K., 2016, Between Public and Private Mobility: Examining the Rise of Technology-enabled Transportation Services, Special Report 319, Transportation Research Board, Washington, D.C., p 187.

Kös, M., 2015, Kentiçi Ulaşım Problemlerine Alternatif Entegre Bisiklet Ulaşımı Planlaması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 130 s.

Küçükmustafa, A. Z., 2014, Genetik Algoritmaya Dayalı Dayanıklı Regresyon Yaklaşımları, Yüksek Lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 81 s.

Kurnaz, S., 2011, Bazı Yanlı Tahmin Edicilerde Yanlılık Parametresinin Tahmin Edilmesi, Yüksek Lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 94 s.

Kuyumcu, Y., 2017, Bir ulaşım aracı olarak bisiklet ve Çorum ili kent içi ulaşımında bisiklet yolu önerisi, Yüksek Lisans tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 120 s.

LaFaive M.D., 1996, If You Can't Beat 'em, Regulate 'em! The "Jitney" Story, <https://www.mackinac.org/544>, son erişim tarihi: 02.12.2021

Litman, T., 2000, Evaluating carsharing benefits, *Transportation Research Record*, 1702, 1, 31-35.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Stratum OÜ., 2013, Ropka Paindlik Transport Ropka tööstuspiirkonna paindliku ühistranspordi kontseptsioon, Inseneribüroo Stratum, s. 162.

Muñoz, J. C., Silva, H. E., Bull O., 2019, The impact of fare-free public transport on travel behavior: evidence from a randomized controlled trial, Regional Science and Urban Economics, Elsevier, 84, 4, 177-182.

Murray, G., Chase, M. E., Kim, E., McBrayer, M., 2012, TCRP Synthesis 98: Ridesharing as a Complement to Transit, Transportation Research Board, p. 62.

Montgomery DC, Peck EA, Vining GG, 2012, Introduction to linear regression analysis, John Wiley & Sons

Northwest Commission., 2017, Rideshare Program Feasibility Study, <https://northwestpa.org/wp-content/uploads/2017/07/RideshareExecSummary-FINAL-DRAFT-6-28-17-3.pdf> , erişim tarihi: 29.01.2022

NYC & TLC, 2011, TLC Group Ride Initiatives, https://www1.nyc.gov/html/tlc/downloads/pdf/info_presentation_group_rides_05_19_11.pdf , erişim tarihi: 09.09.2021

NYC & TLC, 2012, 2012 Annual Report, https://www1.nyc.gov/assets/tlc/downloads/pdf/annual_report_2012.pdf , erişim tarihi: 29.01.2022

Örk Özel, S., Gezer, F., 2020, Çoklu Doğrusal Bağlantı Problemi Altında Tahmin Edicilerin Karşılaştırılması: Genelleştirilmiş Maksimum Entropi, Ridge, Liu, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 66, 82-96

Orski, C. K., 1975, Paratransit: The coming of age of a transportation concept, Transportation, 4, 4, 329–334.

Özbilen, B., 2016, Integration of dolmuş as a paratransit mode to the existing public transport network: Ankara example, Yüksek Lisans tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, p. 266

Özkale, M. R., 2007, Çoklu iç ilişki ile ilgili problemler, Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 96.

Özkurt, A. H. T., 2012, Paratransit Sistemin Evrimi ve Türkiye’deki Uygulaması: Dolmuş-minibüs Kavramının İyileştirilmesinde Potansiyel Tasarım ve Teknoloji Etkisi, Yüksek Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 228.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Özsoy, M., 2015, Ankara'da minibüs (dolmuş) taşımacılığı için yeni bir işletme modeli Çayyolu örneği, Yüksek Lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, s.74.

Öztürk, L., Türkay, H., 2005, Aşırı Değer İçeren Veri Kümelerinde Hata Terimlerinin Binom Dağılıma Uyduğu Durumda Ekk ve Robust Lts Regresyon Tahmincilerinin Simulasyon Çalışması ile Karşılaştırılması, 10, 1, 263-279.

Rousseeuw P.J., Leroy M.A., 1987, Robust Regression and Outlier Detection, 1st ed., Wiley&Sons, England.

Saatçioğlu, C., Yaşarlar, Y., 2012, Kentiçi Ulaşımında Toplu Taşımacılık Sistemleri:İstanbul Örneği, Kafkas Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 3, 3, 117-144.

Schaller, B., 2005, A Regression Model of the Number of Taxicabs in U.S. Cities, Journal of Public Transportation, 8, 5, 63-78.

Schaller B., 2006, The New York City Taxicab Fact Book, Schaller Consulting, s. 68.

Shaheen, S. A., Cohen, A. P., 2007, Growth in worldwide carsharing: an international comparison, Transportation Research Record, 1992, 1, 81-89.

Sınıksaran E., 2011. İstatistiksel Yöntemler, 3. baskı, Türkmen Kitapevi, İstanbul.

Sillaparcharn P., 2007, Modeling of Vehicle Ownership: Case Study of Thailand, IATSS Research, 31, 2, 17-26.

Tanış, M., & Öğüt, K. S., 2007, Orta ölçekli kentler için toplu taşıma seçeneklerinin teknik ve malî karşılaştırması, 5. Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu, Hatay, 132-146.

Tarı, R., 1999, Ekonometri, ALFA Basım, İstanbul, s.

Tarı R., 2002, Ekonometri 2. baskı, ALFA Basım, İstanbul, s.

TCRP, 2019, TCRP Research Report 210: Development of Transactional Data Specifications for Demand-Responsive Transportation, Transit Cooperative Research Program.

Zırh, B. C., 2020, Dolmuşun (Uzun) Öyküsü: Basımının Kırkıncı Yılında İlhan Tekeli ve Tarık Okyay'ın Benzersiz Çalışması Üzerine, 11, 29, 406-431.

Topal, M., Eyduvan, E., Yağanoğlu, A. M., Sönmez, A. Y., Keskin, S., 2010, Çoklu Doğrusal Bağlantı Durumunda Ridge ve Temel Bileşenler Regresyon Analiz Yöntemlerinin Kullanımı, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 41, 1, 53-57.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Toy, S., Kayıp, D. B., Çağlak, S., 2019, Eskişehir’de (biyo)İklime Duyarlı Kentsel Tasarım Örneği, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9, 2, 353-361.

Tunç, Z., 2018, En küçük kareler ve temel bileşenler regresyon analizlerinin karşılaştırılması, Yüksek Lisans tezi, İnönü Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, s.

TÜİK, 2020, ‘‘Türkiye İstatistik Kurumu.’’

Türdeş, H., Göker, A. Z., 2007, Toplu taşımada akıllı ulaşım yaklaşımları, 5. Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu, Hatay.

Türkiye Belediyeler Birliği, 2014, Ulaşım Planlama Çalışmaları ve Ulaşım Ana Planı Hazırlama Kılavuzu, Ankara.

Van Goeverden, C., Rietveld, P., Koelemeijer, J., Peeters, P., 2006, Subsidies in public transport, European Transport, 32, 5-25.

Veloso, M., Bento, C. L., & Phithakkitnukoon, S., 2011, Sensing Urban Mobility with Taxi Flow, ACM Digital Library.

Vuchic, V. R., 2002, Urban public transportation systems, Transportation Engineering and Planning Book, 1, 181-185.

Yalınız, P., Bilgiç, Ş., 2015, As a Sustainable Transportation Issue Evaluation Of Dolmuş Taxi Transition in Bursa Turkey, 3, 231-233.

Yang, C., Gonzales, E. J., 2014, Modeling taxi trip demand by time of day in New York City, Transportation Research Record, 2429, 14, 110-120.

Yang, Z., Jia, P., Liu, W., Yin, H., 2016, Car ownership and urban development in Chinese cities: A panel data analysis, Journal of Transport Geography, 58, 127-134.

Yavuz, S., 2006, Regresyon Analizinde Doğrusala Dönüştürme Yöntemleri ve Bir Uygulama, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 23, 1, 165-179.

Yiğit, H. İ., Gülhan, G., 2018, Taksi Duraklarının Konum ve Kapasitelerinin Erişilebilirlik Ölçütleri ve Nüfus Dağılımı Kapsamında Değerlendirilmesi, 8, 3, 153-166.

Yıldırım, N., 2010, En küçük kareler, Ridge regresyon ve Robust regresyon yöntemlerinde analiz sonuçlarına aykırı değerlerin etkilerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 80 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Yıldız, N., 2019, Regresyon Analizinde Kullanılan Yanlı Tahmin Edicilerin Etkinliklerinin Karşılaştırılması, Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12, 2, 886-892.

Yılmaz, H., 2018, Sürdürülebilir ulaştırma ekseninde insan kaynağının yetiştirilmesi ve taksi 090 projesi, Yüksek Lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 91 s.

Yılmaz Kaval, F., 2017, Toplu taşıma hizmetlerinde sunulan kalite düzeyinin belirlenmesi: İETT örneği, Yüksek Lisans tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 96 s.

Yılmaz, Ö., 2007, İzmit kent merkezi otobüs durak standartlarının irdelenmesi, Yüksek Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 94 s.

Yılmazdamar, E., 2019, Toplu taşıma kullanan öğrencilerin hareketliliğinin analizi: Bursa örneği, Yüksek Lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 147 s.

Yörübulut, S., 2019, Betonun Basınç Dayanımının Tahribatsız Yöntem Verilerini Kullanarak Yapay Sinir Ağı ve Regresyon Yöntemi ile Tahmin Edilmesi, Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical, 44, 8, 41-57.

Yorulmaz, Ö., 2009, Dayanıklı regresyon yöntemi ve çeşitli sosyal veriler üzerinde aykırı gözlemlerin teşhisi, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 21, 12, 76-88.

Zhang, J., Lu, S., 2016, Factors Affecting the Demand for the Taxi- Evidence from Zhejiang ,China, Review of Integrative Business and Economics Research, 5, 4, 379-394.

Zhang, W., Ukkusuri, S. V., 2016, Optimal Fleet Size and Fare Setting in Emerging Taxi Markets with Stochastic Demand, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 31, 9, 647-660.